



Portaria n.º 53, de 27 de fevereiro de 2009

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei n.º 5.966, de 11 de dezembro de 1973, no inciso I do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto n.º 6.275, de 28 de novembro de 2007;

Considerando a alínea *f* do subitem 4.2 do Termo de Referência do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, aprovado pela Resolução Conmetro n.º 04, de 02 de dezembro de 2002, que atribui ao Inmetro a competência para estabelecer as diretrizes e critérios para a atividade de avaliação da conformidade;

Considerando a necessidade de atender ao que dispõe a Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e o Decreto n.º 4.059, de 19 de dezembro de 2001, que a regulamenta;

Considerando a necessidade de zelar pela eficiência energética dos edifícios comerciais, de serviços e públicos;

Considerando a necessidade de se estabelecer requisitos mínimos de desempenho para os edifícios comerciais, de serviços e públicos;

Considerando a necessidade de estabelecer regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de projeto e construção de edifícios comerciais, de serviços e públicos, resolve baixar as seguintes disposições:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, disponibilizado no sítio www.inmetro.gov.br ou no endereço abaixo:

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro
Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade – Dipac
Rua Santa Alexandrina n.º 416 - 8º andar – Rio Comprido
20261-232 Rio de Janeiro/RJ

Art. 2º Cientificar que a Consulta Pública que originou o Regulamento ora aprovado foi divulgada na página eletrônica do Ministério de Minas e Energia (www.mme.gov.br), no período de 25 de julho de 2007 até 23 de agosto de 2007.

Art. 3º Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação no Diário Oficial da União.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA



Índice

1. Definições, símbolos e unidades.....	4
2. Introdução	10
2.1. Objetivo deste regulamento	10
2.2. Procedimento de determinação da eficiência	10
2.3. Bonificações.....	13
2.4. Pré-requisitos Gerais	14
2.5. Pré-requisitos Específicos.....	15
3. Envoltória	17
3.1. Pré-requisitos específicos	17
3.1.1. Nível A	17
3.1.1.1 Transmitância térmica	17
3.1.1.2 Cores e absorvância de superfícies	18
3.1.1.3 Iluminação zenital.....	18
3.1.2. Nível B	18
3.1.2.1 Transmitância térmica	18
3.1.2.2 Cores e absorvância de superfícies	19
3.1.3. Níveis C e D: Transmitâncias térmicas	19
3.2. Procedimento de determinação da eficiência	20
4. Sistema de Iluminação.....	25
4.1. Pré-requisitos específicos	25
4.1.1. Divisão dos circuitos	25
4.1.2. Contribuição da luz natural	25
4.1.3. Desligamento automático do sistema de iluminação	26
4.2. Procedimento de determinação da eficiência	26
4.3. Método de cálculo da densidade de potência de iluminação	26
4.4. Determinação do nível de iluminância de projeto	28
5. Sistema de Condicionamento de Ar.....	30

5.1.	Pré-requisito específico.....	30
5.2.	Procedimento de determinação da eficiência	30
5.3.	Condicionadores de ar do tipo janela e do tipo <i>Split</i> (para instalação em paredes e/ou teto).....	31
5.3.1.	Cálculo de carga térmica	31
5.3.2.	Sistema de condicionamento de ar central	31
5.4.	Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO	31
5.4.1.	Cálculo de carga térmica	38
5.4.2.	Controle de temperatura por zona	38
5.4.2.1	Geral	38
5.4.2.2	Faixa de temperatura de controle.....	38
5.4.2.3	Aquecimento suplementar.....	38
5.4.2.4	Aquecimento e resfriamento simultâneo	39
5.4.3.	Automação.....	39
5.4.4.	Isolamento de zonas.....	40
5.4.5.	Controles e dimensionamento do sistema de ventilação	41
5.4.5.1	Controles de sistemas de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação	42
5.4.5.2	Ciclo economizador	42
5.4.5.3	Sistemas de exaustão	42
5.4.5.4	Acionamento otimizado	43
5.4.6.	Recuperação de calor.....	43
5.4.7.	Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos	43
5.4.7.1	Sistemas de vazão de líquido variável	44
5.4.7.2	Isolamento de bombas	44
5.4.7.3	Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente.....	45
5.4.8.	Equipamentos de rejeição de calor.....	45
5.4.8.1	Geral	45
5.4.8.2	Controle de velocidade do ventilador	45
6.	Simulação	47
6.1.	Pré-requisitos específicos	47
6.1.1.	Programa de simulação	47
6.1.2.	Arquivo climático.....	47
6.2.	Procedimentos para simulação.....	48

6.2.1.	Edifícios condicionados artificialmente	48
6.2.1.1	Características em comum para o Modelo do Edifício Real e de Referência	49
6.2.1.2	Modelo do Edifício Real	49
6.2.1.3	Modelo do Edifício de Referência.....	50
6.2.2.	Edifícios naturalmente ventilados ou não condicionados.....	51

1. Definições, símbolos e unidades

Abertura: todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados como cobogós.

Ambiente: espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas;

Ambiente de permanência prolongada: ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo escritórios, área de venda de mercadoria, salas de aulas, cozinhas, áreas de refeição, circulação de público em *shoppings centers* fechados, laboratórios, consultórios, saguões de entrada onde haja portaria ou recepção com ocupante, locais para prática de esportes, etc. Não são ambientes de permanência prolongada: garagens e estacionamentos, depósitos, despensas, banheiros, áreas de circulação em geral, áreas técnicas onde a ocupação não é freqüente, etc. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

Ambiente condicionado: ambiente fechado (incluindo fechamento por cortinas de ar) atendido por sistema de condicionamento de ar;

AC: Área Condicionada (m^2): área de piso dos ambientes condicionados;

ANC: Área Não Condicionada: área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

APT: Área de Permanência Transitória: área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

A_{pe} : Área de projeção do edifício (m^2): área da projeção horizontal do edifício (quando os edifícios são de formato uniforme) ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (no caso de edifícios com formato irregular);

AU: Área Útil (m^2): para uso neste regulamento, a área útil é a área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens;

A_{tot} : Área total de piso (m^2): soma das áreas de piso fechadas de construção, medidas externamente;

A_{env} : Área da envoltória (m^2): soma das áreas das fachadas e empenas e da área de cobertura, incluindo a área das aberturas;

Ângulos de sombreamento: ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas. No regulamento são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (referente a proteções verticais). O autosombreamento (sombreamento ocasionado pelo edifício sobre si mesmo) deve ser usado para cálculo dos ângulos de sombreamento. Já sombreamento proveniente do entorno (edifícios vizinhos e/ou acidentes geográficos) não pode ser usado no cálculo dos ângulos de sombreamento do método prescritivo. Entretanto, o sombreamento proveniente do entorno pode fazer parte do método de simulação (uso opcional) e, quando usado, deve ser incluído somente no modelo do edifício real.

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento: ângulo formado entre 2 planos que contêm a base da abertura:

- o primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido).
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido).

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento: ângulo formado entre 2 planos verticais:

- o primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido).
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido).

CA: Sistema de Condicionamento de ar;

Coberturas não aparentes: coberturas sem possibilidade de visualização por pedestres situados na calçada do logradouro do edifício. No caso do edifício ter acesso a mais de uma rua ou avenida, deve-se considerar o logradouro principal.

COP: Coeficiente de Performance: pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de aquecimento por bomba de calor, incluindo o compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob condições operacionais projetadas.

DPI_A: Densidade de Potência de Iluminação Absoluta (W/m^2): razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores e a área de um ambiente;

DPI_R: Densidade de Potência de Iluminação Relativa [$(W/m^2)/100lux$]: DPI_A para cada 100 lux produzidos pelo sistema de iluminação artificial para uma iluminância medida no plano de trabalho;

DPI_{RF}: Densidade de Potência de Iluminação Relativa Final [$(W/m^2)/100lux$]: DPI_R obtida após o projeto luminotécnico, no final da vida útil do sistema de iluminação, que corresponde a um período de 24 meses;

DPI_{RL}: Densidade de Potência de Iluminação Relativa Limite [$(W/m^2)/100lux$]: limite máximo aceitável de DPI_R;

DCI: Densidade de Carga Interna (W/m^2): é aquela proporcionada pela ocupação dos ambientes ou edifício e pelo uso de equipamentos e da iluminação;

Edifícios Comerciais e de Serviços: aqueles, públicos e/ou privados, usados com finalidade que não a residencial ou industrial. São considerados comerciais, de serviços ou públicos: escolas; instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos, tais como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última; edifícios destinados a hospedagem, sejam eles hotéis, motéis, resorts, pousadas ou similares. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas.

EER: *Energy Efficiency Ratio*: a razão entre a capacidade total de resfriamento (em Btu/h) e a potência requerida (em W) sob condições operacionais estabelecidas;

Env: Envoltória: planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem;

FA: Fator Altura: razão entre a área de projeção do edifício e a área de piso (A_{pe}/A_{tot});

FF: Fator de Forma: razão entre a área da envoltória e o volume do edifício (A_{env}/V_{tot});

Fachada: superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.

Fachada oeste: fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variar de +45° ou -45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas oeste para uso neste regulamento.

FS: Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura. A ISO 15099: 2003 e a ISO 9050: 2003 apresentam procedimentos de cálculos normalizados para o FS e outros índices de desempenho energético de vidros e janelas com panos envidraçados simples ou múltiplos e também algumas tipologias de proteções solares internas (ex. venezianas). A NFRC 201:2004 apresenta procedimentos e especificações técnicas normalizadas para aplicação de um método calorimétrico de medição de ganho de calor solar em janelas.

HSPF: *Heating Seasonal Performance Factor*: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor fornecido por uma bomba de calor durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano (em Wh) e a energia elétrica total durante o mesmo período;

IC_{env}: Indicador de Consumo da envoltória;

IPLV: *Integrated part-load value* – número de um dígito baseado em COP, ou kW/TR expressando eficiência em carga parcial para equipamento de condicionamento de ar e bomba de calor na base de pesos ponderados de operação a várias capacidades de carga;

Padrão de uso, PU (h): horas e taxas de ocupação e operação do edifício: horas de ocupação interna, horas em que um sistema de condicionamento de ar está ligado ou horas em que um edifício é utilizado;

PAF_O: Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste (%);

PAF_T: Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%): É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou *sheds*, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa

d'água no cômputo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira). Neste regulamento, sua inserção nas equações 3.1 a 3.10 deve ser sob forma de fração (0 a 1).

Paredes externas: superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação; esta definição exclui as aberturas;

PAZ: Percentual de Abertura Zenital (%): Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAF_T ;

PT: Pontuação Total;

SCOP: *Seasonal Coefficient of Performance*: pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido por um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor fornecido por uma bomba de calor durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período.

SEER: *Seasonal Energy Efficiency Ratio*: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido de um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica consumida neste mesmo período (em Wh);

Transmitância térmica ($W/(m^2K)$): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488 (ABNT, 1980).

U_{cob} : Transmitância Térmica da Cobertura ($W/(m^2K)$);

U_{par} : Transmitância Térmica das Paredes ($W/(m^2K)$): neste regulamento, refere-se à transmitância de paredes externas somente;

V_{tot} : Volume Total da Edificação (m^3): volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos;

Zona Térmica: espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício condicionado que são suficientemente similares, onde as condições desejadas (temperatura) podem ser mantidas usando um único sensor (termostato ou sensor de temperatura);

Zona de Conforto: zona onde existe satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Para especificar a hipótese de conforto adotada, utilizar uma das seguintes normas: ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005.

Zona Bioclimática: região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

2. Introdução

O presente regulamento especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. É de caráter voluntário para edificações novas e existentes e passará a ter caráter obrigatório para edificações novas em prazo a definir.

Os edifícios submetidos a este regulamento devem atender a todas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - vigentes e aplicáveis.

A concessão da etiqueta será realizada nas diferentes fases do edifício:

- projeto de nova edificação;
- edificação existente.

A etiqueta será dividida em quatro partes: envoltória, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e a edificação (ou parte desta).

2.1. Objetivo deste regulamento:

Criar condições para a Etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.

2.2. Procedimento de determinação da eficiência

Este regulamento aplica-se a edifícios com área total útil mínima de 500 m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto de uso residencial e comercial, como de uso residencial e de serviços ou de uso residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente caso estas, exclusivamente, ultrapassem 500 m².

A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve atender aos requisitos relativos ao desempenho da envoltória, à eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e à eficiência do sistema de condicionamento do ar. Além destes, há uma opção alternativa de classificação através da simulação computacional do desempenho termoenergético de um modelo do edifício proposto para ser etiquetado.

O presente regulamento especifica a classificação do nível de eficiência de edificações, dividida nesses três requisitos, conforme as metodologias descritas nos itens correspondentes:

- item 3: Envoltória
- item 4. Sistema de Iluminação
- item 5: Sistema de Condicionamento de Ar

Todos os requisitos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Parcelas de edifícios podem também ter a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, porém separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada um destes itens. Nestes casos, as parcelas a serem classificadas devem ser:

- para classificação da envoltória, o nível de eficiência energética deve ser estabelecido para a edificação completa;
- para classificação do sistema de iluminação, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas;
- para classificação do sistema de condicionamento de ar, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas.

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito e, de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) apresentada na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Os pesos estão distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória = 30%
- Sistema de Iluminação = 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%

O nível de classificação de cada requisito equivale a um número de pontos correspondentes, assim atribuídos:

Tabela 2.1: Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

No caso de edifícios que possuem áreas não condicionadas, deve-se observar o seguinte para a análise do requisito envoltória dessas áreas:

- áreas de curta permanência, tais como circulação, depósitos, banheiros: não são consideradas para análise da envoltória;
- áreas de permanência prolongada, tais como lojas, escritórios, áreas de trabalho: é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas (ver item 6.2.2).

Portanto, a classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Eq. 2.1:

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot (\text{EqNumDPI}) + 0,40 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b_0^1$$

Eq.2.1

Onde,

EqNumEnv é o equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI é o equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV é o equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (ver item 6.2.2);

APT é a área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC é a área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

AC é a área de piso dos ambientes condicionados;

AU é a área útil;

b é a pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Os equivalentes numéricos para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na Tabela 2.1. O nível de eficiência do requisito envoltória das áreas condicionadas é definido de acordo com o item 3; o nível de eficiência do sistema de iluminação (DPI) é definido no item 4; e o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar (CA) é definido no item 5.

O número de pontos obtidos na equação acima irá definir a classificação geral da edificação:

Tabela 2.2: Classificação Geral

PT	Classificação Final
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

As classificações final e parciais são apresentadas na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Um edifício com classificações A nos três requisitos parciais: envoltória, iluminação e condicionamento de ar – está em condições de obter o Selo Procel.

2.3. Bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação poderão receber até um ponto na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas, e a economia gerada deve ser comprovada. Essas podem ser:

- sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como economizadores de torneira, sanitários com sensores, aproveitamento de água

pluvial, devem proporcionar uma economia mínima de 20% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento;

- sistemas ou fontes renováveis de energia:
 - edifícios com atividades como restaurantes, hotéis, hospitais e outros que tenham demanda de água quente em suas instalações e que utilizarem aquecimento solar de água devem provar atendimento com uma fração solar igual ou superior a 60%;
 - energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar uma economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício;
- sistemas de cogeração devem proporcionar uma economia mínima de 30% no consumo anual de energia elétrica do edifício;
- inovações técnicas ou de sistemas que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica.

Obs: Economias de mais de um item que sejam menores que os mínimos exigidos podem ser combinadas a fim de alcançar, proporcionalmente, os percentuais exigidos para obtenção da bonificação.

2.4. Pré-requisitos Gerais

Além dos requisitos descritos nos itens 3 a 5, para o edifício ser elegível à etiquetagem, deve cumprir os seguintes requisitos mínimos:

- possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros. Caso este item não seja atendido, o nível de eficiência do edifício será no máximo C;
 - Exceções:
 - hotéis, desde que possuam desligamento automático para os quartos;
 - edificações com múltiplas unidades autônomas de consumo;
 - edificações cuja data de construção seja anterior à publicação deste regulamento.

- requisitos mínimos a cumprir para o edifício atingir uma classificação A:
 - se houver demanda para uso de sistema de água quente, utilizar aquecimento solar de água com coletor e reservatório térmico com classificação A, segundo regulamento específico do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE/INMETRO, ou utilizar bomba de calor ou aquecimento por reuso de calor ou ainda utilizar aquecedores a gás individuais com classificação A, segundo regulamento específico do PBE/INMETRO;
 - quando usar aquecimento solar de água, utilizar o máximo aproveitamento dentro da área de coleta possível;
 - se o edifício possuir mais de um elevador, deverá utilizar obrigatoriamente controle inteligente de tráfego para elevadores de uma mesma finalidade em um mesmo *hall*;
 - as bombas de água centrífugas, quando utilizadas, devem fazer parte do PBE/INMETRO.

2.5. Pré-requisitos Específicos

Além dos pré-requisitos gerais dos itens 3 a 6 - Envoltória, Iluminação, Condicionamento de Ar e Simulação - há pré-requisitos específicos que devem ser atendidos de acordo com os critérios de cada item. Caso nenhum dos pré-requisitos seja atendido no seu respectivo item, o equivalente numérico deverá seguir a seguinte classificação do nível de eficiência, podendo ser apenas:

- Envoltória: somente E;
- Iluminação: máximo D, de acordo com o item 4.3;
- Condicionamento de ar: máximo B, de acordo com o item 5.2; e
- Simulação: não poderá ser efetuada.

No caso de uso do item 6, Simulação, após atendido o item e encontrada a eficiência, os seguintes pré-requisitos devem ser cumpridos no edifício:

- Pré-requisitos gerais;

- Pré-requisitos específicos de iluminação (item 4.1) de acordo com o nível de eficiência alcançado; e
- Pré-requisito específico de Condicionamento de Ar (item 5.1).

3. Envoltória

3.1. Pré-requisitos específicos

Para classificação do nível de eficiência da envoltória, além do exigido no item 3.2, deverão ser atendidos os requisitos de acordo com o nível de eficiência pretendido, sendo:

3.1.1. Nível A

3.1.1.1 Transmitância térmica

- para qualquer Zona Bioclimática, a transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ e para ambientes não condicionados, não deve ultrapassar $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Obs: A transmitância térmica a ser considerada é a média ponderada das transmitâncias de cada parcela da cobertura pelas áreas que ocupam.

- a transmitância térmica das paredes externas não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:
 - a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ para paredes com capacidade térmica máxima de $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ e de $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ para paredes com capacidade térmica superior a $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.

Obs: A transmitância térmica a ser considerada é a média ponderada das transmitâncias de cada parcela de paredes externas pelas áreas que ocupam.

Exceção ao item 3.1.1.1: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.

3.1.1.2 Cores e absorvância de superfícies

São obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,4$ (cores claras);
- em coberturas não aparentes, a utilização de cor de absorvância solar baixa, $\alpha < 0,4$; telhas cerâmicas não esmaltadas ou teto jardim.

Obs: A absorvância solar a ser considerada é a média das absorvâncias de cada parcela da fachada (ou cobertura) ponderadas pela área que ocupam.

3.1.1.3 Iluminação zenital

No caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ, de acordo com a Tabela 3.1. Para edificações com PAZ maior que 5%, pretendendo alcançar classificação A, deve-se utilizar simulação computacional de acordo com o item 6.

Tabela 3.1: Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

3.1.2. Nível B

3.1.2.1 Transmitância térmica

- para qualquer Zona Bioclimática, a transmitância térmica da cobertura de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ e para ambientes não condicionados, não deve ultrapassar $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Obs: A transmitância térmica a ser considerada é a média ponderada das transmitâncias de cada parcela da cobertura pelas áreas que ocupam.

- a transmitância térmica das paredes externas não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:
 - a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de 2,5 W/m²K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m²K e de 3,7 W/m²K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m²K.

Obs: A transmitância térmica a ser considerada é a média ponderada das transmitâncias de cada parcela de paredes externas pelas áreas que ocupam.

Exceção ao item 3.1.2.1: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.

3.1.2.2 Cores e absorvância de superfícies

São obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,4$ (cores claras);
- em coberturas não aparentes, utilização de cor de absorvância solar baixa, $\alpha < 0,4$, telhas cerâmicas não esmaltadas ou teto jardim.

Obs: A absorvância solar a ser considerada é a média das absorvâncias de cada parcela da fachada (ou cobertura) ponderadas pela área que ocupam.

3.1.3. Níveis C e D: Transmitâncias térmicas

Componentes opacos (paredes e coberturas) devem possuir transmitâncias térmicas máximas de acordo com os requisitos a seguir:

- a transmitância térmica da cobertura não deve ultrapassar 2,0 W/m²K para qualquer ambiente ou Zona Bioclimática;
- a transmitância térmica das paredes externas não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

- a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de 3,7 W/m²K.

- b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de 2,5 W/m²K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m²K e de 3,7 W/m²K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m²K.

Obs: A transmitância térmica a ser considerada é a média das transmitâncias de cada parcela da fachada (ou cobertura) ponderadas pela área que ocupam.

Exceção ao item 3.1.3: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.

3.2. Procedimento de determinação da eficiência

Escopo: Esta seção descreve o método de classificação de eficiência da envoltória, baseado em um indicador de consumo obtido através de uma equação.

Há duas equações por Zona Bioclimática: uma representando edifícios com área de projeção (A_{pe}) menor que 500 m² e a segunda para edifícios com área de projeção maior que 500 m². O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido na NBR 15220-Parte 3 (ABNT, 2005). No desenvolvimento das equações do indicador de consumo, algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas, sendo representadas pela mesma equação. São elas ZB2 e ZB3; ZB4 e ZB5; ZB6 e ZB8.

As equações para $A_{pe} > 500$ m² são válidas para um Fator de Forma mínimo permitido (A_{env}/V_{tot}). As equações para $A_{pe} < 500$ m² são válidas para um Fator de Forma máximo permitido (A_{env}/V_{tot}). Acima ou abaixo desses, deve-se utilizar os valores limites.

Os ângulos de sombreamento devem ser usados com valor máximo de 45°, sendo que proteções solares cujos AVS e AHS são superiores a este limite, adotar 45°. Entretanto, esta exigência não determina o dimensionamento das proteções solares. Elas devem ser projetadas para evitar o sobre-aquecimento dos ambientes internos considerando as necessidades de sombreamento específicas do edifício, as condições sazonais do clima local (trajetória solar e temperaturas) e a orientação de cada fachada.

O Indicador de Consumo referente à envoltória do edifício proposto deve ser calculado com as seguintes equações de acordo com a cidade e Zona Bioclimática onde o edifício está inserido:

a. Zona Bioclimática 1: (exemplo: cidade de CURITIBA)

 $A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$ Limite: Fator de forma máximo (A_{env}/V_{tot}) = 0,60

$$IC_{env} = -43,0.FA - 316,62.FF + 16,83.PAF_T + 7,39.FS - 0,20.AVS + 0,20.AHS +$$

$$+ 132,5.\frac{FA}{FF} - 77.FA.FF - 0,92.FF.PAF_T.AHS + 182,66$$
Eq. 3.1

 $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$ Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,17

$$IC_{env} = 10,47.FA + 298,74.FF + 38,41.PAF_T - 1,11.FS - 0,11.AVS + 0,24.AHS -$$

$$- 0,54.PAF_T.AHS + 47,53$$
Eq. 3.2

b. Zona Bioclimática 2 e 3: (exemplo: cidade de FLORIANÓPOLIS)

 $A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$ Limite: Fator de forma máximo (A_{env}/V_{tot}) = 0,70

$$IC_{env} = -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_T + 5,59.FS - 0,19.AVS + 0,15.AHS +$$

$$+ 275,19.\frac{FA}{FF} + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_T.FS.AVS - 0,45.PAF_T.AHS + 190,42$$
Eq. 3.3

 $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$ Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,15

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS -$$

$$- \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_T.AHS + 277,98$$
Eq. 3.4

c. Zona Bioclimática 4 e 5: (exemplo: cidade de BRASÍLIA)

 $A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$ Limite: Fator de forma máximo (A_{env}/V_{tot}) = 0,75

$$IC_{env} = 105,39.FA - 207,12.FF + 4,61.PAF_T + 8,08.FS - 0,31.AVS - 0,07.AHS - 82,34.FA.FF + 3,45.PAF_T.FS - 0,005.PAF_T.FS.AVS.AHS + 171,27 \quad \text{Eq. 3.5}$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = livre

$$IC_{env} = 511,12.FA + 0,92.FF - 95,71.PAF_T - 99,79.FS - 0,52.AVS - 0,29.AHS - 380,83.FA.FF + \frac{4,27}{FF} + 729,20.PAF_T.FS + 77,15 \quad \text{Eq. 3.6}$$

d. Zona Bioclimática 7: (exemplo: cidade de CUIABÁ)

$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma máximo (A_{env}/V_{tot}) = 0,60

$$IC_{env} = 32,62.FA - 580,03.FF - 8,59.PAF_T + 18,48.FS - 0,62.AVS - 0,47.AHS + 200,0.\frac{FA}{FF} - 192,5.FA.FF + 70,22.FF.PAF_T - 0,55.PAF_T.AHS + 318,65 \quad \text{Eq. 3.7}$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,17

$$IC_{env} = -69,48.FA + 1347,78.FF + 37,74.PAF_T + 3,03.FS - 0,13.AVS - 0,19.AHS + \frac{19,25}{FF} + 0,04.\frac{AHS}{(PAF_T.FS)} - 306,35 \quad \text{Eq. 3.8}$$

e. Zona Bioclimática 6 e 8: (exemplo: cidade de SALVADOR)

$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma máximo (A_{env}/V_{tot}) = 0,48

$$IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718 \quad \text{Eq. 3.9}$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,17

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 \quad \text{Eq. 3.10}$$

Onde as variáveis das equações 3.1 a 3.10 são:

IC: Indicador de Consumo (adimensional)

A_{pe} : Área de projeção do edifício (m^2)

A_{tot} : Área total de piso (m^2)

A_{env} : Área da envoltória (m^2)

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus)

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45° (graus)

FF: (A_{env}/V_{tot}), Fator de Forma

FA: (A_{pe}/A_{tot}), Fator Altura

FS: Fator Solar

PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação)

V_{tot} : Volume total da edificação (m^3)

O indicador de consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação. A escala numérica da classificação de eficiência é variável e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros Fator Altura e Fator de Forma: razão entre a área de projeção do edifício e a área total de piso (A_{pe}/A_{tot}) e razão entre a área da envoltória e o volume total (A_{env}/V_{tot}). Os demais parâmetros da equação são fornecidos.

Procedimento para classificação:

- a. Calcula-se o indicador de consumo por meio da equação IC_{env} com os dados do projeto do edifício.
- b. Calcula-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria, $IC_{máxD}$, por meio da mesma equação, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3.2; o $IC_{máxD}$ representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E.

Tabela 3.2: Parâmetros do IC_{máxD}

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

- c. Calcula-se o limite mínimo IC_{mín} por meio da equação, com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3.3; o IC_{mín} representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

Tabela 3.3: Parâmetros do IC_{mín}

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

- d. Os limites IC_{máxD} e IC_{mín} representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E. A subdivisão i do intervalo é calculada com a Eq.3.11.

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4} \quad \text{Eq. 3.11}$$

- e. Com o valor de i calculado, preenche-se a seguinte Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	IC _{máxD} - 3i + 0,01	IC _{máxD} - 2i + 0,01	IC _{máxD} - i + 0,01	IC _{máxD} + 0,01
Lim Máx	IC _{máxD} - 3i	IC _{máxD} - 2i	IC _{máxD} - i	IC _{máxD}	-

- f. Comparar o IC_{env} (a) obtido com os limites da tabela acima e identificar o nível de eficiência do projeto em questão.

Obs.: Na equação, o Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF_T) corresponde a um valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Para o uso deste valor, primeiramente deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste (PAF_O) e do PAF_T. Se o PAF_O for pelo menos 20% maior que o PAF_T, deve-se adotar o PAF da fachada oeste na equação.

4. Sistema de Iluminação

4.1. Pré-requisitos específicos

Para classificação do sistema de iluminação, além dos limites de potência instalada estabelecidos no item 4.2, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido, conforme os requisitos abaixo:

- a. Nível A – o controle do sistema de iluminação deve atender às características estabelecidas nos itens 4.1.1 , 4.1.2 , e 4.1.3.
- b. Nível B – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas nos itens 4.1.1 e 4.1.2.
- c. Nível C – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas no item 4.1.1.

Os pré-requisitos são avaliados em cada ambiente separadamente.

4.1.1. Divisão dos circuitos

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que o ocupante possa ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Para ambientes maiores do que 250 m², cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250 m² para ambientes até 1000 m²;
- uma área de até 1000 m² para ambientes maiores do que 1000 m².

4.1.2. Contribuição da luz natural

Ambientes com janela voltada para o ambiente externo ou voltada para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e com mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) janela(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à janela de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível.

4.1.3. Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

Exceções ao item 4.1.3:

- ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;
- ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;
- ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

4.2. Procedimento de determinação da eficiência

Escopo: Estabelece o limite de potência de iluminação interna para cada ambiente da edificação. Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Aplica-se aos espaços internos dos edifícios. Após encontrados os níveis de eficiência para cada ambiente separadamente, seus equivalentes numéricos (Tabela 2.1) devem ser ponderados com as áreas de cada ambiente para estimar o equivalente numérico final do sistema de iluminação e, portanto, o nível de eficiência do sistema de iluminação do edifício.

4.3. Método de cálculo da densidade de potência de iluminação

- a. Determinar o índice de ambiente de cada ambiente da edificação usando uma das equações: 4.1 (geral), 4.2 (para ambientes retangulares) ou 4.3 (para iluminação indireta).

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p} \quad \text{Eq. 4.1}$$

$$K = \frac{C.L}{h.(C + L)} \quad \text{Eq. 4.2}$$

$$K = \frac{3.C.L}{2.h'.(C + L)} \quad \text{Eq. 4.3}$$

Onde,

K: índice de ambiente (adimensional);

A_t: Área de teto (m²);

A_{pt}: Área do plano de trabalho (m²);

A_p: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m²);

C: comprimento total do ambiente (m);

L: largura total do ambiente (m);

h: altura média entre a superfície de trabalho e o plano das luminárias no teto;

h': altura média entre a superfície de trabalho e o teto.

- b. Obter, na Tabela 4.1, DPI_{RL} em função do índice de ambiente e do nível de eficiência desejado. Quando o índice de ambiente encontrado não estiver especificado na Tabela 4.1, determina-se o valor de DPI_{RL} por interpolação.
- c. Identificar a Iluminância de Projeto através da NBR-5413 – *Iluminância de Interiores*, usando as orientações definidas no item 4.4 deste regulamento.
- d. Fazer projeto luminotécnico, identificando o número de conjuntos de lâmpada/luminárias/reator e calculando a iluminância no final da vida útil do sistema de iluminação (24 meses, utilizando coeficiente de manutenção de 0,80).
- e. Calcular DPI_{RF}, obtida no projeto luminotécnico em W/m² por 100 lux de iluminância no final da vida útil do sistema de iluminação.

- f. Classificar o ambiente em função dos limites estabelecidos na Tabela 4.1, de acordo com o índice de ambiente, sendo que DPI_{RF} deve ser menor que DPI_{RL} . No caso de DPI_{RF} maiores que DPI_{RL} do nível D, os sistemas serão considerados de nível E (menos eficiente).

Tabela 4.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido.

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de Iluminação relativa $W/m^2/100lux$ (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação relativa $W/m^2/100lux$ (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação relativa $W/m^2/100lux$ (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação relativa $W/m^2/100lux$ (Nível D)
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,50	3,86	4,32	5,57
1,00	2,27	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,95	2,75	3,00	3,90
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,83	2,38	2,57	3,31
3,00	1,76	2,27	2,46	3,17
4,00	1,73	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	2,09	2,24	2,89

4.4. Determinação do nível de iluminância de projeto

Determinar o nível de iluminação necessário para cada ambiente através do uso da *NBR 5413 – Iluminância de Interiores* – Item 4.3.

O uso adequado de iluminância específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 4.2 (Tabela 2 da Norma de Iluminância: a idade, a velocidade e precisão e a refletância do fundo da tarefa).

Tabela 4.2: Extraída da NBR 5413

Tabela 2 – Fatores determinantes de iluminância desejada			
Características do observador e da tarefa	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: NBR 5413

No caso deste regulamento, deve-se adotar uma soma igual a -2 ou -3 para alcançar os limites mínimos de iluminância da NBR 5413. Em casos especiais onde a idade do observador for superior a 55 anos ou a velocidade e precisão da tarefa for crítica ou importante, adotar medidas locais para complementar as iluminâncias como, por exemplo, iluminação de tarefa e aumento da refletância do fundo.

Na documentação para a entrada com o pedido de etiquetagem, deve-se demonstrar os valores selecionados, indicando a tarefa com o respectivo nível de precisão e refletância do fundo.

Devem ser excluídos do cálculo da potência instalada da iluminação os sistemas que forem complementares à iluminação geral e com controle independente nas seguintes situações:

- iluminação de destaque que seja parte essencial para o funcionamento de galerias, museus e monumentos;
- iluminação contida ou parte integrante de equipamentos ou instrumentos, desde que instalada pelo próprio fabricante, como lâmpadas de refrigeradores, geladeiras, etc;
- iluminação especificamente projetada para uso exclusivo em procedimentos médicos ou dentários e iluminação contida em equipamentos médicos ou dentários;
- iluminação contida em refrigeradores e *freezers*, tanto abertos quanto fechados por vidro;
- iluminação totalmente voltada a aquecimento de alimentos e em equipamentos de preparação de alimentos;
- iluminação totalmente voltada ao crescimento de plantas ou sua manutenção;
- iluminação em ambientes especificamente projetados para uso de deficientes visuais;
- iluminação em vitrines de lojas varejistas, desde que a área da vitrine seja fechada por divisórias cuja altura alcance o forro;
- iluminação em ambientes internos que sejam especificamente designados como um bem cultural tombado, de acordo com o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional ou outros órgãos municipais ou estaduais de competência análoga;
- iluminação totalmente voltada à propaganda ou à sinalização;
- sinais indicando saída e luzes de emergência;
- iluminação à venda ou sistemas de iluminação para demonstração com propósitos educacionais;
- iluminação para fins teatrais, incluindo apresentações ao vivo e produções de filmes e vídeos;
- áreas de jogos ou atletismo com estrutura permanente para transmissão pela televisão.

5. Sistema de Condicionamento de Ar

5.1. Pré-requisito específico

Para obter os níveis de eficiência A, condicionadores de ar do tipo de janela ou unidades condensadoras de condicionadores do tipo *Split* devem estar sombreados permanentemente e com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência.

O pré-requisito é avaliado em cada ambiente separadamente.

5.2. Procedimento de determinação da eficiência

Escopo: Os sistemas mecânicos que servem para o aquecimento, refrigeração ou ventilação dos edifícios devem estar em conformidade com o descrito abaixo.

Para classificação do nível de eficiência, é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida:

- a. Condicionadores de ar do tipo janela e condicionadores de ar tipo *Split* com eficiência avaliada pelo PBE/INMETRO e de acordo com as normas brasileiras e/ou internacionais de condicionadores de ar, conforme item 5.3.
- b. Condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO, conforme item 5.4.

No caso de haver mais de um sistema independente de condicionamento de ar no edifício, os níveis de eficiência de cada sistema independente devem ser encontrados e seus equivalentes numéricos (Tabela 2.1), ponderados pelas áreas do(s) ambiente(s) atendido(s) por seu respectivo sistema, a fim de estimar o equivalente numérico final envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar e, portanto, o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar do edifício.

Os sistemas de condicionamento de ar devem proporcionar a adequada qualidade do ar interno, conforme norma ABNT NBR 16401.

5.3. Condicionadores de ar do tipo janela e do tipo *Split* (para instalação em paredes e/ou teto).

5.3.1. Cálculo de carga térmica

As cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de comprovada aceitação nacional ou internacional.

5.3.2. Sistema de condicionamento de ar central

Quando a área condicionada apresentar carga térmica superior a 350 kW deve-se adotar um sistema de condicionamento de ar central ou provar que sistemas individuais consomem menos energia para as condições de uso previstas para a edificação.

Na página eletrônica do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) encontram-se tabelas atualizadas com classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para cada categoria. Elas são:

- Tabela 3 para Condicionadores de Ar tipo Janela; e
- Tabela 4 para Condicionadores de Ar tipo SPLIT.

Para uso neste regulamento, deve-se considerar a última versão publicada na página eletrônica do INMETRO.

5.4. Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO

Os sistemas e aparelhos não enquadrados no item 5.3 serão classificados de acordo com os níveis e requisitos a seguir:

- a. Nível A: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.1; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.2; os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.3 e todo o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os requisitos estabelecidos nos itens 5.4.1 a 5.4.8.
- b. Nível B: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.1; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.2; os

condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.3.

- c. Nível C: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.4; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.5; os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.6.
- d. Nível D: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.7; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.8.
- e. Nível E: quando o sistema não se enquadrar nos níveis acima.

Tabela 5.1: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B.

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste	
Condicionadores de ar resfriados a ar	<19 kW	Todos	Split	3,52 SCOP	ARI 210/240	
			Unitário	3,52 SCOP		
	≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,02 COP	ARI 340/360	
		Outros	Split e unitário	2,96 COP		
	≥ 40 kW e < 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,84 COP		
		Outros	Split e unitário	2,78 COP		
	≥ 70 kW e < 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,78 COP 2,84 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,72 COP 2,78 IPLV		
	≥ 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,70 COP 2,75 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,64 COP 2,69 IPLV		
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	3,35 COP		ARI 210/240
	≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,37 COP		ARI 340/360
		Outros	Split e unitário	3,31 COP		
	≥ 40 kW e < 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP		
		Outros	Split e unitário	3,16 COP		
	≥ 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,70 COP 3,02 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,64 COP 2,96 IPLV		

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

Tabela 5.2: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B.

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condensação a ar, com condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPLV	ARI 550/590
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP 3,45 IPLV	
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	4,20 COP 5,05 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528 kW	4,45 COP 5,20 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,90 COP 5,60 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,50 COP 6,15 IPLV	
Condensação a água (compressor centrífugo)	< 528 kW	5,00 COP 5,25 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	5,55 COP 5,90 IPLV	
	≥ 1.055 kW	6,10 COP 6,40 IPLV	

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

Tabela 5.3: Eficiência mínima de torres de resfriamento e condensadores para classificação nos níveis A e B.

Tipo de equipamento	Subcategoria ou condição de classificação	Desempenho requerido	Procedimento de teste
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída = 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	≥ 3,23 l/s·kW	CTI ATC-105
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída = 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	≥ 1,7 l/s·kW	CTI ATC-105
Condensadores resfriados a ar	Temperatura de condensação = 52 °C Fluido de teste R-22 Temperatura de entrada do gás = 88 °C Sub-resfriamento = 8 °C TBS na entrada = 35 °C	≥ 69 COP	ARI 460

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

Tabela 5.4: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível C.

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condicionadores de ar resfriados a ar	<19 kW	Todos	Split	2,93 SCOP	ARI 210/240
			Unitário	2,84 SCOP	
	≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	2,61 COP	ARI 340/360
	≥ 40 kW e < 70 kW	Todos	Split e unitário	2,494 COP	
	≥ 70 kW e < 223 kW	Todos	Split e unitário	2,49 COP 2,20 IPLV	
≥ 223 kW	Todos	Split e unitário	2,40 COP 2,20 IPLV		
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	2,72 COP	ARI 210/240
	≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	3,08 COP	ARI 340/360
	≥ 40 kW e < 70 kW	Todos	Split e unitário	2,81 COP	
	≥ 70 kW	Todos	Split e unitário	2,81 COP 2,64 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1999) – ASHRAE Standard 90.1-1999.

Tabela 5.5: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível C.

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condensação a ar, com condensador	< 528 kW	2,70 COP 2,80 IPLV	ARI 550/590
	≥ 528 kW	2,50 COP 2,50 IPLV	
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP 3,20 IPLV	
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	3,80 COP 3,90 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528 kW	3,80 COP 3,90 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,20 COP 4,50 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,20 COP 5,30 IPLV	
Condensação a água (compressor centrífugo)	< 528 kW	3,80 COP 3,90 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,20 COP 4,50 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,20 COP 5,30 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1999) – ASHRAE Standard 90.1-1999.

Tabela 5.6: Eficiência mínima de torres de resfriamento e condensadores para classificação no nível C.

Tipo de equipamento	Subcategoria ou condição de classificação	Desempenho requerido	Procedimento de teste
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída = 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	≥ 3,23 l/s-kW	CTI ATC-105 e CTI STD-201
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída = 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	≥ 1,7 l/s-kW	CTI ATC-105 e CTI STD-201
Condensadores resfriados a ar	Temperatura de condensação = 52 °C Fluido de teste R-22 Temperatura de entrada do gás = 88 °C Sub-resfriamento = 8 °C TBS na entrada = 35 °C	≥ 69 COP	ARI 460

Fonte: ASHRAE (1999) – ASHRAE Standard 90.1-1999.

Tabela 5.7: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível D.

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condicionadores de ar resfriados a ar (no modo de resfriamento)	<19 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	8,4 EER 7,4 IPLV	ARI 210-81 ARI 240-81 ARI 210/240-84
		Outros	Split	8,9 SEER	
	Unitário	8,6 SEER			
≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	8,3 EER 7,3 IPLV		
Condicionadores de ar resfriados a ar (no modo de aquecimento)	<19 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,8 COP	
		Outros	Split e unitário	6,4 HSPF	
	≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	2,8 COP	
Condicionadores de ar resfriados a ar	≥ 40 kW e < 70 kW	Todos	Unitário	8,2 EER	ARI 360-86
	≥ 70 kW	Todos	Unitário	8,0 EER	
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Unitário	9,0 EER 8,0 IPLV	ARI 210-81
	≥ 19 kW e < 40 kW	Todos	Unitário	9,5 EER	ARI 360-86 CTI 201-86
	≥ 40 kW	Todos	Unitário	9,4 EER 8,5 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1989) – ASHRAE Standard 90.1-1989.

Tabela 5.8: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível D.

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condensação a ar, com condensador	< 528 kW	2,60 COP 2,60 IPLV	ARI 550-86 ARI 590-86 CTI 201-86
	≥ 528 kW	2,40 COP 2,40 IPLV	
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,00 COP 3,00 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528 kW	3,70 COP 3,80 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	3,70 COP 3,80 IPLV	
	≥ 1.055 kW	4,60 COP 4,70 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1989) – ASHRAE Standard 90.1-1989.

5.4.1. Cálculo de carga térmica

As cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de aceitação geral pelos profissionais da área, como por exemplo, o *ASHRAE Handbook of Fundamentals* (ASHRAE, 2005).

5.4.2. Controle de temperatura por zona

5.4.2.1 Geral

O aquecimento ou resfriamento de ar de cada zona térmica deverá ser individualmente controlado por termostatos respondendo à temperatura do ar da referida zona.

Exceções ao item 5.4.2.1: Sistemas perimetrais, projetados para atuar apenas sobre a carga proveniente do envelope da edificação podem atender a uma ou mais zonas também servidas por um sistema interno, desde que:

- o sistema perimetral inclua pelo menos um termostato de controle para cada fração de parede externa da edificação com comprimento maior ou igual a 15 metros, exposta a uma mesma orientação; e
- o sistema perimetral de aquecimento e resfriamento seja controlado por um termostato de controle localizado dentro da zona servida pelo sistema.

Paredes externas são consideradas com diferentes orientações se as direções para as quais estão voltadas diferirem em mais de 45°.

5.4.2.2 Faixa de temperatura de controle

Quando usados para atuar sobre o aquecimento e o resfriamento, os termostatos de controle devem ser capazes de prover uma faixa de temperatura do ar de pelo menos 3°C (*deadband*), no qual o suprimento da energia para aquecimento e resfriamento seja desligado ou reduzido para o mínimo.

5.4.2.3 Aquecimento suplementar

Bombas de calor com aquecedor auxiliar através de resistência elétrica devem ser dotadas de sistema de controle que evite a operação do aquecimento suplementar quando a carga de aquecimento possa ser atendida apenas pela bomba de calor. A

operação do aquecimento suplementar é permitida durante os ciclos de degelo da serpentina externa. Dois modos de atender a este requerimento são:

- um termostato eletrônico ou digital projetado para uso em bomba de calor que ative o aquecimento auxiliar somente quando a bomba de calor tem capacidade insuficiente para manter o *setpoint* ou para aquecer o ambiente a uma taxa suficiente;
- um termostato multi-estágio no ambiente e um termostato no ambiente externo conectado para permitir o acionamento do aquecimento auxiliar somente no último estágio do termostato no ambiente e quando a temperatura externa é inferior a 4 °C.

5.4.2.4 Aquecimento e resfriamento simultâneo

Os controles do sistema de condicionamento de ar devem impedir o reaquecimento ou qualquer outra forma de aquecimento e resfriamento simultâneo para controle de umidade.

Nos locais em que há equipamentos distintos para aquecimento e resfriamento servindo a uma mesma zona, os termostatos devem ser interconectados para impedir o aquecimento e resfriamento simultâneo.

5.4.3. Automação

Todo o sistema de condicionamento de ar deve ser equipado com pelo menos um dos tipos de controle abaixo.

- controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação, para sete tipos de dias diferentes por semana; capazes de reter a programação e ajustes durante a falta de energia por pelo menos 10 horas, incluindo um controle manual que permita a operação temporária do sistema por até duas horas;
- um sensor de ocupação que seja capaz de desligar o sistema quando nenhum ocupante é detectado por um período de até 30 minutos;
- um temporizador de acionamento manual capaz de ser ajustado para operar o sistema por até duas horas;

- integração com o sistema de segurança e alarmes da edificação que desligue o sistema de condicionamento de ar quando o sistema de segurança é ativado.

5.4.4. Isolamento de zonas

Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas à operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em áreas isoladas. As zonas devem ser agrupadas em áreas isoladas que não ultrapassem 2.300 m² de área condicionada e não incluindo mais do que um pavimento. Cada área isolada deve ser equipada com dispositivos de isolamento capazes de desativar automaticamente o suprimento de ar condicionado e ar externo, além do sistema de exaustão. Cada área isolada deve ser controlada independentemente por um dispositivo que atenda aos requisitos do item 5.4.3 (Automação). Para sistemas de condicionamento central, os controles e dispositivos devem permitir a operação estável do sistema e equipamentos para qualquer período de tempo enquanto atendem à menor área isolada servida pelo sistema central.

Exceções ao item 5.4.4: Dispositivos e controles de isolamento não são requeridos para as seguintes condições:

- exaustão de ar e tomada de ar externo quando conectadas às zonas onde o sistema de ventilação é menor ou igual a 2.400 l/s;
- exaustão de ar de uma zona isolada com vazão de menos de 10% da vazão nominal do sistema de exaustão ao qual está conectada;
- zonas destinadas à operação contínua ou planejadas para estarem inoperantes apenas quando todas as demais zonas estiverem inoperantes.

Obs: Zonas de operação contínua

Em edificações com sistema de condicionamento de ar central, zonas térmicas com necessidade de condicionamento de ar contínuo, durante 24 horas por dia e por pelo menos 5 dias da semana, devem ter condições de ser atendidas por um sistema de condicionamento de ar exclusivo.

5.4.5. Controles e dimensionamento do sistema de ventilação

Sistemas de condicionamento de ar com potência total de ventilação superior a 4,4 kW devem atender aos limites de potência dos ventiladores abaixo:

- a razão entre a potência do sistema de ventilação e a vazão de insuflamento de ar para cada sistema de condicionamento de ar nas condições de projeto não deve exceder a potência máxima aceitável apresentada na Tabela 5.9;
- quando o sistema de insuflamento de ar requerer tratamento de ar ou sistemas de filtragem com perda de pressão superior a 250 Pa com os filtros limpos, ou serpentinas ou dispositivos de recuperação de calor, ou umidificadores/resfriadores de evaporação direta, ou outros dispositivos que atuem no processo diretamente sobre o fluxo de ar, a potência aceitável para o sistema de ventilação pode ser ajustada usando os créditos de pressão na equação de potência aceitável da Tabela 5.9;
- se a diferença entre a temperatura de projeto da sala e a temperatura de insuflamento de ar nas condições de projeto para resfriamento, usada para calcular a vazão de insuflamento de ar de projeto, for maior do que 11,1 °C, a potência aceitável do ventilador pode ser ajustada usando-se a razão de temperatura na equação de potência aceitável na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Limites de potência dos ventiladores.

Volume de insuflamento de ar	Potência nominal (de placa) aceitável para o motor	
	Volume constante	Volume variável
< 9.400 l/s	1,9 kW/1000 l/s	2,7 kW/1000 l/s
≥ 9.400 l/s	1,7 kW/1000 l/s	2,4 kW/1000 l/s

Potência aceitável para os ventiladores = [Limite de Potência Tabela 5.9 × (Razão de Temperatura) + Crédito de Pressão + Crédito do Ventilador de Retorno]

Onde

Limite de Potência Tabela 5.9 = Valor Tabelado × L/Sn/1000

Razão de Temperatura = $(T_{t-stat} - T_s)/11,1$

Crédito de Pressão (kW) = Soma de $[L/Sn \times (SPn - 250)/486000]$ + Soma de $[L/SHR \times SPHR/486000]$

Crédito do Ventilador de Retorno = FR (kW) × $[1 - (L/SRF / L/Sn)]$

L/Sn = volume de insuflamento de ar da unidade com o sistema de filtragem (l/s)

L/SHR = volume de insuflamento de ar nas serpentinas de recuperação de calor ou no resfriador/umidificador de evaporação direta (l/s)

L/SRF = volume de ar no ventilador de retorno em operação normal de resfriamento (l/s)

SPn = perda de pressão do ar no sistema de filtragem quando os filtros estão limpos (Pa)

SPHR = perda de pressão do ar nas serpentinas de recuperação de calor ou no resfriador/umidificador de evaporação direta (Pa)

T_{t-stat} = temperatura de controle da sala

T_s = temperatura de projeto do ar de insuflamento para a zona na qual o termostato está localizado

FR = potência nominal de placa do ventilador de retorno em kW

5.4.5.1 Controles de sistemas de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação

Sistemas com taxa de insuflamento de ar externo nominal superior a 1.400 l/s, servindo áreas com densidade de ocupação superior a 100 pessoas por 100 m², devem incluir meios de reduzir automaticamente a tomada de ar externo abaixo dos níveis de projeto quando os espaços estão parcialmente ocupados.

5.4.5.2 Ciclo economizador

Deverá ser apresentado um estudo de viabilidade técnica e econômica para adoção de ciclo economizador, devendo este ser incorporado sempre que o custo benefício for favorável ($RCB \leq 0,80$).

5.4.5.3 Sistemas de exaustão

Sistemas de exaustão com capacidade nominal acima de 140 l/s em sistemas que não operam continuamente devem ser equipados com *dampers* motorizados ou com controle por gravidade, que sejam automaticamente fechados quando o sistema não estiver em uso.

5.4.5.4 Acionamento otimizado

Sistemas de ventilação com capacidade nominal maior do que 5.000 l/s devem possuir controles para acionamento otimizado dos ventiladores.

5.4.6. Recuperação de calor

Ventiladores individuais que tenham capacidade de insuflamento de ar nominal de pelo menos 2.400 l/s e uma taxa de insuflamento de ar externo de pelo menos 70% da vazão total de projeto devem possuir sistema de recuperação de calor com eficácia de pelo menos 50% de recuperação. Cinquenta por cento de eficácia deve corresponder a uma alteração na entalpia do ar externo insuflado igual a 50% da diferença entre o ar externo e o ar de retorno nas condições de projeto. O sistema de recuperação de calor deve ser provido por um sistema de controle que permita a operação do ciclo economizador, conforme estabelecido de acordo com o item 5.4.5.2.

Exceções ao item 5.4.6:

- sistemas atendendo espaços que não são resfriados e que são aquecidos até 16 °C;
- sistemas com exaustão de gases tóxicos, inflamáveis, tintas, fumaça corrosiva ou pó;
- coifas de cozinhas comerciais usada para coletar e remover vapores gordurosos e fumaça;
- onde mais do que 60% da energia de aquecimento do ar externo seja provida por recuperação de calor *in loco* ou energia solar;
- onde a maior fonte de exaustão é menor do que 75% da vazão de ar externo de projeto;
- sistemas que requeiram desumidificação e empreguem a recuperação de calor em série com a serpentina de resfriamento.

5.4.7. Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos

Sistemas de condicionamento de ar com um sistema hidráulico servido por um sistema de bombeamento com potência superior a 7,5 kW devem atender aos requisitos estabelecidos em 5.4.7.1 a 5.4.7.3.

5.4.7.1 Sistemas de vazão de líquido variável

Sistemas de bombeamento de água ou de líquido refrigerante, integrantes do sistema de condicionamento de ar, que incluem válvulas de controle projetadas para modular ou abrir e fechar em função da carga devem ser projetados para vazão de líquido variável e devem ser capazes de reduzir a vazão de bombeamento para 50% ou menos da vazão de projeto. Bombas individuais servindo sistemas de vazão de líquido variável com uma pressão na bomba superior a 300 kPa e motor excedendo 37 kW devem ter controles ou dispositivos (tais como controle de velocidade variável) que resultem em uma demanda no motor de não mais do que 30% da potência de projeto quando em 50% da vazão de água de projeto. Os controles ou dispositivos devem ser controlados como uma função da vazão desejável ou para manter uma pressão diferencial mínima requerida. A pressão diferencial deve ser medida em um dos pontos a seguir:

- no ponto mais distante do trocador de calor; ou
- próximo ao ponto distante do trocador de calor; ou
- no trocador de calor; ou
- próximo ao trocador de calor com a maior pressão diferencial; ou
- a critério do projetista responsável, desde que justificado.

Exceções ao item 5.4.7.1:

- sistemas onde a vazão mínima é menor que a vazão mínima requerida pelo fabricante do equipamento para a operação adequada do equipamento atendido por um sistema, tais como resfriadores de líquido, e onde a potência total de bombeamento é menor ou igual a 60 kW;
- sistemas com até três válvulas de controle.

5.4.7.2 Isolamento de bombas

Quando uma central de água gelada inclui mais do que um resfriador de líquido, devem ser tomadas providências para que a vazão no resfriador possa ser reduzida automaticamente quando um resfriador estiver desligado. Resfriadores referidos neste item, alimentados em série pelo circuito de água com o propósito de aumentar a temperatura diferencial, devem ser considerados como um único resfriador de líquido.

5.4.7.3 Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente

Sistemas de água gelada e água quente com uma capacidade de projeto excedendo 88 kW e suprindo água gelada ou quente (ou ambos) para sistemas de condicionamento ambiental devem incluir controles que reajustem automaticamente a temperatura de suprimento da água pelas cargas representativas da edificação (incluindo a temperatura de retorno da água) ou pela temperatura do ar externo.

Exceções do item 5.4.7.3:

- onde os controles de reajuste da temperatura de suprimento não possam ser implementados sem causar operação imprópria dos sistemas de aquecimento, resfriamento, umidificação ou desumidificação;
- sistemas hidráulicos, tais como aqueles requeridos pelo item 5.4.7.1 que usam vazão variável para reduzir o consumo de energia em bombeamento.

5.4.8. Equipamentos de rejeição de calor

5.4.8.1 Geral

O item 5.4.8 aplica-se ao equipamento de rejeição de calor usado em sistemas de condicionamento ambiental, tais como condensadores a ar, torres de resfriamento abertas, torres de resfriamento com circuito fechado e condensadores evaporativos.

Exceções ao item 5.4.8.1:

Dispositivos de rejeição de calor os quais já possuem o uso de energia incluído nos índices de eficiência listados nas tabelas 5.3 a 5.10.

5.4.8.2 Controle de velocidade do ventilador

Cada ventilador acionado por um motor de potência igual ou superior a 5,6 kW deve ter a capacidade de operar a dois terços ou menos da sua velocidade máxima (em carga parcial) e deve possuir controles que mudem automaticamente a velocidade do ventilador para controlar a temperatura de saída do fluido ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.

Exceções ao item 5.4.8.2:

- ventiladores de condensador servindo a múltiplos circuitos refrigerantes;

- ventiladores de condensadores afogados (*flooded condenser*);
- até um terço dos ventiladores de um condensador ou torre com múltiplos ventiladores, onde os ventiladores principais estão de acordo com os requisitos de controle de velocidade.

6. Simulação:

6.1. Pré-requisitos específicos

6.1.1. Programa de simulação

O programa computacional de simulação termo-energética deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;
- ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- modelar 8760 horas por ano;
- modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- modelar efeitos de inércia térmica;
- permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- para o item 6.2.2, deve ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- caso o edifício proposto utilizar sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar listados no Apêndice G da ASHRAE 90.1;
- determinar a capacidade solicitada pelo Sistema de Condicionamento de Ar;
- produzir relatórios horários do uso final de energia.

6.1.2. Arquivo climático

O arquivo climático utilizado deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar;

- os dados climáticos devem ser representativos da Zona Bioclimática onde o projeto proposto será locado e, caso o local do projeto não possuir arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;
- devem ser utilizados arquivos climáticos e formatos publicados no www.eere.energy.gov (TRY, TMY, SWEC, CTZ2...). Caso contrário o arquivo climático deve ser aprovado pelo laboratório de referência.

6.2. Procedimentos para simulação

Escopo: Descreve o método de avaliação da eficiência energética de um edifício através da simulação computacional. Pode ser usado para avaliar edifícios condicionados artificialmente, ou edifícios não condicionados, ou que possuem áreas condicionadas - de longa permanência - menor que a área útil total.

O método da simulação compara o desempenho do edifício proposto (**real**) com um edifício similar (**de referência**), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Portanto, dois modelos devem ser construídos: o modelo representando o edifício **real** (de acordo com o projeto proposto) e o modelo de **referência** (de acordo com o nível de eficiência pretendido).

6.2.1. Edifícios condicionados artificialmente

Através da simulação, compara-se o consumo do projeto proposto (**real**) com o consumo do projeto de **referência**. Deve ser demonstrado que o consumo de energia do projeto proposto deve ser igual ou menor do que o consumo do edifício de referência.

Para classificação do edifício completo pelo método de simulação, devem ser atendidos os itens 6.2.1.1, 6.2.1.2 e 6.2.1.3. Para classificações visando as etiquetas parciais, o modelo real deve conter as seguintes alterações:

- Etiqueta Parcial da Envoltória: simular com os sistemas de iluminação e condicionamento de ar especificados para o modelo do edifício de referência;
- Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Iluminação: simular com o sistema condicionamento de ar especificado para o modelo do edifício de referência;

- Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Condicionamento de ar: simular com o sistema de iluminação especificado para o modelo do edifício de referência.

6.2.1.1 Características em comum para o Modelo do Edifício Real e de Referência

Ambos os modelos devem ser simulados usando:

- mesmo programa de simulação;
- mesmo arquivo climático;
- mesma geometria;
- mesma orientação com relação ao Norte Geográfico;
- mesmo padrão de uso e operação dos sistemas; o padrão de uso deve ser de acordo com o uso e ocupação real do edifício;
- mesmo valor de DCI em equipamentos;
- mesmo padrão de uso de pessoas, com o mesmo valor de calor dissipado;
- mesmo sistema de condicionamento de ar, entretanto deve-se utilizar o COP estabelecido no modelo de referência de acordo com o nível de eficiência pretendido;
- quando o edifício for condicionado, o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os requisitos estabelecidos nos itens 5.4.1 a 5.4.8 de acordo com o nível de eficiência almejado.

6.2.1.2 Modelo do Edifício Real

O modelo que representa o edifício real deve:

- utilizar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto (transmitância de paredes e coberturas; tipo de vidro, PAF_T , absorvância de paredes e coberturas, AVS, AHS...)
- no caso do edifício real possuir diferentes sistemas de condicionamento de ar, todos os diferentes sistemas existentes de cada zona térmica devem ser representados;

- a instalação do Sistema de Condicionamento de Ar deve atender aos requisitos do Item 5 em função do nível de classificação (A, B, C, D ou E);
- no caso do edifício real possibilitar o uso do sistema de condicionamento de ar em somente alguns períodos do ano, a simulação poderá incluir a opção de abertura de janelas com ventilação natural nestas áreas consideradas condicionadas, desde que seja comprovado conforto térmico (de acordo com o item 6.2.2) no período total em que o sistema de condicionamento de ar não foi utilizado nas horas de ocupação;
- utilizar a Densidade de Potência de Iluminação do projeto proposto;
- considerar os dispositivos de sombreamento quando os mesmos estiverem acoplados no edifício proposto.

6.2.1.3 Modelo do Edifício de Referência

O modelo de referência deve ser simulado, considerando que:

- a envoltória deve atingir o nível de classificação pretendido através do método descrito no item 3. Deve-se utilizar a equação cuja volumetria indicada seja semelhante à do projeto e adotar o valor de IC do limite máximo do intervalo do nível de classificação almejado. Caso o fator de forma do edifício projetado esteja acima ou abaixo do Fator de Forma limite da equação, deve-se utilizar o valor limite;
- na classificação geral, o modelo de referência deve atingir o nível de eficiência pretendido de acordo com a distribuição dos pesos na equação de classificação geral, equação 2.1.
- devem ser utilizados os valores máximos de transmitância térmica e de absorptância solar para o nível de eficiência pretendido, definidos no item 3.1 de pré-requisitos da envoltória;
- deve-se adotar um PAF_T calculado de acordo com os itens abaixo:
 - a) utilizar a fórmula do IC do item 3.2 referente à envoltória do edifício proposto de acordo com a Zona Bioclimática da localização do edifício;
 - b) adotar $AVS=0$ e $AHS=0$;
 - c) adotar um vidro simples 3mm, com um fator solar de 0,87;

- d) o valor de PAF_T deve ser o maior possível para o nível de eficiência pretendido.
- no caso de existir iluminação zenital, para PAZ maior que 5% no modelo real visando eficiências da envoltória A ou B, o modelo de referência deve possuir PAZ de 2% com vidro claro de fator solar de 0,87;
 - a Densidade de Potência de Iluminação deve ser modelada dentro dos limites máximos da tabela 4.1 (item 4), em função dos índices de ambiente e do nível de eficiência almejado (A, B, C, D ou E), e deve ser calculada para cada ambiente separadamente;
 - deve-se adotar o mesmo Sistema de Condicionamento de Ar proposto no Modelo Real, sendo que a eficiência do sistema deve estar de acordo com as tabelas do Item 5 em função do nível de classificação pretendido (A, B, C, D ou E);

6.2.2. Edifícios naturalmente ventilados ou não condicionados

Para edifícios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. A Tabela 6.1 indica o equivalente numérico a ser usado na equação 2.1, que pode variar de acordo com o percentual de horas ocupadas em conforto (POC) que foi alcançado na simulação.

Mais de um EqNumV para diferentes ANC (área de piso de ambientes de permanência prolongada não condicionados) podem ser usados na equação.

Tabela 6.1: Equivalentes numéricos para ventilação natural.

Percentual de Horas Ocupadas em Conforto	EqNumV	Classificação Final
$POC \geq 80\%$	5	A
$70\% \leq POC < 80\%$	4	B
$60\% \leq POC < 70\%$	3	C
$50\% \leq POC < 60\%$	2	D
$POC \leq 60\%$	1	E

Na documentação apresentada para a etiquetagem, deve-se especificar qual a hipótese de conforto adotada (ASHRAE 55, ISO 7730, etc.), bem como o atendimento às normas da ABNT de conforto acústico vigentes.

Normas Referenciadas

- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Handbook of Fundamentals, 2005. Atlanta, 2005.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2004.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 1999.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 1989.
- ASHRAE Standard 55 - 2004. Thermal Environment Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, Atlanta, 2004.
- ARI – AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI 550/590-2003: Standard for Water Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle. Arlington, 2003.
- ARI – AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI 460-2000: Remote Mechanical Draft Air Cooled Refrigerant Condensers.
- ARI - AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI Standard 210/240 - 2003: Unitary air-conditioning and air source heat pump equipment.
- ARI - AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI Standard 340/360 – 2000: Commercial and industrial unitary air-conditioning and heat pump equipment.
- ANSI/ASHRAE Standard 140-2004 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.
- CTI ATC – 105 -97 – Acceptance Test Code for Water Cooling Towers.
- CTI Standard 201-96 – Standard for Certification of Water Cooling Tower Thermal Performance.
- ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

- ISO 15099 : 2003. Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations.
- ISO 9050 : 2003. Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors.
- NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão. ABNT, 2004.
- NBR 5413 – Iluminância de Interiores. ABNT, 1992.
- NBR12010 Condicionador de ar doméstico - Determinação do coeficiente de eficiência energética. ABNT, 1990.
- NBR 16401 Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. ABNT, 2008.
- NBR 6488 Componentes de construção - Determinação da condutância e da transmitância térmica - Método da caixa quente protegida. ABNT, 1980
- NBR 15215 – Iluminação natural. ABNT, 2005
- NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. ABNT, 2005
- NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT, 2005.
- NBR 6689 - Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais. ABNT, 1981.
- NFRC 201:2004. Procedure for Interim Standard Test Method for Measuring the Solar Heat Gain Coefficient of Fenestration Systems Using Calorimetry Hot Box Methods. National Fenestration Rating Council. USA, 2004.
- Regulamento de avaliação de conformidade para condicionadores de ar.