2.2

Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

RTQ-R

Residencial

PROCEL EDIFICA

Eletrobras

INMETRO

CB3E centro brasileiro de eficiência energética em edificações

Portaria: nº 18/2012

Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - 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 e IV 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° 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 nº 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 o compromisso de atender ao que dispõem a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e o Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, que a regulamenta;

Considerando a obrigação de zelar pela Eficiência Energética das Edificações Residenciais;

Considerando a necessidade de instituir regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de projeto e construção de Edificações Residenciais;

Considerando a necessidade de aperfeiçoamento dos requisitos técnicos ora vigentes para Edificações Residenciais, resolve baixar as seguintes disposições:

Art. 1º Aprovar a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, disponibilizado no sitio *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 da Estrela n.º 67 - 2º andar – Rio Comprido
CEP 20.251-900 – Rio de Janeiro – RJ

Art. 2º Determinar que novas solicitações de etiquetagem de projetos de edificações residenciais devem observar os requisitos técnicos ora aprovados.

Art. 3º Revogar a partir de 5 anos contados da publicação desta Portaria, a Portaria n.º 449, de 25 de novembro de 2010, publicada no Diário Oficial da União de 26 de novembro de 2010, seção 01, página 134.

Art. 4º Determinar que, durante o período de 5 anos descrito no artigo 3º, a Portaria n.º 449/2010 poderá ser utilizada apenas para a inspeção do nível de eficiência da edificação construída, cujo projeto tenha sido etiquetado com base na mesma.

Art. 5º Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação no Diário Oficial da União.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA

REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

ÍNDICE

1 ... DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E UNIDADES 4
2 ... INTRODUÇÃO 15
2.1 Objetivo 15
2.2 Pré-requisito geral 15
2.3 Procedimento para determinação da eficiência 15
2.3.1 Unidades Habitacionais Autônomas 17
2.3.2 Edificações Unifamiliares 18
2.3.3 Edificações Multifamiliares 18
2.3.4 Áreas de uso comum 19
3 ... UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS 22
3.1 Envoltória 22
3.1.1 Pré-requisitos da envoltória 22
3.1.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das superfícies 22
3.1.1.2 Ventilação natural 26
3.1.1.3 Iluminação natural 28
3.1.2 Procedimento para determinação da eficiência da envoltória: Método prescritivo 29
3.1.2.1 Eficiência quando naturalmente ventilada 29
3.1.2.2 Eficiência quando condicionada artificialmente 52
3.1.3 Procedimento para determinação da eficiência da envoltória: Método de simulação 63
3.1.3.1 Pré-requisitos específicos do método de simulação 64
a) Programa de simulação 64
b) Arquivo climático 64
3.1.3.2 Condições para a modelagem da envoltória 65
3.1.3.3 Procedimentos para simulação da edificação naturalmente ventilada 66
3.1.3.4 Procedimentos para simulação da edificação condicionada artificialmente 73
3.1.3.5 Determinação do equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória 74
3.2 Sistema de aquecimento de água 77
3.2.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água 77

3.2.2 Procedimento para determinação da eficiência 78
3.2.2.1 Sistema de aquecimento solar 80
a) Pré-requisitos do sistema de aquecimento solar 80
b) Procedimento para determinação da eficiência: método do dimensionamento 80
c) Procedimento para determinação da eficiência: método de simulação 87
3.2.2.2 Sistema de aquecimento a gás 88
a) Pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás 88
b) Aquecedores a gás classificados pelo PBE 95
c) Aquecedores a gás não presentes no PBE 95
3.2.2.3 Bombas de calor 97
3.2.2.4 Sistema de aquecimento elétrico 98
a) Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas 98
b) Aquecedores elétricos de hidromassagem 98
c) Aquecedores elétricos por acumulação (boiler) 99
3.2.2.5 Caldeiras a óleo 99
3.3 Bonificações 99
3.3.1 Ventilação natural (até 0,40 pontos) 100
3.3.2 Iluminação natural (até 0,30 pontos) 102
3.3.2.1 Método prescritivo 102
3.3.2.2 Método de simulação 102
3.3.3 Uso racional de água (até 0,20 pontos) 103
3.3.4 Condicionamento artificial de ar (até 0,20 pontos) 104
3.3.5 Iluminação artificial (até 0,10 pontos) 104
3.3.6 Ventiladores de teto (0,10 pontos) 105
3.3.7 Refrigeradores (0,10 pontos) 105
3.3.8 Medição individualizada (0,10 pontos) 106
4 ... EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES 107
4.1 Procedimento para determinação da eficiência 107
5 ... EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES 108
5.1 Procedimento para determinação da eficiência 108
6 ... ÁREAS DE USO COMUM 109
6.1 Áreas comuns de uso frequente 109
6.1.1 Pré-requisitos 109
6.1.2 Procedimento para determinação da eficiência 109
6.1.2.1 Iluminação artificial 110
6.1.2.2 Bombas centrífugas 111
6.1.2.3 Elevadores 111
6.2 Áreas comuns de uso eventual 113

6.2.1 Envoltória de áreas comuns de uso eventual 113
6.2.2 Procedimento para determinação da eficiência 114
6.2.2.1 Iluminação artificial 114
6.2.2.2 Equipamentos 114
a) Condicionadores de ar 114
b) Eletrodomésticos e equipamentos 115
6.2.2.3 Sistemas de aquecimento de água 115
a) Sistema de aquecimento de água de chuveiros, torneiras e hidromassagem 115
b) Sistema de aquecimento de piscinas 115
6.2.2.4 Sauna 117
6.3 Bonificações 117
6.3.1 Uso racional de água (até 0,60 pontos) 118
6.3.2 Iluminação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,20 pontos) 118
6.3.3 Ventilação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,20 pontos) 119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 120
ANEXO I – DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS 123
ANEXO II – TABELA DE DESCONTO DAS ESQUADRIAS 134

1 DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E UNIDADES

Para fins deste RTQ são adotadas as seguintes definições, símbolos e unidades:

1.1 Abertura

Todas as áreas da envoltória do edifício, abertas ou com fechamento translúcido ou transparente (que permitam a entrada da luz e/ou ar) incluindo, por exemplo, janelas, painéis plásticos, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro), paredes de blocos de vidro e aberturas zenitais. A área da abertura exclui os caixilhos.

1.2 Abertura para iluminação

Parcela de área do vão que permite a passagem de luz.

1.3 Abertura para ventilação

Parcela de área do vão que permite a passagem de ar.

1.4 Abertura zenital

Abertura na cobertura para iluminação natural. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60º em relação ao plano horizontal. Sua área deve ser calculada a partir da projeção horizontal da abertura.

1.5 Absortância (adimensional)

Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. A absortância é utilizada apenas para elementos opacos, com ou sem revestimento externo de vidro (exclui-se a absortância das parcelas envidraçadas das aberturas).

1.6 Ambiente

Espaço interno de uma edificação, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias piso-teto, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas.

1.7 Ambiente condicionado artificialmente

Ambiente fechado (incluindo fechamento por cortinas de ar) atendido por sistema de condicionamento de ar.

1.8 Ambiente de permanência prolongada

Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados. Não são considerados ambientes de permanência prolongada: cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, solarium, garagem, dentre outros que sejam de ocupação transitória. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados. *Observação: varandas fechadas com vidro, cozinhas ou outros ambientes que não possuam separação através de parede ou divisória até o forro com ambientes de permanência prolongada são considerados extensão dos ambientes contíguos a eles*.

1.9 Área da Abertura (AAb) (m^2)

Área da abertura livre de obstrução por elementos fixos de sombreamento que sejam paralelos ao plano de abertura.

1.10 Áreas de uso comum

Ambientes de uso coletivo de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais.

1.11 Áreas comuns de uso frequente

São consideradas áreas comuns de uso frequente: circulações, *halls*, garagens, escadas, antecâmaras, elevadores, corredores, estacionamento de visitantes, acessos externos ou ambientes de usos similares aos citados. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

1.12 Áreas comuns de uso eventual

São consideradas áreas comuns de uso eventual: salões de festa, piscina, brinquedoteca, banheiros coletivos, bicicletário, quadra poliesportiva, sala de cinema, sala de estudo, sala de ginástica, playground, churrasqueira, sauna e demais espaços coletivos destinados ao

lazer e descanso dos moradores. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

1.13 Área Útil (AU) (m^2)

Área disponível para ocupação, medida entre os limites internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.

1.14 Caixilho

Moldura opaca onde são fixados os vidros de janelas, portas e painéis.

1.15 Capacidade térmica (CT) [kJ/(m^2K)]

Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.

1.16 Cartas solares

Instrumentos para representação da geometria da insolação.

1.17 Cobertura

Parcela da área de fechamentos opacos superiores da edificação, com inclinação inferior a 60º em relação ao plano horizontal.

1.18 Coeficiente de descarga (C_D)

Coeficiente relacionado com as resistências de fluxo de ar encontradas nas aberturas de portas e janelas. É uma função entre a diferença de temperatura do ar, a velocidade e direção do vento e, principalmente, a geometria da abertura. É um coeficiente adimensional relacionado com a taxa de fluxo de ar média que passa pelas aberturas e corresponde à diferença de pressão através delas.

1.19 Coeficiente de fluxo de ar por frestas (C_Q)

Coeficiente relacionado à infiltração, que corresponde ao fluxo de ar que vem do exterior para o interior da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais. Equivale ao coeficiente de descarga de fluxo de ar relativo ao tamanho da abertura.

1.20 Coeficiente de Performance (COP) (W/W)

Definido para as condições de resfriamento ou aquecimento, segundo a ASHRAE 90.1. Para resfriamento: 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: 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.

1.21 Coeficiente de pressão superficial (C_P)

Número adimensional que indica as relações entre as pressões em diferentes pontos das superfícies externas de um sólido. Cada ponto da edificação que sofre pressão do vento possui seus próprios valores de C_P para cada direção de vento. Os valores de C_P dependem da forma da edificação, da direção do vento e da influência de obstruções como edificações vizinhas, vegetação e características locais do terreno.

1.22 Coeficiente de rugosidade do entorno

Valor adimensional relacionado com o perfil de obstrução dos arredores da edificação. Este valor é utilizado para corrigir os dados de velocidade de vento adquiridos em uma estação meteorológica.

1.23 Coletor Solar

Dispositivo que absorve a radiação solar incidente, transferindo-a para um fluido de trabalho sob a forma de energia térmica.

1.24 Consumo relativo para aquecimento (C_A) (kWh/m²)

Consumo anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para aquecimento do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22°C.

1.25 Consumo relativo para refrigeração (C_R) (kWh/m²)

Consumo anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para refrigeração do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 24°C.

1.26 Demanda do elevador em *standby* (W)

Demanda total de energia do elevador no modo *standby*, ou seja, em espera, disponível para serviço. A demanda em *standby* é determinada cinco minutos depois que a última viagem tiver terminado e inclui todos os componentes relevantes em prontidão para operação e manutenção do elevador em *standby*.

1.27 Demanda do elevador em viagem (W)

Demanda total de energia do elevador durante as viagens, com ciclo e carga definidos. A demanda em viagem é determinada por uma viagem de referência com uma carga nominal e cobrindo um ciclo de viagem completo. O ciclo começa com a porta da cabine aberta no primeiro pavimento. A porta fecha e o elevador viaja até o último pavimento onde as portas abrem e fecham uma vez. A cabine viaja de volta ao ponto de origem e o ciclo de medição termina quando as portas da cabine se abrem.

1.28 Demanda específica do elevador em viagem (mWh/(kg.m))

Demanda de energia do elevador em viagem com ciclo de viagem específico, dividido pela carga nominal, em quilogramas e pela distância viajada, em metros.

1.29 Dispositivo de proteção solar

Elementos externos que proporcionam sombreamento nas aberturas dos ambientes de permanência prolongada, tais como venezianas, persianas, brises e cobogós.

1.30 Edificação Multifamiliar

Edificação que possui mais de uma unidade habitacional autônoma (UH) em um mesmo lote, em relação de condomínio, podendo configurar edifício de apartamentos, sobrado ou grupamento de edificações. (Observação: casas geminadas ou "em fita", quando situadas no mesmo lote, enquadram-se nesta classificação). Estão excluídos desta categoria hotéis, motéis, pousadas, apart-hotéis e similares.

1.31 Edificação Residencial

Edificação utilizada para fins habitacionais, que contenha espaços destinados ao repouso, alimentação, serviços domésticos e higiene, não podendo haver predominância de atividades como comércio, escolas, associações ou instituições de diversos tipos, prestação de serviços, diversão, preparação e venda de alimentos, escritórios e serviços de hospedagem, sejam eles hotéis, motéis, pousadas, apart-hotéis ou similares. No caso de edificações de uso misto, que possuem ocupação diversificada englobando mais de um uso, estes devem ser avaliados separadamente.

1.32 Edificação Unifamiliar

Edificação que possui uma única unidade habitacional autônoma (UH) no lote.

1.33 Eficiência luminosa (η) (lm/W)

Quociente entre fluxo luminoso emitido, em lumens, pela potência consumida, em Watts.

1.34 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

Etiqueta concedida a produtos e edificações com eficiência avaliada através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

1.35 Envoltória (Env)

Conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem. Não estão incluídos pisos, estejam eles ou não em contato com o solo.

1.36 EqNum - Equivalente numérico

Número representativo da eficiência ou do desempenho de um sistema.

1.37 EqNumAA - Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água

Número representativo da eficiência do sistema de aquecimento de água.

1.38 EqNumB - Equivalente numérico das bombas centrífugas

Número representativo da eficiência das bombas centrífugas.

1.39 EqNumElev - Equivalente numérico dos elevadores

Número representativo da eficiência energética dos elevadores.

1.40 EqNumEnv - Equivalente numérico da envoltória

Número representativo do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma. Pode ser desempenho para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnv_{A}$) ou para ambientes condicionados artificialmente ($EqNumEnv_{Refrig}$).

1.41 EqNumEnvAmb - Equivalente numérico da envoltória do ambiente

Número representativo do desempenho térmico da envoltória de um ambiente de permanência prolongada. Pode ser desempenho para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_{A}$) ou para ambientes condicionados artificialmente ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

1.42 EqNumEq – Equivalente numérico dos equipamentos

Número representativo da eficiência dos equipamentos.

1.43 EqNumIlum - Equivalente numérico do sistema de iluminação artificial

Número representativo da eficiência do sistema de iluminação artificial.

1.44 EqNumS – Equivalente numérico da sauna

Número representativo da eficiência da sauna.

1.45 Fachada

Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60º em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, translúcidas, transparentes e vazadas.

1.46 Fachada Leste

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 90º em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45º a + 45º em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Leste.

1.47 Fachada Norte

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 0º a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45º a + 45º em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Norte.

1.48 Fachada Oeste

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270º em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45º a + 45º em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Oeste.

1.49 Fachada Sul

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 180º em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45º a + 45º em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Sul.

1.50 Fração solar

Parcela de energia requerida para aquecimento da água que é suprida pela energia solar, em média anual.

1.51 Graus-hora de resfriamento

Somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base, quando a primeira está acima da temperatura de base.

1.52 Indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R)

Indicador de desempenho térmico da envoltória da edificação naturalmente ventilada, baseado no método dos graus-hora, que utiliza uma temperatura base, independente de temperaturas de conforto, consistindo em uma temperatura de referência para comparações. Neste RTQ, o indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura de base de 26°C para resfriamento. O cálculo é realizado através da temperatura operativa do ambiente.

1.53 Organismo de Inspeção Acreditado (OIA)

Pessoa jurídica, de direito público ou privado, que obteve o reconhecimento formal da Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro quanto à sua competência para realizar os serviços de inspeção de projeto e/ou de edificações construídas para determinar o nível de eficiência energética da edificação, tendo como base o RTQ-R.

1.54 Padrão de Ocupação (h)

Número de horas em que um determinado ambiente é ocupado, considerando a dinâmica da edificação (dias de semana e final de semana).

1.55 Padrão de Uso (h)

Número de horas em que um determinado equipamento é utilizado.

1.56 Paredes externas

Superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação. Esta definição exclui as aberturas.

1.57 Pilotis

Consiste na área aberta, sustentada por pilares, que corresponde à projeção da superfície do pavimento imediatamente acima.

1.58 Pontuação Total (PT)

Pontuação total alcançada pela edificação.

1.59 Porosidade

Relação entre as áreas efetivamente abertas para ventilação e as áreas impermeáveis à passagem do vento.

1.60 Potencial de ventilação

Critério que visa avaliar a existência de condições que potencializem o escoamento do vento através dos edifícios, favorecendo a utilização da ventilação natural como estratégia de resfriamento passivo nos ambientes de longa permanência.

1.61 Profundidade do ambiente (P) (m)

Distância entre a parede que contém a(s) abertura(s) para iluminação e a parede oposta a esta.

1.62 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

Programa de conservação de energia que atua através de etiquetas informativas, com o objetivo de alertar o consumidor quanto à eficiência energética dos principais produtos consumidores de energia comercializados no país.

1.63 Resistência térmica total (R_T) [(m^2K)/W]

Somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais, interna e externa.

1.64 Temperatura operativa (T_o) (^oC)

Valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente.

1.65 Transmitância à radiação solar

Quociente da taxa de radiação solar que atravessa um elemento pela taxa de radiação solar incidente sobre este mesmo elemento.

1.66 Transmitância térmica (U) [W/(m^2K)]

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; neste caso, dos vidros e dos componentes opacos das paredes externas e 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 ou determinada através do método da caixa quente protegida da NBR 6488.

1.67 Unidade Habitacional Autônoma (UH)

Bem imóvel destinado à moradia e dotado de acesso independente, sendo constituído por, no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala, podendo estes três últimos ser conjugados. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa).

1.68 Ventilação cruzada

Pode ser considerada em relação a uma unidade habitacional autônoma ou em relação a um determinado ambiente da mesma e depende da configuração do conjunto de aberturas localizadas nas fachadas e/ou coberturas e das aberturas que interligam os diversos ambientes internos.

Ventilação cruzada através de uma unidade habitacional autônoma: caracterizada pelo escoamento de ar entre aberturas localizadas nas fachadas orientadas a barlavento (zonas de sobrepressão onde as aberturas se caracterizam como entradas de ar) e aquelas situadas nas fachadas a sotavento (zonas de subpressão onde as aberturas se caracterizam como saídas de ar), após esse escoamento ter cruzado um ou mais ambientes que se encontrem interligados por aberturas que permitam a circulação do ar entre eles.

Ventilação cruzada através de um ambiente: caracterizada pelo escoamento de ar entre aberturas localizadas em paredes opostas ou adjacentes desse ambiente, desde que sua localização produza um escoamento de ar que cruze diagonalmente os ambientes.

1.69 Zona Bioclimática (ZB)

Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a NBR 15220-3.

2 INTRODUÇÃO

O presente documento especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à eficiência energética. As edificações submetidas a este RTQ devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis. Cabe ressaltar que os Organismos de Inspeção Acreditados (OIAs) e o Inmetro se eximem dos problemas que porventura possam ocorrer com a edificação pela não observância das normas da ABNT.

2.1 Objetivo

Criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares.

2.2 Pré-requisito geral

Para obtenção dos níveis de eficiência A ou B, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, estas devem possuir medição individualizada de eletricidade e água. Estão excluídas deste pré-requisito edificações construídas até a publicação deste RTQ.

2.3 Procedimento para determinação da eficiência

Este RTQ especifica a classificação do nível de eficiência para edificações residenciais, conforme as prescrições descritas nos itens correspondentes:

- Item 3: Unidades Habitacionais Autônomas;
- Item 4: Edificações Unifamiliares;
- Item 5: Edificações Multifamiliares;
- Item 6: Áreas de Uso Comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais.

A etiquetagem de eficiência energética para cada um dos itens acima é feita da seguinte forma:

a) Unidades Habitacionais Autônomas: avaliam-se os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento de água e a eventuais bonificações;

b) Edificação Unifamiliar: aplica-se o procedimento descrito acima para a unidade habitacional autônoma;
c) Edificações Multifamiliares: pondera-se o resultado da avaliação dos requisitos de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação;
d) Áreas de Uso Comum: avaliam-se os requisitos relativos à eficiência do sistema de iluminação artificial, do(s) sistema(s) de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas centrífugas, dos equipamentos e de eventuais bonificações.

De acordo com a pontuação final obtida é atribuída uma classificação que varia do nível A (mais eficiente) ao E (menos eficiente).

O nível de eficiência de cada requisito equivale a um número de pontos correspondentes, atribuídos conforme a Tabela 2.1.

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

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Itens com pontuação em escala têm seu nível de eficiência obtido através da Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
PT ≥ 4,5	A
3,5 ≤ PT < 4,5	B
2,5 ≤ PT < 3,5	C
1,5 ≤ PT < 2,5	D
PT < 1,5	E

2.3.1 Unidades Habitacionais Autônomas

A classificação do nível de eficiência de unidades habitacionais autônomas (UHs) é o resultado da distribuição dos pesos através da Equação 2.1, utilizando os coeficientes da Tabela 2.3, de acordo com a região geográfica na qual a edificação se localiza.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações$$

Equação 2.1 – pontuação total do nível de eficiência da UH

Onde:

PT_{UH}: pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente da Tabela 2.3 adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada;

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente, descrito no item 3.1.2.1 (método prescritivo) ou 3.1.3 (método de simulação) e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória (item 3.1.1);

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, conforme item 3.2;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, definida no item 3.3.

Tabela 2.3: Coeficientes da Equação 2.1

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	**Nordeste**	**Centro-Oeste**	**Sudeste**	**Sul**
a	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

Nota: O coeficiente da Tabela 2.3 deve ser alterado para o valor de 0,65, nas regiões Norte e Nordeste, sempre que houver um sistema de aquecimento de água projetado ou instalado.

Os equivalentes numéricos para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na Tabela 2.1.

O número de pontos obtidos na Equação 2.1 irá definir a classificação final da UH, de acordo com a Tabela 2.2.

Observação: O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória (EqNumEnv) a ser utilizado na Equação 2.1 deve ser o referente à eficiência da envoltória quando naturalmente ventilada, calculado através do item 3.1.2.1 (método prescritivo) ou 3.1.3 (método de simulação) e 3.1.1 (pré-requisitos da envoltória), de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente (item 3.1.2.2) é de caráter informativo. A obtenção do nível A de eficiência quando condicionada artificialmente é obrigatória para obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar, descrita no item 3.3.4 deste RTQ.

2.3.2 Edificações Unifamiliares

A classificação do nível de eficiência de edificações unifamiliares é equivalente ao resultado da classificação da unidade habitacional autônoma.

2.3.3 Edificações Multifamiliares

A classificação do nível de eficiência de edificações multifamiliares é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas.

Observação: Quando da etiquetagem de edificações multifamiliares novas, todas as unidades habitacionais autônomas devem, obrigatoriamente, ser avaliadas. Em edificações existentes pode-se avaliar UHs individualmente.

O número de pontos obtidos com a ponderação irá definir a classificação final da edificação multifamiliar, de acordo com a Tabela 2.2.

2.3.4 Áreas de uso comum

A classificação do nível de eficiência de áreas de uso comum é o resultado da distribuição dos pesos através da Equação 2.2, de acordo com a avaliação dos requisitos apresentados no item 6.

$$PT_{AC} = 0{,}7 \times \frac{\left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + EqNumElev}{2} + 0{,}3 \times \left(\frac{EqNumIlum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS}\right) + Bonificações$$

Equação 2.2 – pontuação total do nível de eficiência das áreas de uso comum

Onde:

PT_{AC}: pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum;

EqNumIlum: equivalente numérico do sistema de iluminação artificial;

PIlum: potência instalada para iluminação;

EqNumB: equivalente numérico das bombas centrífugas;

PB: potência instalada para bombas centrífugas;

EqNumEq: equivalente numérico dos equipamentos;

PEq: potência instalada para equipamentos;

EqNumElev: equivalente numérico dos elevadores;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

PAA: potência instalada para aquecimento de água;

EqNumS: equivalente numérico da sauna;

PS: potência instalada para a sauna;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, definida nos item 6.3;

$_F$: corresponde às áreas comuns de uso frequente;

$_E$: corresponde às áreas comuns de uso eventual.

Na ausência de elevadores, a fórmula a ser aplicada é reduzida à Equação 2.3.

$$PT_{AC} = 0{,}7 \times \left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + 0{,}3 \times \left(\frac{EqNumIlum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS}\right) + Bonificações$$

Equação 2.3 – pontuação das áreas de uso comum na ausência de elevadores

Na ausência de áreas comuns de uso eventual a fórmula a ser aplicada é reduzida à Equação 2.4.

$$PT_{AC} = \frac{\left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + EqNumElev}{2} + Bonificações$$

Equação 2.4 – pontuação das áreas de uso comum na ausência de áreas de uso eventual

Na ausência de áreas comuns de uso eventual e de elevadores a fórmula a ser aplicada é reduzida à Equação 2.5.

$$PT_{AC} = \left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + \text{Bonificações}$$

Equação 2.5 – pontuação das áreas de uso comum na ausência de áreas de uso eventual e elevadores

Observação: pode-se calcular a pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum (PT_{AC}) utilizando o consumo estimado do sistema de iluminação, das bombas centrífugas, dos equipamentos, do sistema de aquecimento de água e da sauna, ao invés da potência, nas Equações 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5, permanecendo a possibilidade de soma das bonificações. Para tanto, os consumos e horas de utilização de todos os equipamentos devem ser justificados. Neste caso, nas equações 2.2 e 2.3 os índices multiplicadores correspondentes às áreas comuns de uso frequente (0,7) e áreas comuns de uso eventual (0,3) devem ser substituídos por 0,5.

O número de pontos obtidos nas Equações 2.2 a 2.5 irá definir a classificação final das áreas de uso comum, de acordo com a Tabela 2.2.

3 UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS

Escopo: Este item tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação do nível de eficiência energética das unidades habitacionais autônomas (UH), que serão utilizadas na classificação das edificações unifamiliares e multifamiliares.

3.1 Envoltória

Esta seção descreve os critérios para avaliação do desempenho da envoltória de unidades habitacionais autônomas.

3.1.1 Pré-requisitos da envoltória

Os pré-requisitos da envoltória são avaliados em cada ambiente separadamente.

3.1.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das superfícies

Os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza, conforme a Tabela 3.1. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C (EqNum= 3) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resf}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_{A}$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

Tabela 3.1: Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas (Fonte: NBR 15.575-4, NBR 15.575-5 e NBR 15220-3)

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m²K)]	Capacidade térmica [kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	Sem exigência	U ≤ 2,30	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	CT ≥ 130
		α > 0,6	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	α ≤ 0,6	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,6	U ≤ 1,50	Sem exigência
ZB7	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	CT ≥ 130
		α > 0,6	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	α ≤ 0,4	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,4	U ≤ 1,50	Sem exigência
ZB8	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	Sem exigência
		α > 0,6	U ≤ 2,50	Sem exigência
	Cobertura	α ≤ 0,4	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,4	U ≤ 1,50	Sem exigência

Nota$_1$: Coberturas com telha de barro sem forro, que não sejam pintadas ou esmaltadas, na Zona Bioclimática 8, não precisam atender às exigências da Tabela 3.1.

Nota$_2$: Na Zona Bioclimática 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores estipulados na Tabela 3.1, desde que a tendam às seguintes exigências: a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver Figura 1), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator de correção da transmitância (FT) indicado pela Equação 3.1.

$$FT = 1{,}17 - 1{,}07 \cdot h^{-1{,}04}$$

Equação 3.1 – fator de correção da transmitância

Onde:

FT: fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da Zona Bioclimática 8;

h: altura da abertura em dois beirais opostos (cm).

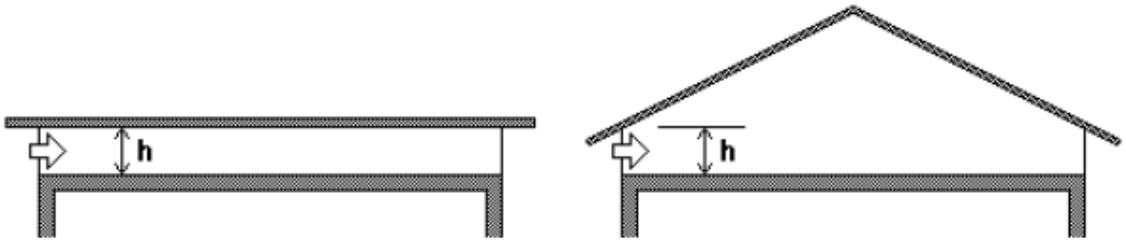


Figura 1: Abertura (h) em beirais para ventilação do ático

As seguintes considerações são feitas em relação à absortância solar e à transmitância térmica:

a) Considerações sobre a transmitância térmica das superfícies externas que compõem os ambientes

- coberturas de garagens, casa de máquinas e reservatórios de água não são considerados para o cálculo da transmitância térmica da cobertura;
- a transmitância térmica a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das transmitâncias de cada parcela das paredes externas (excluindo aberturas), ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam;
- aberturas zenitais com até 2% da área da cobertura devem ser desconsideradas na ponderação da transmitância térmica;
- os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de transmitância de coberturas. Pilotis e varandas são exemplos deste item.

b) Considerações sobre a absortância solar das superfícies externas que compõem os ambientes

- coberturas vegetadas (teto jardim) não precisam atender ao pré-requisito de absortância;
- a absortância solar a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das absortâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam, excluindo a absortância das áreas envidraçadas das aberturas.

  Observação: recomenda-se utilizar os valores de absortância resultantes de medições realizadas de acordo com as normas da ASTM E1918-06, ASTM E903-96 e ASHRAE 74-1988. A NBR 15220–2 fornece valores indicativos de absortância.
- aberturas zenitais com até 2% da área da cobertura devem ser desconsideradas na ponderação da absortância solar;
- os pisos de áreas sem fechamentos laterais localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de absortância solar de coberturas. Pilotis e varandas são exemplos deste item;
- nas fachadas envidraçadas onde exista parede na face interna do vidro deve-se considerar um dos casos abaixo:

  i. vidro em contato direto com a parede: a absortância total é igual à absortância do vidro somada ao produto entre a transmitância à radiação solar do vidro e absortância da parede, conforme a Equação 3.2.

$$\alpha = \alpha_{vidro} + \left(\tau_{vidro} \times \alpha_{parede}\right)$$

Equação 3.2 – absortância total

  ii. câmara de ar entre a parede e o vidro: a absortância da superfície é igual ao produto do fator solar do vidro pela absortância da parede, conforme a Equação 3.3.

$$\alpha = FS_{vidro} \times \alpha_{parede}$$

Equação 3.3 – absortância da superfície

- não fazem parte da ponderação de áreas para o cálculo da absortância:
    i. aberturas;
    ii. fachadas construídas na divisa do terreno, desde que encostadas em outra edificação;
    iii. áreas cobertas por coletores ou painéis solares;
    iv. paredes externas ou coberturas permanentemente sombreadas, sem considerar o sombreamento do entorno.

3.1.1.2 Ventilação natural

As UHs devem atender aos seguintes pré-requisitos de ventilação natural:

a) Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação

Ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação, conforme a Tabela 3.2. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C (EqNum = 3) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$).

Tabela 3.2: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente (Fonte: adaptado de NBR 15575–4)

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A)		
	ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	A ≥ 8%	A ≥ 5%	A ≥ 10%

Nota: Nas ZB 1 a 7 e nas cidades que possuam médias mensais das temperaturas mínimas abaixo de 20°C, as aberturas para ventilação devem ser passíveis de fechamento durante o período de frio (excetuam-se as áreas de ventilação de segurança como as relativas às instalações de gás).

O percentual de abertura para ventilação (A) é calculado de acordo com a Equação 3.4.

$$A = 100 \,.\left(\frac{\mathrm{A_V}}{\mathrm{AU_{amb}}}\right)$$

Equação 3.4 – percentual de abertura para ventilação

Onde:

A: percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (%);

A_V: área de abertura para ventilação (m^2).

AU_{amb}: área útil do ambiente (m^2).

Considerações sobre o percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação:

- A Tabela de Desconto das Esquadrias (Anexo II) pode ser utilizada para a determinação da área de abertura para ventilação. No caso de esquadrias não contempladas no Anexo II, deve-se calcular a área efetiva de abertura para ventilação, desconsiderando os caixilhos;
- Aceita-se banheiros cujas aberturas estejam voltadas para prismas ou poços de ventilação, desde que atendam aos percentuais da Tabela 3.2. O mesmo é válido para banheiros ventilados pelo forro;
- Para dormitórios com área superior a 15,00 m^2, o pré-requisito deve ser atendido para 15,00 m^2. A área restante não precisa ser contabilizada para o pré-requisito;
- A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada.
- Para a UH atingir nível A, pelo menos 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, deve possuir ventilação natural. O não atendimento a este pré-requisito implica em obtenção de no máximo nível B (EqNum = 4) no equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv).

b) Ventilação cruzada

Nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8, a UH deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas compreendido pelas aberturas externas e internas. Portas de acesso

principal e de serviço não serão consideradas como aberturas para ventilação. O projeto de ventilação natural deve promover condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene. As aberturas devem atender à proporção indicada na Equação 3.5. Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$).

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0{,}25$$

Equação 3.5 – proporção das aberturas para ventilação natural

Onde:

A_1: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m);

A_2: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m).

3.1.1.3 Iluminação natural

O acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% da área útil do ambiente. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C (EqNum=3) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

Considerações sobre a iluminação natural

- A Tabela de Desconto das Esquadrias (Anexo II) pode ser utilizada para a determinação da área de abertura para iluminação natural. No caso de esquadrias não contempladas no Anexo II, deve-se calcular a área efetiva de abertura para iluminação, desconsiderando os caixilhos;
-

- Para dormitórios com área superior a 15,00 m^2, o pré-requisito deve ser atendido para 15,00 m^2. A área restante não precisa ser contabilizada para o pré-requisito.
- A área de corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo a algum ambiente de permanência prolongada.

3.1.2 Procedimento para determinação da eficiência da envoltória: Método prescritivo

Neste método, o desempenho térmico da envoltória da UH é determinado pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv), estabelecido através das equações de regressão múltipla para unidades habitacionais autônomas, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada.

O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória a ser utilizado para o cálculo da pontuação geral da UH (Equação 2.1) deve ser o referente à eficiência quando naturalmente ventilada, calculado através do item 3.1.2.1 e após verificados os pré-requisitos da envoltória (item 3.1.1), de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada.

O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente (item 3.1.2.2) é de caráter informativo. A obtenção do nível A de eficiência neste item é obrigatória caso se deseje obter a bonificação de condicionamento artificial de ar, descrita no item 3.3.4 deste RTQ.

3.1.2.1 Eficiência quando naturalmente ventilada

O procedimento para obtenção do nível de eficiência da envoltória da UH quando naturalmente ventilada é descrito nos itens “a” a “f”.

a) Cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento

Calcula-se o indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada:

- Zona Bioclimática 1: Equação 3.11;
- Zona Bioclimática 2: Equação 3.13;
- Zona Bioclimática 3: Equação 3.15;
- Zona Bioclimática 4: Equação 3.17;
- Zona Bioclimática 6: Equação 3.19;
- Zona Bioclimática 7: Equação 3.20;
- Zonas Bioclimáticas 5 e 8: Equação 3.21.

Observação: Os números de graus-horas obtidos através das equações, por se tratarem de valores estimados, são considerados indicadores de graus-hora para resfriamento (GH_R). No caso do resultado obtido ser um número negativo, o indicador deve ser considerado como zero.

b) Cálculo do consumo relativo para aquecimento

Calcula-se o consumo relativo anual para aquecimento (C_A) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada:

- Zona Bioclimática 1: Equação 3.12;
- Zona Bioclimática 2: Equação 3.14;
- Zona Bioclimática 3: Equação 3.16;
- Zona Bioclimática 4: Equação 3.18.

Observação$_1$: O consumo relativo para aquecimento só é calculado para as Zonas Bioclimáticas 1 a 4.

Observação$_2$: O consumo relativo para aquecimento é um indicador utilizado para a avaliação do desempenho da envoltória e não reflete o consumo real do ambiente.

c) Determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento

Determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) e o equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) de cada ambiente de permanência prolongada da UH, através das faixas estabelecidas nas tabelas, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada:

- Zona Bioclimática 1: Tabelas 3.5 e 3.6;
- Zona Bioclimática 2: Tabelas 3.9 e 3.10;
- Zona Bioclimática 3: Tabelas 3.13 e 3.14;
- Zona Bioclimática 4: Tabela 3.17 e 3.18;
- Zona Bioclimática 6: Tabela 3.20;
- Zona Bioclimática 7: Tabela 3.22;
- Zonas Bioclimáticas 5 e 8: Tabela 3.24.

Observação: O equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) só é calculado para as Zonas Bioclimáticas 1 a 4.

d) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para resfriamento

O equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

e) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para aquecimento

O equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento ($EqNumEnv_A$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_A$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

f) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma

Para a ZB1, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.6.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}08 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}92 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.6 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB1

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da UH;

$\mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}}$: equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento;

$\mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$: equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento.

Para a ZB2, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.7.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}44 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}56 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.7 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB2

Para a ZB3, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.8.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}64 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}36 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.8 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB3

Para a ZB4, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.9.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}68 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}32 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.9 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB4

Para ZB5 a ZB8, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.10.

$$\mathrm{EqNumEnv} = \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}}$$

Equação 3.10 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB5 a ZB8

As seguintes variáveis são utilizadas para o cálculo dos indicadores de graus-hora e consumo relativo para a determinação do equivalente numérico de cada Zona Bioclimática:

Ab_L: variável binária que define a existência de abertura voltada para o Leste. Se o ambiente possuir abertura para Leste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_N: variável binária que define a existência de abertura voltada para o Norte. Se o ambiente possuir abertura para Norte o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_O: variável binária que define a existência de abertura voltada para o Oeste. Se o ambiente possuir abertura para Oeste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Ab_S: variável binária que define a existência de abertura voltada para o Sul. Se o ambiente possuir abertura para Sul o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

AAb_L (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste;

AAb_N (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Norte;

AAb_O (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Oeste;

AAb_S (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Sul;

AP_{ambL} (m): área de parede externa do ambiente voltada para o Leste;

AP_{ambN} (m): área de parede externa do ambiente voltada para o Norte;

AP_{ambO} (m): área de parede externa do ambiente voltada para o Oeste;

AP_{ambS} (m): área de parede externa do ambiente voltada para o Sul;

A_{parInt} (m^2): área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas;

AU_{amb} (m): área útil do ambiente analisado;

α_{cob} (adimensional): absortância da superfície externa da cobertura. O valor deve situar-se entre 0,10 e 0,90 ou 0 (zero) quando a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior;

α_{par} (adimensional): absortância externa das paredes externas. O valor deve situar-se entre 0,10 e 0,90;

C_{altura}: coeficiente de altura, calculado pela razão entre o pé-direito e a área útil do ambiente;

cob: variável que define se o ambiente possui fechamento superior voltada para o exterior (cobertura). Se o fechamento superior do ambiente estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero). Para ambientes com parte do fechamento superior voltado para o exterior e parte coberta, a variável "cob" será:

- cob = 0 para fechamento superior de 0 a 25% voltada para o exterior,
- cob = 0,5 para fechamento superior de 25,1 a 75% voltada para o exterior;
- cob = 1 para fechamento superior de 75,1 a 100% voltada para o exterior.

Observação: caso a cobertura do ambiente possuir abertura zenital de mais de 2% da área da cobertura, a avaliação deve ser feita pelo método de simulação ou o ambiente receberá nível E (EqNum = 1) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resf}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

CT_{alta} [kJ/(m K)]: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica alta valores acima de 250 kJ/m K. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica alta o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

CT_{baixa} [kJ/(m K)]: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica baixa valores abaixo de 50 kJ/m K. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica baixa o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

Observação: Caso a capacidade térmica dos fechamentos seja um valor entre 50 kJ/m²K e 250 kJ/m²K deve-se adotar valor 0 (zero) tanto para CT_{baixa} como para CT_{alta}. Em nenhuma circunstância pode-se adotar o valor 1 (um) para CT_{baixa} e CT_{alta} simultaneamente.

CT_{cob} [kJ/(m K)]: capacidade térmica da cobertura. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 1 (um);

CT_{par} [kJ/(m K)]: média ponderada da capacidade térmica das paredes externas e internas do ambiente pelas respectivas áreas;

F_{vent} (adimensional): fator das aberturas para ventilação: valor adimensional proporcional à abertura para ventilação em relação a abertura do vão. Os valores variam de 0 (zero) a 1 (um). Por exemplo, se a abertura para ventilação for igual à abertura do vão, o valor deve ser 1 (um); se a abertura estiver totalmente obstruída, o valor deve ser 0 (zero); se a abertura possibilitar metade da área da abertura para ventilação, deve ser 0,5.

isol: variável binária que representa a existência de isolamento nas paredes externas e coberturas. São consideradas isoladas paredes externas e coberturas que apresentem isolamento térmico e transmitância térmica menor ou igual a 1,00 W/(m K);

P_{ambL} (m): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Leste. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Leste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambN} (m): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Norte. Se o ambiente parede externa voltada para o Norte o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambO} (m): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Oeste. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Oeste o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

P_{ambS} (m): variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Sul. Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Sul o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

PD (m): pé-direito do ambiente analisado;

pil: variável binária que define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis. Se o ambiente estiver sobre pilotis o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero). Para ambientes que possuem parte do piso sobre pilotis, a variável "pil" será:

- pil = 0 para ambientes com 0 a 25% da área sobre pilotis,
- pil = 0,5 para ambientes com 25,1 a 75% da área sobre pilotis;
- pil = 1 para ambientes com 75,1 a 100% da área sobre pilotis.

solo: variável binária que define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno). Se o piso estiver em contato com o solo o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o valor deve ser 0 (zero) . Para ambientes que possuem parte do piso em contato com o solo, a variável "solo" será:

- solo = 0 para ambientes com 0 a 25% da área em contato com o solo,
- solo = 0,5 para ambientes com 25,1 a 75% da área em contato com o solo;
- solo = 1 para ambientes com 75,1 a 100% da área em contato com o solo.

$SomA_{parext}$: somatório das áreas de parede externa do ambiente ($AP_{ambN} + AP_{ambS} + AP_{ambL} + AP_{ambO}$);

- somb: variável que define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas. Os valores possíveis são: somb = 0 (zero), quando não houver dispositivos de proteção solar;
- somb = 1 (um), quando houver venezianas que cubram 100% da abertura quando fechada;
- 0 < somb ≤ 0,5 (de zero a zero vírgula cinco), para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, o percentual de sombreamento deve ser calculado de acordo com o método proposto no Anexo I;
- somb = 0,2 (zero vírgula dois) para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, desde que os ângulos de sombreamento alpha (α) e gama (γ) atendam aos limites de ângulo mínimos para Norte, Sul, Leste e Oeste estabelecidos pelas seguintes equações:
    - Limite para α ou γ Norte = 23,5º + Lat
    - Limite para α ou γ Sul = 23,5º + Lat
    - Limite para α ou γ Leste e Oeste = 45º

Sendo:

Lat - valor absoluto da Latitude do local (valores negativos para o hemisfério Sul);

α - ângulo de altitude solar a normal da fachada que limita a proteção solar;

γ - ângulo da altura solar perpendicular a normal da fachada que limita as laterais da proteção solar.

Observação: No caso de dormitórios, o dispositivo de sombreamento deve permitir escurecimento em todas as Zonas Bioclimáticas e ventilação nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8 para que "somb" seja igual a 1 (um).

U_{cob} [W/(m K)]: transmitância térmica da cobertura. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente. Se a cobertura do ambiente não estiver voltada para o exterior o valor deve ser 0 (zero);

U_{par} [W/(m K)]: transmitância térmica das paredes externas. Deve ser calculada considerando-se todas as camadas entre o interior e o exterior do ambiente;

U_{vid} [W/(m K)]: transmitância térmica do vidro;

vid: variável binária que indica a existência de vidro duplo no ambiente. Se o ambiente possuir vidro duplo o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

volume (m^3): volume do ambiente, obtido através da multiplicação entre o pé-direito e a área útil do ambiente.

Zona Bioclimática 1 (exemplo: cidade de Curitiba-PR)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.11, utilizando as constantes da Tabela 3.3.

$$GH_R = (a) + (b \text{ X } CT_{baixa}) + (c \text{ X } PD/AU_{amb}) + (d \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + [e \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}] + (f \text{ X somb}) + (g \text{ X } CT_{cob}) + (h \text{ X } \alpha_{cob}) + (i \text{ X } AAb_O \text{ X } (1\text{-somb})) + (j \text{ X isol}) + (k \text{ X solo}) + (l \text{ X } Ab_S) + [m \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}] + (n \text{ X } F_{vent}) + (o \text{ X } CT_{par}) + (p \text{ X pil}) + (q \text{ X cob X } AU_{amb}) + (r \text{ X vid}) + (s \text{ X cob}) + (t \text{ X } Ab_O) + (u \text{ X } AAb_N \text{ X somb}) + (v \text{ X } AU_{amb}) + (w \text{ X PD}) + (x \text{ X solo X } AU_{amb}) + (y \text{ X } AAb_L \text{ X } F_{vent}) + (z \text{ X } AP_{ambN} \text{ X } \alpha_{par}) + (aa \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (ab \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par}) + (ac \text{ X } AAb_S \text{ X somb}) + (ad \text{ X } AAb_O \text{ X somb}) + (ae \text{ X } AP_{ambS} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (af \text{ X } \alpha_{par}) + (ag \text{ X } CT_{alta}) + (ah \text{ X } U_{par}) + (ai \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent}) + (aj \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (ak \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par}) + (al \text{ X } P_{ambN}) + (am \text{ X } Ab_N)$$

Equação 3.11 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB1

Tabela 3.3: Constantes da Equação 3.11

a	94,0522	k	-54,3782	u	5,4197	ae	0,4732
b	123,0188	l	-13,7824	v	-0,8241	af	15,3256
c	164,3781	m	0,2637	w	6,9951	ag	16,2345
d	2,6353	n	-35,9380	x	0,4141	ah	-12,2883
e	3,0564	o	-0,0441	y	5,4487	ai	2,6390
f	-66,6721	p	-19,2971	z	-0,1569	aj	1,7745
g	-0,0607	q	-0,9075	aa	2,4596	ak	-0,7678
h	56,9221	r	-16,1623	ab	-1,0187	al	22,1077
i	9,1358	s	50,8387	ac	2,2785	am	-15,7841
j	-32,8413	t	21,8479	ad	2,9537		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.12, utilizando as constantes da Tabela 3.4.

$$C_A = [(a) + (PD \cdot AU_{amb} \cdot b) + (pil \cdot AU_{amb} \cdot c) + (isol \cdot d) + (A_{parInt} \cdot CT_{par} \cdot e) + (solo \cdot AU_{amb} \cdot f) + ((U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{parext} \cdot g) + (cob \cdot AU_{amb} \cdot h) + (AAbS \cdot U_{vid} \cdot i) + (U_{cob} \cdot A_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb} \cdot j) + (\alpha_{par} \cdot k) + (AAbL \cdot U_{vid} \cdot l) + (U_{par} \cdot m) + (AP_{ambS} \cdot n) + (F_{vent} \cdot o) + (CT_{baixa} \cdot p) + (A_{parInt} \cdot q) + (SomA_{parext} \cdot CT_{par} \cdot r) + (vid \cdot s) + ((U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb} \cdot t) + (SomA_{parext} \cdot u) + (AP_{ambN} \cdot \alpha_{par} \cdot v) + (PD \cdot w) + (somb \cdot x) + (AP_{ambS} \cdot \alpha_{par} \cdot y) + (U_{cob} \cdot z) + (CT_{cob} \cdot aa) + (CT_{par} \cdot ab) + (AAbS \cdot ac) + (AAbN \cdot F_{vent} \cdot ad) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot ae) + (A_{pambS} \cdot U_{par} \cdot af) + (AAbO \cdot F_{vent} \cdot ag) + (cob \cdot ah) + (\alpha_{cob} \cdot ai) + (AAbO \cdot U_{vid} \cdot aj) + (AAbN \cdot U_{vid} \cdot ak) + (AP_{ambO} \cdot \alpha_{par} \cdot al) + (AP_{ambL} \cdot \alpha_{par} \cdot am) + (AP_{ambN} \cdot an) + (AAbL \cdot F_{vent} \cdot ao) + (AAbS \cdot F_{vent} \cdot ap) + (solo \cdot aq) + (pil \cdot ar) + (AAbL \cdot as) + (AAbO \cdot (1\text{-}somb) \cdot at) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot au) + (AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot av) + (AAbO \cdot aw) + (AAbO \cdot somb \cdot ax) + (PambS \cdot ay) + (AAbN \cdot (1\text{-}somb) \cdot az) + (AAbN \cdot somb \cdot ba) + (AAbN \cdot bb)] / (AU_{amb} \cdot 1000)$$

Equação 3.12 – consumo relativo para aquecimento da ZB1

Tabela 3.4: Constantes da Equação 3.12

a	298.699,563	o	79.769,314	ac	20.177,453	ap	-47.868,104
b	620,640	p	63.010,576	ad	-43.565,157	aq	30.810,932
c	8.314,496	q	6.372,943	ae	3.414,205	ar	27.238,852
d	-198.260,208	r	-3,505	af	3.099,252	as	16.614,694
e	-1,194	s	3.558,661	ag	-48.984,907	at	-16.143,487
f	5.881,999	t	986,593	ah	147.203,116	au	-3.226,219
g	923,941	u	17.709,262	ai	-136.860,726	av	-2.820,982
h	3.090,563	v	-1.889,736	aj	3.541,891	aw	17.484,409
i	4.325,616	w	-75.954,953	ak	3.326,543	ax	-20.536,510
j	-1,728	x	26.362,996	al	-9.946,801	ay	-17.090,252
k	-86.128,150	y	-1.593,427	am	-9.318,630	az	-14.060,875
l	3.777,324	z	4.000,912	an	-9.418,871	ba	-21.052,274
m	-57.706,666	aa	-44,865	ao	-53.392,697	bb	11.212,923
n	-5.503,373	ab	70,681				

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.5 e da Tabela 3.6, respectivamente.

Tabela 3.5: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 1

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 143$
B	4	$143 < GH_R \leq 287$
C	3	$287 < GH_R \leq 430$
D	2	$430 < GH_R \leq 574$
E	1	$GH_R > 574$

Tabela 3.6: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 1

Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 16{,}700$
B	4	$16{,}700 < C_A \leq 33{,}400$
C	3	$33{,}400 < C_A \leq 50{,}099$
D	2	$50{,}099 < C_A \leq 66{,}799$
E	1	$C_A > 66{,}799$

Zona Bioclimática 2 (exemplo: cidade de Santa Maria-RS)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.13, utilizando as constantes da Tabela 3.7.

$$GH_R = (a) + (b\ X\ CT_{baixa}) + (c\ X\ solo\ X\ AU_{amb}) + (d\ X\ somb) + (e\ X\ U_{cob}) + (f\ X\ \alpha_{par}) + (g\ X\ U_{par}) + (h\ X\ PD/AU_{amb}) + (i\ X\ CT_{alta}) + (j\ X\ Ab_S) + (k\ X\ \alpha_{cob}) + (l\ X\ solo) + (m\ X\ F_{vent}) + (n\ X\ CT_{cob}) + (o\ X\ SomA_{par}) + (p\ X\ AU_{amb}) + (q\ X\ U_{cob}\ X\ \alpha_{cob}\ X\ cob\ X\ AU_{amb}) + (r\ X\ vid) + (s\ X\ AAb_O\ X\ (1\text{-}somb)) + (t\ X\ AP_{ambL}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (u\ X\ AP_{ambN}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (v\ X\ pil) + (w\ X\ AAb_L\ X\ (1\text{-}somb)) + (x\ X\ AP_{ambO}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + [y\ X\ (U_{par}\ X\ \alpha_{par}/CT_{par})\ X\ SomA_{par}] + (z\ X\ AP_{ambS}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (aa\ X\ P_{ambN}) + (ab\ X\ Ab_N) + (ac\ X\ AP_{ambN}) + (ad\ X\ cob\ X\ AU_{amb}) + (ae\ X\ AAb_N\ X\ F_{vent}) + (af\ X\ AP_{ambN}\ X\ U_{par}) + [ag\ X\ (U_{cob}\ X\ \alpha_{cob}/CT_{cob})\ X\ AU_{amb}] + (ah\ X\ AAb_L\ X\ somb) + (ai\ X\ AAb_O) + (aj\ X\ PD) + (ak\ X\ AAb_S\ X\ somb) + (al\ X\ AAb_N\ X\ somb) + (am\ X\ A_{parInt}) + (an\ X\ AP_{ambN}\ X\ \alpha_{par}) + (ao\ X\ AAb_S) + (ap\ X\ AP_{ambS}\ X\ U_{par}) + (aq\ X\ AAb_S\ X\ F_{vent}) + (ar\ X\ isol) + (as\ X\ A_{parInt}\ X\ CT_{par}) + (at\ X\ P_{ambO}) + (au\ X\ AP_{ambO}) + (av\ X\ Ab_O)$$

Equação 3.13 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB2

Tabela 3.7: Constantes da Equação 3.13

a	6000,8491	m	-1460,7816	y	-4,0776	ak	109,2535
b	2386,2991	n	-0,5852	z	40,8156	al	63,5351
c	-14,3895	o	17,1399	aa	1631,2619	am	6,2899
d	-2377,3152	p	-17,4787	ab	-965,5409	an	-74,6509
e	-134,9247	q	64,3714	ac	-21,6288	ao	-89,8677
f	1905,8260	r	-433,2762	ad	-11,3058	ap	-14,2651
g	374,3660	s	61,6169	ae	43,1130	aq	66,7633
h	5560,6203	t	44,0963	af	-44,4243	ar	-348,4968
i	-934,7427	u	108,6003	ag	7,8959	as	-0,0022
j	-714,8608	v	-314,5094	ah	80,4137	at	1010,6465
k	2112,5740	w	84,7338	ai	63,1816	au	-58,4028
l	-1614,9760	x	36,2855	aj	-269,4569	av	-441,3903

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.14, utilizando as constantes da Tabela 3.8.

$$C_A = [(a) + (PD \cdot AU_{amb} \cdot b) + (CT_{baixa} \cdot c) + (pil \cdot AU_{amb} \cdot d) + (isol \cdot e) + (PambS \cdot f) + (A_{parInt} \cdot CT_{par} \cdot g) + ((U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{parext} \cdot h) + (\alpha_{par} \cdot i) + ((U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb} \cdot j) + (AAbN \cdot F_{vent} \cdot k) + (solo \cdot AU_{amb} \cdot l) + (cob \cdot AU_{amb} \cdot m) + (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb} \cdot n) + (AU_{amb} \cdot o) + (AAbS \cdot U_{vid} \cdot p) + (U_{par} \cdot q) + (AAbL \cdot U_{vid} \cdot r) + (AP_{ambS} \cdot s) + (SomA_{parext} \cdot CT_{par} \cdot t) + (A_{parInt} \cdot u) + (AP_{ambN} \cdot \alpha_{par} \cdot v) + (vid \cdot w) + (CT_{cob} \cdot x) + (cob \cdot y) + (CT_{par} \cdot z) + (\alpha_{cob} \cdot aa) + (AP_{ambS} \cdot \alpha_{par} \cdot ab) + (AAbS \cdot ac) + (A_{pambN} \cdot U_{par} \cdot ad) + (A_{pambS} \cdot U_{par} \cdot ae) + (pil \cdot af) + (PD / AU_{amb} \cdot ag) + (AAbO \cdot F_{vent} \cdot ah) + (AAbO \cdot U_{vid} \cdot ai) + (solo \cdot aj) + (somb \cdot ak) + (SomA_{parext} \cdot al) + (AAbN \cdot U_{vid} \cdot am) + (AAbN \cdot an) + (AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot ao) + (AAbL \cdot F_{vent} \cdot ap) + (AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par} \cdot aq) + (AP_{ambN} \cdot ar) + (CT_{alta} \cdot as) + (AAbO \cdot at) + (AP_{ambL} \cdot \alpha_{par} \cdot au) + (AP_{ambO} \cdot \alpha_{par} \cdot av) + (AAbS \cdot somb \cdot aw) + (AAbS \cdot (1\text{-}somb) \cdot ax)] / (AU_{amb} \cdot 1000)$$

Equação 3.14 - consumo relativo para aquecimento da ZB2

Tabela 3.8: Constantes da Equação 3.14

a	241.750,739	n	-1,135	aa	-63.182,966	am	1.579,388
b	2.596,578	o	-4.948,355	ab	-914,099	an	-7.565,449
c	48.773,966	p	2.298,395	ac	5.547,583	ao	-1.763,732
d	4.579,321	q	-30.991,823	ad	2.189,335	ap	-7.381,679
e	-107.685,313	r	1.937,799	ae	1.814,481	aq	-2.164,848
f	-9.454,813	s	-1.316,292	af	20.607,874	ar	-4.623,174
g	-1,083	t	-2,632	ag	-298.542,715	as	-7.636,798
h	549,605	u	594,611	ah	-10.004,110	at	-2.621,933
i	-55.376,626	v	-1.296,994	ai	1.830,807	au	-3.795,605
j	677,786	w	1.383,905	aj	11.788,638	av	-3.772,944
k	-9.966,523	x	-31,241	ak	7.671,479	aw	-7.024,229
l	1.940,457	y	77.335,684	al	5.175,141	ax	-3.591,401
m	2.200,750	z	59,266				

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.9 e da Tabela 3.10, respectivamente.

Tabela 3.9: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 2

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 2.310$
B	4	$2.310 < GH_R \leq 4.396$
C	3	$4.396 < GH_R \leq 6.481$
D	2	$6.481 < GH_R \leq 8.567$
E	1	$GH_R > 8.567$

Tabela 3.10: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 2

Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 15,591$
B	4	$15,591 < C_A \leq 31,182$
C	3	$31,182 < C_A \leq 46,772$
D	2	$46,772 < C_A \leq 62,363$
E	1	$C_A > 62,363$

Zona Bioclimática 3 (exemplo: cidade de Florianópolis-SC)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.15, utilizando as constantes da Tabela 3.11.

$$GH_R = (a) + (b\ X\ CT_{baixa}) + (c\ X\ \alpha_{cob}) + (d\ X\ somb) + (e\ X\ solo\ X\ AU_{amb}) + (f\ X\ \alpha_{par}) + (g\ X\ PD/AU_{amb}) + (h\ X\ CT_{cob}) + (i\ X\ Ab_S) + (j\ X\ AP_{ambL}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (k\ X\ A_{parInt}\ X\ CT_{par}) + (l\ X\ solo) + (m\ X\ U_{cob}\ X\ \alpha_{cob}\ X\ cob\ X\ AU_{amb}) + (n\ X\ F_{vent}) + (o\ X\ AU_{amb}) + (p\ X\ SomA_{par}) + (q\ X\ AAb_O\ X\ (1\text{-}somb)) + (r\ X\ AAb_L\ X\ F_{vent}) + (s\ X\ CT_{par}) + (t\ X\ AAb_S\ X\ (1\text{-}somb)) + (u\ X\ AP_{ambN}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (v\ X\ pil) + (w\ X\ P_{ambO}) + (x\ X\ AAb_N\ X\ somb) + (y\ X\ Ab_N) + (z\ X\ P_{ambN}) + (aa\ X\ AP_{ambN}) + [ab\ X\ (U_{cob}\ X\ \alpha_{cob}/CT_{cob})\ X\ AU_{amb}] + (ac\ X\ cob\ X\ AU_{amb}) + (ad\ X\ CT_{alta}) + (ae\ X\ U_{cob}) + (af\ X\ AP_{ambS}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (ag\ X\ P_{ambL}) + (ah\ X\ A_{parInt}) + (ai\ X\ PD\ X\ AU_{amb}) + (aj\ X\ P_{ambS}) + (ak\ X\ AAb_S\ X\ F_{vent}) + (al\ X\ AAb_O\ X\ F_{vent}) + (am\ X\ AAb_N\ X\ F_{vent}) + (an\ X\ AP_{ambO}\ X\ U_{par}\ X\ \alpha_{par}) + (ao\ X\ AP_{ambS}) + (ap\ X\ AAb_N\ X\ (1\text{-}somb))$$

Equação 3.15 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB3

Tabela 3.11: Constantes da Equação 3.15

a	836,4188	l	-605,5557	w	399,0021	ah	16,2740
b	1002,2853	m	25,1879	x	2,4466	ai	-20,4181
c	1248,7615	n	-830,6742	y	-379,5777	aj	126,6339
d	-1042,8507	o	34,1620	z	738,1763	ak	51,1530
e	-7,9675	p	-3,3292	aa	-4,2304	al	55,4249
f	1007,6786	q	16,9856	ab	5,5988	am	79,2095
g	2324,8467	r	70,1758	ac	-6,1829	an	15,3351
h	-0,3032	s	-0,0426	ad	-200,9447	ao	26,0925
i	-77,7838	t	-54,1796	ae	-103,1092	ap	-34,7777
j	26,3363	u	14,1195	af	3,8400		
k	-0,0016	v	-114,4985	ag	431,9407		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.16, utilizando as constantes da Tabela 3.12.

$$C_A = [(a) + (b\ X\ CT_{par}) + (c\ X\ AU_{amb}) + (d\ X\ P_{ambS}) + (e\ X\ CT_{baixa}) + (f\ X\ solo) + (g\ X\ pil) + (h\ X\ U_{cob}) + (i\ X\ \alpha_{par}) + (j\ X\ CT_{cob}) + (k\ X\ SomA_{par}) + (l\ X\ AAb_S) + (m\ X\ Ab_N) + [n\ X\ (U_{cob}\ X\ \alpha_{cob}/CT_{cob})\ X\ AU_{amb}] + (o\ X\ CT_{alta}) + (p\ X\ U_{par}) + (q\ X\ F_{vent}) + (r\ X\ cob) + (s\ X\ \alpha_{cob}) + (t\ X\ PD) + (u\ X\ SomA_{parExt}\ X\ CT_{par}) + (v\ X\ AP_{ambN}\ X\ \alpha_{par}) + (w\ X\ AP_{ambS}\ X\ \alpha_{par}) + (x\ X\ PD/AU_{amb})]/1000$$

Equação 3.16 – consumo relativo para aquecimento da ZB3

Tabela 3.12: Constantes da Equação 3.16

a	6981,8136	g	2479,9604	m	-543,4286	s	-3315,0119
b	0,3717	h	394,0458	n	14,0555	t	1262,6737
c	-122,4306	i	-2521,9122	o	-1583,9814	u	-0,0219
d	1557,3444	j	-1,2280	p	990,0915	v	-75,9370
e	2109,4866	k	65,4370	q	-1111,1099	w	-80,3345
f	2802,3931	l	131,7352	r	4323,9241	x	-15281,1938

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.13 e da Tabela 3.14, respectivamente.

Tabela 3.13: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 3

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 822$
B	4	$822 < GH_R \leq 1.643$
C	3	$1.643 < GH_R \leq 2.465$
D	2	$2.465 < GH_R \leq 3.286$
E	1	$GH_R > 3.286$

Tabela 3.14: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 3

Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 6,429$
B	4	$6,429 < C_A \leq 12,858$
C	3	$12,858 < C_A \leq 19,287$
D	2	$19,287 < C_A \leq 25,716$
E	1	$C_A > 25,716$

Zona Bioclimática 4 (exemplo: cidade de Brasília-DF)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.17, utilizando as constantes da Tabela 3.15.

$$GH_R = (a) + (b \text{ X } CT_{baixa}) + (c \text{ X } \alpha_{cob}) + (d \text{ X somb}) + (e \text{ X } CT_{cob}) + (f \text{ X } PD/AU_{amb}) + (g \text{ X } \alpha_{par}) + (h \text{ X solo}) + (i \text{ X } AAb_S \text{ X } (1\text{-somb})) + (j \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + [k \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}] + (l \text{ X pil}) + (m \text{ X } A_{parInt} \text{ X } CT_{par}) + (n \text{ X } AAb_O \text{ X } (1\text{-somb})) + (o \text{ X } Ab_S) + (p \text{ X } F_{vent}) + (q \text{ X } SomA_{par}) + (r \text{ X } AU_{amb}) + (s \text{ X } CT_{par}) + (t \text{ X cob X } AU_{amb}) + (u \text{ X } Ab_N) + (v \text{ X } P_{ambN}) + (w \text{ X } AP_{ambN}) + (x \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (y \text{ X } P_{ambO}) + (z \text{ X } AAb_L) + (aa \text{ X cob}) + (ab \text{ X } U_{cob}) + (ac \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent}) + (ad \text{ X } P_{ambS}) + (ae \text{ X } P_{ambL}) + (af \text{ X } A_{parInt}) + (ag \text{ X PD X } AU_{amb}) + (ah \text{ X solo X } AU_{amb}) + [ai \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}] + (aj \text{ X } U_{par}) + (ak \text{ X } CT_{alta}) + (al \text{ X } AAb_N \text{ X somb}) + (am \text{ X } AP_{ambS}) + (an \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (ao \text{ X } AAb_L \text{ X } (1\text{-somb}))$$

Equação 3.17 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB4

Tabela 3.15: Constantes da Equação 3.17

a	641,1879	l	-193,7316	w	15,4759	ah	1,7323
b	748,0024	m	0,0004	x	17,4512	ai	0,8130
c	548,8264	n	33,3844	y	452,3534	aj	-177,0105
d	-766,6239	o	-67,8611	z	15,6908	ak	101,9694
e	-0,4332	p	-428,7391	aa	738,0624	al	16,6898
f	1518,1021	q	-10,4357	ab	-302,0291	am	26,9753
g	445,9668	r	15,6972	ac	38,3885	an	8,3558
h	-445,7625	s	-0,3578	ad	60,5649	ao	-13,3692
i	-56,0964	t	-13,1833	ae	289,4002		
j	29,0510	u	-214,2001	af	9,1604		
k	13,4318	v	457,9108	ag	-10,2250		

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 3.18, utilizando as constantes da Tabela 3.16.

$$C_A = [(a) + (b \text{ X } CT_{baixa}) + (c \text{ X } AU_{amb}) + (d \text{ X somb}) + (e \text{ X } AP_{ambS} \text{ X } U_{par}) + [f \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}] + (g \text{ X pil}) + (h \text{ X } \alpha_{par}) + (i \text{ X cob X } AU_{amb}) + (j \text{ X } CT_{alta}) + (k \text{ X } F_{vent}) + (l \text{ X } CT_{cob}) + (m \text{ X cob}) + (n \text{ X } \alpha_{cob}) + (o \text{ X } AAb_S) + (p \text{ X } Ab_N) + (q \text{ X } SomA_{par}) + (r \text{ X solo}) + (s \text{ X } U_{par}) + (t \text{ X } P_{ambN}) + (u \text{ X } U_{cob}) + (v \text{ X } SomA_{parExt} \text{ X } CT_{par}) + (w \text{ X } P_{ambS}) + (x \text{ X } AP_{ambN} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (y \text{ X PD}) + (z \text{ X } AP_{ambS} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (aa \text{ X PD X } AU_{amb})]/1000$$

Equação 3.18 – consumo relativo para aquecimento da ZB4

Tabela 3.16: Constantes da Equação 3.18

a	-384,1715	h	-2161,0869	o	40,9503	v	-0,0169
b	1948,7618	i	12,1332	p	-272,8337	w	851,6260
c	223,8195	j	-267,3459	q	49,0402	x	-34,3625
d	849,5126	k	-1788,6294	r	434,3085	y	1636,1082
e	2,6903	l	-1,0283	s	591,0911	z	-29,7849
f	19,6424	m	4447,7162	t	-120,6000	aa	-104,0720
g	1478,9254	n	-3292,0955	u	-742,1948		

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.17 e da Tabela 3.18, respectivamente.

Tabela 3.17: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 727$
B	4	$727 < GH_R \leq 1.453$
C	3	$1.453 < GH_R \leq 2.180$
D	2	$2.180 < GH_R \leq 2.906$
E	1	$GH_R > 2.906$

Tabela 3.18: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 5{,}838$
B	4	$5{,}838 < C_A \leq 11{,}675$
C	3	$11{,}675 < C_A \leq 17{,}513$
D	2	$17{,}513 < C_A \leq 23{,}350$
E	1	$C_A > 23{,}350$

Zona Bioclimática 6 (exemplo: cidade de Campo Grande-MS)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.19, utilizando as constantes da Tabela 3.19.

$$
\begin{aligned}
GH_R = {} & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times \alpha_{cob}) + (d \times somb) + (e \times solo \times AU_{amb}) \\
& + (f \times \alpha_{par}) + (g \times CT_{alta}) + (h \times PD/AU_{amb}) + (i \times Ab_S) + (j \times SomA_{par}) \\
& + (k \times solo) + (l \times CT_{cob}) + (m \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (n \times P_{ambL}) \\
& + (o \times AAb_S \times (1\text{-}somb)) + (p \times AU_{amb}) + (q \times F_{vent}) \\
& + [r \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (s \times A_{parInt}) + (t \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) \\
& + (u \times P_{ambO}) + (v \times P_{ambN}) + (w \times AP_{ambS} \times U_{par}) \\
& + (x \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (y \times AAb_L \times F_{vent}) + (z \times P_{ambS}) \\
& + (aa \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (ab \times AAb_O \times (1\text{-}somb)) + (ac \times AAb_N \times F_{vent}) \\
& + (ad \times Ab_N) + (ae \times PD \times AU_{amb}) + (af \times AAb_S \times F_{vent}) \\
& + (ag \times AAb_O \times F_{vent}) + (ah \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ai \times CT_{par}) \\
& + (aj \times AAb_N) + (ak \times AAb_O) + (al \times AAb_S) + (am \times PD) + (an \times AAb_L) \\
& + (ao \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (ap \times AP_{ambN} \times U_{par}) + (aq \times AP_{ambN}) \\
& + (ar \times AP_{ambO}) + (as \times Ab_O)
\end{aligned}
$$

Equação 3.19 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB6

Tabela 3.19: Constantes da Equação 3.19

a	2761,0810	m	49,7464	y	353,0820	ak	-158,3389
b	3125,5139	n	1146,8746	z	825,5822	al	-141,7571
c	3942,2575	o	-199,9633	aa	-0,0078	am	614,7558
d	-3602,9301	p	85,3725	ab	49,9509	an	-80,6792
e	-28,7788	q	-2857,6711	ac	431,5161	ao	-636,1284
f	4083,2765	r	16,0537	ad	-1237,0229	ap	-205,4987
g	-1291,1085	s	28,1849	ae	-46,9272	aq	375,6431
h	2391,4019	t	340,8291	af	338,6679	ar	-67,2184
i	-513,1325	u	2184,3602	ag	383,4189	as	-708,5751
j	-0,4197	v	2581,4199	ah	43,0640		
k	-2285,2793	w	15,9464	ai	0,4015		
l	-1,0075	x	61,7515	aj	-156,2399		

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.20.

Tabela 3.20: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 6

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 2.745$
B	4	$2.745 < GH_R \leq 5.489$
C	3	$5.489 < GH_R \leq 8.234$
D	2	$8.234 < GH_R \leq 10.978$
E	1	$GH_R > 10.978$

Zona Bioclimática 7 (exemplo: cidade de Cuiabá-MT)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.20, utilizando as constantes da Tabela 3.21.

$$GH_R = (a) + (b \text{ X somb}) + (c \text{ X } \alpha_{cob}) + (d \text{ X } CT_{baixa}) + (e \text{ X } \alpha_{par}) + (f \text{ X solo X } AU_{amb}) + (g \text{ X } Ab_S) + (h \text{ X } SomA_{par}) + (i \text{ X } CT_{alta}) + (j \text{ X solo}) + (k \text{ X pil X } AU_{amb}) + (l \text{ X } AAb_S \text{ X (1-somb)}) + (m \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (n \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + (o \text{ X } CT_{cob}) + (p \text{ X PD/}AU_{amb}) + (q \text{ X } AP_{ambS}) + (r \text{ X } F_{vent}) + (s \text{ X } A_{parInt} \text{ X } CT_{par}) + (t \text{ X } Ab_N) + (u \text{ X } P_{ambN}) + (v \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (w \text{ X } U_{cob}) + (x \text{ X } AP_{ambN}) + (y \text{ X } AAb_N \text{ X } F_{vent}) + (z \text{ X } AAb_N) + (aa \text{ X } AP_{ambN} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + [ab \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}] + (ac \text{ X } P_{ambL}) + (ad \text{ X } P_{ambO}) + (ae \text{ X } A_{parInt}) + (af \text{ X PD}) + (ag \text{ X } AAb_O \text{ X somb}) + (ah \text{ X cob X } AU_{amb}) + (ai \text{ X cob}) + (aj \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } \alpha_{par}) + (ak \text{ X } CT_{par}) + (al \text{ X } SomA_{parExt} \text{ X } CT_{par}) + (am \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par}) + (an \text{ X } AP_{ambL})$$

Equação 3.20 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB7

Tabela 3.21: Constantes da Equação 3.20

a	16195,9377	k	-25,3375	u	3647,3308	ae	27,0537
b	-6292,1885	l	-298,4915	v	469,8836	af	-693,2786
c	5145,0087	m	94,7187	w	-1341,2948	ag	-99,1571
d	3727,9138	n	110,3609	x	-586,4147	ah	-30,1558
e	8932,3248	o	-0,8985	y	416,5898	ai	1673,3297
f	-52,7262	p	9610,9011	z	-182,6811	aj	-868,5381
g	72,7154	q	-434,0247	aa	63,2490	ak	1,0065
h	520,0973	r	-2302,3773	ab	-5,1944	al	-0,0226
i	-1648,3363	s	-0,0119	ac	2421,0221	am	-279,5554
j	-2738,0873	t	-1806,5932	ad	3114,1878	an	-540,0451

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.22.

Tabela 3.22: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 7

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 12.566$
B	4	$12.566 < GH_R \leq 18.622$
C	3	$18.622 < GH_R \leq 24.679$
D	2	$24.679 < GH_R \leq 30.735$
E	1	$GH_R > 30.735$

Zonas Bioclimáticas 5 e 8 (exemplo: cidade de Salvador-BA)

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) é obtido através da Equação 3.21, utilizando as constantes da Tabela 3.23.

$$GH_R = (a) + (b \text{ X somb}) + (c \text{ X } \alpha_{cob}) + (d \text{ X } \alpha_{par}) + (e \text{ X } CT_{baixa}) + (f \text{ X } P_{ambO}) + (g \text{ X solo X } AU_{amb}) + (h \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (i \text{ X } P_{ambN}) + (j \text{ X pil X } AU_{amb}) + (k \text{ X } AAb_O \text{ X } (1\text{-somb})) + (l \text{ X } F_{vent}) + (m \text{ X } AAb_S \text{ X } (1\text{-somb})) + (n \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + (o \text{ X cob X } AU_{amb}) + (p \text{ X } Ab_N) + (q \text{ X } AP_{ambN}) + (r \text{ X } AP_{ambS}) + (s \text{ X } P_{ambL}) + (t \text{ X } AP_{ambN} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (u \text{ X } Ab_L) + (v \text{ X PD/}AU_{amb}) + (w \text{ X solo}) + (x \text{ X } SomA_{par}) + (y \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (z \text{ X } CT_{cob}) + (aa \text{ X } CT_{alta}) + (ab \text{ X } U_{cob}) + (ac \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } \alpha_{par}) + (ad \text{ X } P_{ambS}) + (ae \text{ X pil}) + (af \text{ X } AAb_L \text{ X } (1\text{-somb})) + (ag \text{ X } AAb_N \text{ X somb}) + (ah \text{ X PD X } AU_{amb}) + (ai \text{ X } A_{parInt}) + (aj \text{ X } AU_{amb}) + (ak \text{ X } AAb_N \text{ X } F_{vent}) + (al \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent}) + (am \text{ X } AAb_L \text{ X } F_{vent}) + (an \text{ X } Ab_S)$$

Equação 3.21 – indicador de graus-hora para resfriamento da ZB8

Tabela 3.23: Constantes da Equação 3.21

a	4957,7051	k	267,5110	u	-1089,0840	ae	-398,7255
b	-4358,3120	l	-1923,1450	v	4861,2191	af	66,4689
c	3875,5023	m	-135,5828	w	-703,1389	ag	-40,6794
d	4833,6329	n	76,0281	x	-3,4004	ah	-78,9077
e	2649,1399	o	-21,8897	y	55,4737	ai	59,9755
f	2224,2664	p	-1503,2234	z	-0,3847	aj	152,9115
g	-19,6341	q	-31,3561	aa	338,3054	ak	98,2787
h	40,0109	r	106,7381	ab	-556,2222	al	112,5051
i	3128,2421	s	1524,3703	ac	91,9860	am	93,0504
j	-15,3035	t	41,4009	ad	340,0819	an	-586,4518

O equivalente numérico da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.24.

Tabela 3.24: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zonas Bioclimáticas 5 e 8

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 5.209$
B	4	$5.209 < GH_R \leq 8.365$
C	3	$8.365 < GH_R \leq 11.520$
D	2	$11.520 < GH_R \leq 14.676$
E	1	$GH_R > 14.676$

3.1.2.2 Eficiência quando condicionada artificialmente

O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, mas deve ser calculado para qualquer edificação, mesmo que naturalmente ventilada. A obtenção do nível A de eficiência neste item é obrigatória para obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar, descrita no item 3.3.4 deste RTQ.

O procedimento para obtenção do nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é descrito nos itens "a" a "c".

a) Cálculo do consumo relativo para refrigeração

Calcula-se o consumo relativo anual para refrigeração (C_R) de cada dormitório (excluindo dormitórios de serviço) através de equações, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada:

- Zona Bioclimática 1: Equação 3.2;
- Zona Bioclimática 2: Equação 3.3;
- Zona Bioclimática 3: Equação 3.24;
- Zona Bioclimática 4: Equação 3.25;
- Zona Bioclimática 6: Equação 3.26;
- Zona Bioclimática 7: Equação 3.27;
- Zonas Bioclimáticas 5 e 8: Equação 3.28.

Observação: O consumo relativo para refrigeração é um indicador utilizado para a avaliação do desempenho da envoltória e não reflete o consumo real do ambiente.

b) Determinação do equivalente numérico dos ambientes para refrigeração

Determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$) dos dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) da UH, através das faixas estabelecidas nas tabelas, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada:

- Zona Bioclimática 1: Tabelas 3.26;
- Zona Bioclimática 2: Tabelas 3.28;
- Zona Bioclimática 3: Tabelas 3.30;
- Zona Bioclimática 4: Tabelas 3.32;
- Zona Bioclimática 6: Tabela 3.34;
- Zona Bioclimática 7: Tabela 3.36;
- Zonas Bioclimáticas 5 e 8: Tabela 3.38.

c) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para refrigeração

O equivalente numérico da envoltória da UH para refrigeração ($EqNumEnv_{Refrig}$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_{Refrig}$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{Amb}).

Zona Bioclimática 1 (exemplo: cidade de Curitiba-PR)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.22, utilizando as constantes da Tabela 3.25.

$$C_R = [(a) + (b \cdot somb) + (c \cdot \alpha_{cob}) + (d \cdot PD) + [e \cdot AAbO \cdot (1\text{-}somb)] + (f \cdot \alpha_{par}) + (g \cdot solo) + (h \cdot CT_{baixa}) + (i \cdot AAbL) + (j \cdot isol) + (k \cdot SomA_{parext}) + [l \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + [m \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{parext}] + (n \cdot cob) + (o \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (p \cdot pil) + [q \cdot AAbL \cdot (1\text{-}somb)] + (r \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (s \cdot CT_{Cob}) + [t \cdot AAbN \cdot (1\text{-}somb)] + (u \cdot AP_{ambO} \cdot \alpha_{par}) + (v \cdot AP_{ambO}) + (w \cdot AP_{ambL} \cdot \alpha_{par}) + (x \cdot AP_{ambL}) + (y \cdot CT_{Alta}) + (z \cdot AU_{amb}) + (aa \cdot U_{COB}) + (ab \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{Cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (AC \cdot AAbS \cdot somb) + (ad.U_{par}) + (ae \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (af \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ag \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ah \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{Par}) + (ai \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par}) + (aj \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) + [ak \cdot AAbS \cdot (1\text{-}somb)] + (al \cdot A_{parInt}) + (am \cdot F_{vent}) + (an \cdot AAbO \cdot U_{vid}) + (ao \cdot PambL) + (ap \cdot vid) + (aq \cdot PD / AU_{amb}) + (ar \cdot SomA_{parext} \cdot CT_{par}) + (as \cdot CT_{par}) + (at \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (au \cdot AAbS) + (av \cdot PambO) + (aw \cdot AAbO \cdot somb) + (ax \cdot AAbL \cdot somb) + (ay \cdot AAbN \cdot F_{vent}) + (az \cdot PambS) + (ba \cdot AbO) + (bb \cdot AAbS \cdot F_{vent}) + (bc \cdot AAbO \cdot F_{vent}) + (bd \cdot AAbL \cdot F_{vent}) + (be \cdot AbL)] / (AU_{amb}.1000)$$

Equação 3.22 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB1

Tabela 3.25: Constantes da Equação 3.22

a	52.352,266	p	-8.228,047	ad	-4.201,769	ar	0,105
b	-8.297,361	q	4.822,842	ae	281,381	as	-4,874
c	70.295,986	r	0,012	af	244,545	at	-30,396
d	-37.491,704	s	9,483	ag	1.144,419	au	-527,458
e	10.008,604	t	2.074,140	ah	909,174	av	-2.931,770
f	-761,356	u	2.051,657	ai	-428,585	aw	579,500
g	-21.119,518	v	-829,433	aj	-376,760	ax	1.143,454
h	-5.086,126	w	1.764,503	ak	1.807,769	ay	2.850,333
i	1.600,800	x	-715,246	al	2.026,467	az	1.073,801
j	-9.600,861	y	-5.944,284	am	-17.388,210	ba	1.215,382
k	2.458,559	z	-1.670,447	an	60,741	bb	2.544,753
l	-343,168	aa	9.402,548	ao	-3.498,808	bc	2.457,084
m	-120,000	ab	-0,190	ap	-1.072,941	bd	2.449,238
n	-56.981,832	ac	425,013	aq	161.893,166	be	-1.600,596
o	631,378						

O consumo relativo para aquecimento de ambientes condicionados artificialmente (C_A) é obtido através da Equação 3.12, utilizando as constantes da Tabela 3.4.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) para refrigeração e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.26 e da Tabela 3.6, respectivamente.

Tabela 3.26: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 1

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 0,713$
B	4	$0,713 < C_R \leq 1,426$
C	3	$1,426 < C_R \leq 2,138$
D	2	$2,138 < C_R \leq 2,851$
E	1	$C_R > 2,851$

Zona Bioclimática 2 (cidade de Santa Maria-RS)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.23, utilizando as constantes da Tabela 3.27.

$$C_R = [(a) + (b \cdot solo) + (c \cdot somb) + (d \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (e \cdot AU_{amb}) + (f \cdot CT_{Baixa}) + (g.\alpha_{par}) + (h \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (i \cdot isol) + (j \cdot AbS) + (k \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (l \cdot A_{parInt}) + [m \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + [n \cdot AAbO \cdot (1\text{-}somb)] + [o \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{parext}] + (p \cdot \alpha_{cob}) + (q \cdot cob) + (r \cdot A_{parInt}) + (s \cdot pil) + [t \cdot AAbL \cdot (1\text{-}somb)] + (u \cdot AAbL \cdot U_{vid}) + (v \cdot AP_{ambO} \cdot \alpha_{par}) + (w \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (x \cdot AP_{ambL} \cdot \alpha_{par}) + (y \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{Par}) + (z \cdot SomA_{parext}) + (aa \cdot CT_{cob}) + (ab \cdot CT_{alta}) + (ac \cdot U_{par}) + (ad \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ae \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (af \cdot U_{cob}) + (ag \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (ah \cdot vid) + (ai \cdot AAbS) + (aj \cdot CT_{par}) + (ak \cdot SomA_{parext} \cdot CT_{par}) + (al \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (am \cdot AAbL) + [an \cdot AAbN \cdot (1\text{-}somb)] + (ao \cdot AP_{ambS}) + (ap \cdot PD) + (aq \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par}) + (ar \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (as \cdot AP_{ambN}) + [at \cdot AAbS \cdot (1\text{-}somb)] + (au \cdot AAbS \cdot somb) + (av \cdot AAbO \cdot somb) + (aw \cdot AAbN \cdot somb) + (ax \cdot AAbN \cdot F_{vent}) + (ay \cdot AAbO \cdot F_{vent}) + (az \cdot AAbS \cdot F_{vent}) + (ba \cdot AAbL \cdot F_{vent})] / (AU_{amb} \cdot 1000)$$

Equação 3.23 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB2

Tabela 3.27: Constantes da Equação 3.23

a	334.629,436	o	-502,764	ab	-26.979,530	ao	1.829,908
b	-64.448,129	p	216.237,847	ac	-22.651,656	ap	39.243,602
c	-47.641,919	q	-189.328,918	ad	1.851,439	aq	507,292
d	6.828,342	r	-6.338,149	ae	1.265,909	ar	887,993
e	-9.991,560	s	-20.904,955	af	31.139,060	as	1.171,248
f	-58.944,896	t	6.790,879	ag	-0,715	at	-8.205,974
g	60.676,473	u	82,051	ah	-11.134,987	au	-12.838,865
h	2.206,074	v	7.137,224	ai	-3.919,778	av	-13.768,032
i	-64.659,132	w	2.793,896	aj	-39,698	aw	-13.562,196
j	-7.680,207	x	5.566,738	ak	0,696	ax	8.224,420
k	-1.979,936	y	1.228,379	al	-410,523	ay	7.765,460
l	0,205	z	-10.012,598	am	-943,432	az	6.299,260
m	-1.217,268	aa	38,174	an	-5.067,412	ba	3.507,485
n	6.762,040						

O consumo relativo para aquecimento de ambientes condicionados artificialmente (C_A) é obtido através da Equação 3.14, utilizando as constantes da Tabela 3.8.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) para refrigeração e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.28 e da Tabela 3.10, respectivamente.

Tabela 3.28: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 2

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 5{,}849$
B	4	$5{,}849 < C_R \leq 11{,}288$
C	3	$11{,}288 < C_R \leq 16{,}727$
D	2	$16{,}727 < C_R \leq 22{,}166$
E	1	$C_R > 22{,}166$

Zona Bioclimática 3 (exemplo: cidade de Florianópolis-SC)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.24, utilizando as constantes da Tabela 3.29.

$$C_R = [(a) + (b \text{ X } PD/AU_{amb}) + (c \text{ X } CT_{baixa}) + (d \text{ X solo}) + (e \text{ X } \alpha_{par}) + (f \text{ X } CT_{cob}) + (g \text{ X somb}) + (h \text{ X } Ab_S) + (i \text{ X } AU_{amb}) + (j \text{ X } SomA_{parExt} \text{ X } CT_{par}) + (k \text{ X pil}) + (l \text{ X cob}) + (m \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + [n \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}] + (o \text{ X cob X } AU_{amb}) + (p \text{ X } Ab_N) + [q \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}] + (r \text{ X } SomA_{par}) + (s \text{ X } \alpha_{cob}) + (t \text{ X } AAb_N \text{ X somb}) + (u \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent}) + (v \text{ X } AAb_L \text{ X } F_{vent}) + (w \text{ X } AAb_O \text{ X } F_{vent}) + (x \text{ X } AAb_S) + (y \text{ X } P_{ambS}) + (z \text{ X } AP_{ambS} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (aa \text{ X } AP_{ambS} \text{ X } \alpha_{par}) + (ab \text{ X } AAb_N \text{ X } F_{vent}) + (ac \text{ X } AAb_N \text{ X } (1\text{-somb}))]/1000$$

Equação 3.24 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB3

Tabela 3.29: Constantes da Equação 3.24

a	7867,8924	i	-79,8228	q	-7,4793	y	-660,4513
b	33900,9915	j	0,0211	r	31,0384	z	73,9340
c	-4066,2367	k	-1185,7252	s	1977,0195	aa	-112,7864
d	-4446,9250	l	-2582,5286	t	16,3096	ab	397,1551
e	6016,2116	m	92,4051	u	641,0082	ac	-247,9866
f	1,8199	n	-14,3024	v	493,2535		
g	-1827,6311	o	-46,8056	w	485,5657		
h	-877,7417	p	-351,0817	x	-199,1908		

O consumo relativo para aquecimento de ambientes condicionados artificialmente (C_A) é obtido através da Equação 3.16, utilizando as constantes da Tabela 3.12.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) para refrigeração e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.30 e da Tabela 3.14, respectivamente.

Tabela 3.30: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 3

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 6,890$
B	4	$6,890 < C_R \leq 12,284$
C	3	$12,284 < C_R \leq 17,677$
D	2	$17,677 < C_R \leq 23,071$
E	1	$C_R > 23,071$

Zona Bioclimática 4 (exemplo: cidade de Brasília)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.25, utilizando as constantes da Tabela 3.31.

$$C_R = [(a) + (b \text{ X } PD/AU_{amb}) + (c \text{ X } \alpha_{par}) + (d \text{ X } CT_{baixa}) + (e \text{ X solo})$$
$$+ (f \text{ X somb}) + (g \text{ X } CT_{cob}) + (h \text{ X pil}) + (i \text{ X } SomA_{par})$$
$$+ [j \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}] + (k \text{ X } AU_{amb}) + (l \text{ X } Ab_S)$$
$$+ (m \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X cob X } AU_{amb}) + [n \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}]$$
$$+ (o \text{ X cob X } AU_{amb}) + (p \text{ X } F_{vent}) + (q \text{ X } U_{cob}) + (r \text{ X } Ab_N) + (s \text{ X } \alpha_{cob})$$
$$+ (t \text{ X cob}) + (u \text{ X PD}) + (v \text{ X } CT_{alta}) + (w \text{ X } SomA_{parExt} \text{ X } CT_{par}) + (x \text{ X } U_{par})$$
$$+ (y \text{ X } CT_{par}) + (z \text{ X solo X } AU_{amb}) + (aa \text{ X } AAb_L \text{ X } F_{vent})$$
$$+ (ab \text{ X } AP_{ambO} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par}) + (ac \text{ X } AP_{ambL} \text{ X } U_{par} \text{ X } \alpha_{par})$$
$$+ (ad \text{ X } AAb_O \text{ X } F_{vent}) + (ae \text{ X } AAb_N \text{ X } F_{vent}) + (af \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent})$$
$$+ (ag \text{ X } AP_{ambL}) + (ah \text{ X } AP_{ambO}) + (ai \text{ X } AAb_N \text{ X (1-somb)}) + (aj \text{ X } AAb_S)$$
$$+ (ak \text{ X } AAb_N \text{ X somb})]/1000$$

Equação 325– consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB4

Tabela 3.31: Constantes da Equação 3.25

a	3981,4663	k	-137,9230	u	1816,6546	ae	689,8511
b	-15076,7771	l	-472,6242	v	-1548,8620	af	633,8283
c	7363,0657	m	93,8017	w	0,0090	ag	-104,6290
d	-1677,3212	n	-28,2586	x	374,0701	ah	-71,1911
e	-3482,4774	o	-26,1204	y	1,4838	ai	-407,3374
f	-3198,2931	p	64,3085	z	-19,4526	aj	-262,8143
g	2,3521	q	1199,4123	aa	501,9220	ak	-223,5018
h	-1650,5225	r	-75,2341	ab	109,5784		
i	47,5077	s	5197,9552	ac	123,3727		
j	-17,5629	t	-5639,0052	ad	382,6185		

O consumo relativo para aquecimento de ambientes condicionados artificialmente (C_A) é obtido através da Equação 3.18, utilizando as constantes da Tabela 3.16.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) para refrigeração e aquecimento são obtidos através da Tabela 3.32 e da Tabela 3.18, respectivamente.

Tabela 3.32: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 4

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição ($kWh/m^2.ano$)
A	5	$C_R \leq 4,155$
B	4	$4,155 < C_R \leq 8,306$
C	3	$8,306 < C_R \leq 12,457$
D	2	$12,457 < C_R \leq 16,608$
E	1	$C_R > 16,608$

Zona Bioclimática 6 (exemplo: cidade de Campo Grande-MS)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.26, utilizando as constantes da Tabela 3.33.

$$C_R = [(a) + (b \text{ X } PD/AU_{amb}) + (c \text{ X } solo) + (d \text{ X } CT_{baixa}) + (e \text{ X } \alpha_{par}) + (f \text{ X } somb) + (g \text{ X } AU_{amb}) + (h \text{ X } CT_{cob}) + (i \text{ X } Ab_S) + (j \text{ X } U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob} \text{ X } cob \text{ X } AU_{amb}) + [k \text{ X } (U_{cob} \text{ X } \alpha_{cob}/CT_{cob}) \text{ X } AU_{amb}] + (l \text{ X } cob \text{ X } AU_{amb}) + (m \text{ X } SomA_{par}) + (n \text{ X } AAb_N \text{ X } F_{vent}) + (o \text{ X } (U_{par} \text{ X } \alpha_{par}/CT_{par}) \text{ X } SomA_{par}) + (p \text{ X } U_{par}) + (q \text{ X } AP_{ambO}) + (r \text{ X } P_{ambL}) + (s \text{ X } pil \text{ X } AU_{amb}) + (t \text{ X } cob) + (u \text{ X } AAb_S \text{ X } F_{vent}) + (v \text{ X } Ab_L) + (w \text{ X } AAb_N) + (x \text{ X } AAb_O \text{ X } somb) + (y \text{ X } AAb_L \text{ X } F_{vent}) + (z \text{ X } AP_{ambL}) + (aa \text{ X } Ab_O)]/1000$$

Equação 3.26 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB6

Tabela 3.33: Constantes da Equação 3.26

a	13909,2235	h	2,7261	o	-13,3478	v	-2140,6566
b	46665,7571	i	-1616,1538	p	1281,4749	w	466,3407
c	-9261,5675	j	205,6890	q	123,9020	x	-234,4874
d	-5499,3027	k	-37,0586	r	4403,4544	y	-470,1515
e	13333,9609	l	-82,9815	s	-23,0408	z	-121,7084
f	-5203,4870	m	37,7512	t	-1432,8902	aa	895,9002
g	-145,8722	n	-461,8360	u	-409,4869		

O equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) para refrigeração é obtido através da Tabela 3.34.

Tabela 3.34: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 6

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 11{,}221$
B	4	$11{,}221 < C_R \leq 20{,}318$
C	3	$20{,}318 < C_R \leq 29{,}414$
D	2	$29{,}414 < C_R \leq 38{,}511$
E	1	$C_R > 38{,}511$

Zona Bioclimática 7 (exemplo: cidade de Cuiabá-MT)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.27, utilizando as constantes da Tabela 3.35.

$$
\begin{aligned}
C_R = {} & [(a) + (b \times AU_{amb}) + (c \times CT_{baixa}) + (d \times PD/AU_{amb}) + (e \times \alpha_{par}) \\
& + (f \times solo) + (g \times somb) + (h \times CT_{cob}) + (i \times SomA_{par}) + (j \times P_{ambS}) \\
& + (k \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (l \times cob) \\
& + [m \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (n \times cob \times AU_{amb}) \\
& + (o \times AAb_S \times (1\text{-}somb)) + (p \times AAb_N \times (1\text{-}somb)) + (q \times pil) \\
& + [r \times (U_{par} \times \alpha_{par}/CT_{par}) \times SomA_{par}] + (s \times PD) + (t \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) \\
& + (u \times AP_{ambS} \times \alpha_{par}) + (v \times AAb_S \times somb) + (w \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) \\
& + (x \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (y \times AAb_L \times (1\text{-}somb)) \\
& + (z \times AAb_O \times (1\text{-}somb)) + (aa \times P_{ambN}) + (ab \times AP_{ambS} \times U_{par}) \\
& + (ac \times AP_{ambN} \times U_{par})]/1000
\end{aligned}
$$

Equação 3.27 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB7

Tabela 3.35: Constantes da Equação 3.27

a	52951,6965	i	225,9018	q	-1374,1983	y	526,4490
b	-391,7722	j	304,1750	r	-11,4855	z	484,6476
c	-12991,2935	k	346,0392	s	-2848,1500	aa	1262,5931
d	113984,3546	l	-4382,5465	t	-534,8389	ab	-68,7791
e	17594,0090	m	-49,4946	u	-677,4260	ac	-51,0466
f	-7463,4905	n	-173,2405	v	-273,7613		
g	-7223,9589	o	-669,8933	w	271,2224		
h	5,0190	p	-397,3214	x	209,4064		

O equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.36.

Tabela 3.36: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 7

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 34,483$
B	4	$34,483 < C_R \leq 52,805$
C	3	$52,805 < C_R \leq 71,126$
D	2	$71,126 < C_R \leq 89,448$
E	1	$C_R > 89,448$

Zonas Bioclimáticas 5 e 8 (exemplo: cidade de Salvador-BA)

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 3.28, utilizando as constantes da Tabela 3.37.

$$C_R = [(a) + (b \times AU_{amb}) + (c \times CT_{baixa}) + (d \times \alpha_{par}) + (e \times PD/AU_{amb}) + (f \times somb) + (g \times CT_{cob}) + (h \times Ab_S) + (i \times SomA_{parExt} \times CT_{par}) + (j \times cob) + (k \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (l \times pil) + (m \times solo) + (n \times cob \times AU_{amb}) + [o \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (p \times P_{ambO}) + (q \times AAb_L \times (1\text{-}somb)) + (r \times U_{cob}) + (s \times PD) + (t \times AAb_S \times somb) + (u \times AAb_N)]/1000$$

Equação 3.28 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB8

Tabela 3.37: Constantes da Equação 3.28

a	43374,7654	g	5,1613	m	-3068,0758	s	-3219,5098
b	-287,0178	h	-2965,0682	n	-183,9582	t	331,0300
c	-12649,4661	i	0,0866	o	-36,3306	u	220,0301
d	14820,5534	j	-1550,7079	p	1556,0344		
e	87889,6684	k	320,4379	q	466,3193		
f	-6883,1330	l	-3447,7812	r	-3114,9823		

O equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente (EqNumEnvAmb) é obtido através da Tabela 3.38.

Tabela 3.38: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zonas Bioclimáticas 5 e 8

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 24,138$
B	4	$24,138 < C_R \leq 38,206$
C	3	$38,206 < C_R \leq 52,274$
D	2	$52,274 < C_R \leq 66,342$
E	1	$C_R > 66,342$

3.1.3 Procedimento para determinação da eficiência da envoltória: Método de simulação

Neste método, o desempenho da envoltória da edificação é determinado por meio de simulação computacional. Para tanto, deve-se modelar a geometria da edificação sob avaliação e realizar simulações para duas condições: uma para a edificação quando naturalmente ventilada e outra para a edificação quando condicionada artificialmente, conforme requisitos descritos a seguir.

O método de simulação compara o desempenho da edificação sob avaliação com os valores de referência das tabelas de classificação dos níveis de eficiência energética da envoltória, disponíveis no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios, cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido.

3.1.3.1 Pré-requisitos específicos do método de simulação

Para o método de simulação devem ser atendidos os pré-requisitos de ventilação natural (item 3.1.1.2), iluminação natural (item 3.1.1.3) e os seguintes pré-requisitos específicos:

a) 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 verificado de acordo com testes propostos pela ASHRAE *Standard* 140 - *-2004: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*.;
- modelar 8.760 horas por ano;
- modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos, rede de ventilação natural e sistemas de condicionamento artificial, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- modelar efeitos de inércia térmica;
- modelar efeitos de multi-zonas térmicas;
- ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar;
- produzir relatórios horários das trocas de ar e das infiltrações;
- produzir relatórios horários do uso final de energia.

b) 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 sob avaliação será locado e, caso o local do projeto não possua arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;
- devem ser utilizados arquivos climáticos disponibilizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (www.eere.energy.gov) ou os arquivos climáticos publicados no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios, em formatos tais como TRY e TMY.

3.1.3.2 Condições para a modelagem da envoltória

A modelagem da envoltória da edificação deve considerar que:

- para as UHs, cada ambiente deve ser modelado como uma única zona térmica, com as características geométricas, propriedades térmicas dos elementos construtivos e orientação conforme o projeto sob avaliação;
- para as edificações multifamiliares de até 10 pavimentos, todas as UHs do pavimento tipo, do térreo e da cobertura devem ser modeladas, com as características geométricas, propriedades térmicas dos elementos construtivos e orientação conforme o projeto sob avaliação. Cada ambiente da UH deve ser modelado como uma zona térmica;
- para as edificações multifamiliares que possuem mais de 10 pavimentos deve-se seguir as orientações do item anterior, com exceção dos pavimentos tipo, que não precisam ser todos modelados: deve-se modelar um pavimento a cada 5 pavimentos tipo;
- os dispositivos de sombreamento devem ser modelados conforme o projeto sob avaliação;
- o ático da cobertura pode ser modelado como uma zona térmica;
- os ambientes comuns das edificações multifamiliares, tais como circulação vertical, corredores, hall de entrada e similares, podem ser modelados agrupados em uma única zona térmica, desde que esta modelagem não interfira na ventilação natural das UHs;
- as garagens que tiverem contato com UHs devem ser simuladas como uma zona térmica.

3.1.3.3 Procedimentos para simulação da edificação naturalmente ventilada

A metodologia de avaliação compara os indicadores de graus-hora de resfriamento (GH_R) dos ambientes de permanência prolongada da UH com os níveis de eficiência das tabelas do arquivo climático utilizado na simulação (as tabelas estão disponíveis no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios). Os indicadores de graus-hora dos ambientes de permanência prolongada do projeto devem ser iguais ou menores que os níveis de eficiência das tabelas. As condições para modelagem do sistema de ventilação natural são apresentadas a seguir.

a) Condições para o cálculo do indicador de graus-hora

Calcular a temperatura operativa horária por meio do programa computacional de simulação ou da Equação 3.29.

$$T_O = A \cdot T_a + (1 - A) \cdot T_r$$

Equação 3.29 – temperatura operativa

Onde:

T_o: temperatura operativa horária (°C);

T_a: temperatura do ar no ambiente (°C);

T_r: temperatura radiante média (°C);

A: constante que varia com a velocidade do ar no ambiente (V_{ar}, em m/s), conforme segue:

A = 0,5 para $V_{ar} \leq 0,2$ m/s;

A = 0,6 para 0,2 m/s < $V_{ar} \leq 0,6$ m/s;

A = 0,7 para 0,6 m/s < $V_{ar} \leq 1,0$m/s.

Observação: Na ausência de dados de velocidade do ar no ambiente deve ser considerado o coeficiente da velocidade do ar de A = 0,5 na Equação 3.29.

A temperatura base para o cálculo dos graus-hora de resfriamento é de 26ºC. Através da Equação 3.30 calcula-se o indicador de graus-hora de resfriamento para a temperatura operativa horária para cada ambiente de permanência prolongada.

$$\mathrm{GH_R} = \sum (T_o - 26℃) \qquad \text{Equação 3.30 – indicador de graus-hora}$$

Onde:

GH_R: indicador de graus-hora para resfriamento;

T_o: temperatura operativa horária (°C).

b) <u>Modelagem do sistema de ventilação natural</u>

A modelagem do sistema de ventilação natural da edificação deve considerar que:

- todos os ambientes da UH que possuem aberturas para ventilação devem ser modelados no sistema de ventilação natural. As aberturas que proporcionam a ventilação (portas e janelas) devem possuir as mesmas coordenadas cartesianas do projeto sob avaliação;
- o coeficiente de rugosidade do entorno (α) deve ser de 0,33, que representa um terreno de centro urbano no qual pelo menos 50% das edificações possuem altura maior que 21 m. Mesmo que a UH não esteja em centro urbano, este valor deve ser utilizado na simulação;

Observação: O valor recomendado é baseado na ASHRAE Handbook of Fundamentals (2009) que estabelece o expoente α = 0,33 e δ = 460 para a camada limite.

- os coeficientes de pressão superficial (C_P) podem ser estimados através de experimentos em túnel do vento, bancos de dados de medições em túnel de vento ou calculados pelas equações de Swami e Chandra (1988) e Akins *et al*. (1979), que estimam os coeficientes de pressão médios das superfícies de edificações baixas e altas,

respectivamente. As bases de dados de coeficientes de pressão recomendadas são *Pressure Database*[1], *C_P Generator*[2] e o CPCALC+;

- o coeficiente de descarga (C_D) para janelas e portas retangulares deve ser de 0,60. Para outros formatos que não retangulares pode-se usar outros valores, desde que justificados;
- o coeficiente do fluxo de ar por frestas (C_Q) para janelas e portas retangulares deve ser de 0,001 kg/s.m e o expoente do fluxo de ar (n) deve ser 0,65. Para outros formatos que não retangulares pode-se usar outros valores, desde que justificados;
- o padrão de uso da ventilação natural pode ser através da estratégia de controle automático, por temperatura ou entalpia. Também há a opção de controlar a ventilação por períodos determinados, através de padrões horários.

Observação: O controle automático por temperatura é realizado através de um padrão de uso de temperatura que controla a abertura das janelas, a qual habilita a abertura da janela quando a temperatura do ar do ambiente (T_{int}) é igual ou superior à temperatura do termostato ($T_{int} \geq T_{termostato}$) e também quando a temperatura do ar do ambiente é superior à temperatura externa ($T_{int} \geq T_{ext}$). Nas simulações do método prescritivo deste RTQ foi adotada a temperatura de termostato ($T_{termostato}$) de 20^oC.

c) *Padrão de ocupação*

O padrão mínimo de ocupação dos dormitórios deve ser de duas pessoas por ambiente e a sala deve ser utilizada por todos os usuários dos dormitórios. Caso exista mais de uma sala ou ambiente de permanência prolongada que não dormitórios, a população descrita na coluna "sala" da Tabela 3.39 pode ser distribuída entre estes ambientes.

Deve ser modelado um padrão de ocupação dos ambientes para os dias de semana e outro para os finais de semana, conforme os horários de ocupação apresentados na Tabela 3.39. A ocupação do ambiente é representada pela porcentagem das pessoas disponíveis no horário.

[1] http://wind.arch.t-kougei.ac.jp/system/eng/contents/code/tpu
[2] www.cpgen.bouw.tno.nl/cp/

Tabela 3.39: Padrão de ocupação para dias de semana e final de semana

Hora	Dormitórios		Sala	
	Dias de Semana (%)	Final de Semana (%)	Dias de Semana (%)	Final de Semana (%)
1 h	100	100	0	0
2 h	100	100	0	0
3 h	100	100	0	0
4 h	100	100	0	0
5 h	100	100	0	0
6 h	100	100	0	0
7 h	100	100	0	0
8 h	0	100	0	0
9 h	0	100	0	0
10 h	0	50	0	0
11 h	0	0	0	25
12 h	0	0	0	75
13 h	0	0	0	0
14 h	0	0	25	75
15 h	0	0	25	50
16 h	0	0	25	50
17 h	0	0	25	50
18 h	0	0	25	25
19 h	0	0	100	25
20 h	0	0	50	50
21 h	50	50	50	50
22 h	100	100	0	0
23 h	100	100	0	0
24 h	100	100	0	0

Em função do tipo de atividade desempenhada em cada ambiente deve ser adotada a taxa metabólica para cada atividade, conforme recomendado na Tabela 3.40. Os valores recomendados para as taxas foram baseados na ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009), considerando uma área de pele média de 1,80 m (equivalente à área de pele de uma pessoa média). Quando a cozinha for ocupada por mais de uma pessoa, somente uma estará com taxa metabólica de 95 W/m , os outros ocupantes podem estar com taxas metabólicas de 60 W/m .

Tabela 3.40: Taxas metabólicas para cada atividade

Ambiente	Atividade realizada	Calor produzido (W/m²)	Calor produzido para área de pele = 1,80 m² (W)
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81

d) Padrão de uso da iluminação

A modelagem deve ser realizada para os ambientes de permanência prolongada, considerando dois padrões de uso da iluminação: um para os dias de semana e outro para os finais de semana, conforme apresentado na Tabela 3.41.

Os valores 100% representam os horários do uso da iluminação e os valores 0% representam que a iluminação do ambiente está desligada.

Caso exista mais de uma sala ou ambiente de permanência prolongada que não dormitórios, o padrão de uso da iluminação descrito na coluna “sala” da Tabela 3.41 deve ser utilizado para estes ambientes.

Tabela 3.41: Padrão de uso da iluminação

Hora	Dormitórios		Sala	
	Dias de Semana (%)	Final de Semana (%)	Dias de Semana (%)	Final de Semana (%)
1 h	0	0	0	0
2 h	0	0	0	0
3 h	0	0	0	0
4 h	0	0	0	0
5 h	0	0	0	0
6 h	0	0	0	0
7 h	100	0	0	0
8 h	0	0	0	0
9 h	0	100	0	0
10 h	0	0	0	0
11 h	0	0	0	100
12 h	0	0	0	100
13 h	0	0	0	0
14 h	0	0	0	0
15 h	0	0	0	0
16 h	0	0	0	0
17 h	0	0	100	100
18 h	0	0	100	100
19 h	0	0	100	100
20 h	0	0	100	100
21 h	100	100	100	100
22 h	100	100	0	0
23 h	0	0	0	0
24 h	0	0	0	0

Os ambientes de permanência prolongada devem ser modelados com densidades de potência instalada de iluminação conforme a Tabela 3.42.

Tabela 3.42: Densidade de potência instalada de iluminação

Ambiente	DPI (W/m^2)
Dormitórios	5,0
Sala	6,0

e) Cargas internas de equipamentos

As cargas internas de equipamentos devem ser modeladas para a sala. O período e a potência das cargas internas são apresentados na Tabela 3.43.

Tabela 3.43: Cargas internas de equipamentos

Ambiente	Período	Potência (W/m²)
Sala	24 h	1,5

Observação: Para a simulação do ambiente devem ser consideradas as potências dos equipamentos para o período de 24 horas do dia durante todo o período de simulação.

f) Temperatura do solo dos modelos

Nas UHs em que o piso dos ambientes estiver em contato com o solo, devem ser calculadas as temperaturas médias do solo para cada mês do ano, com base nos valores médios das temperaturas internas e externas da edificação, para o clima que será simulado. A temperatura do solo deve ser calculada com a geometria da edificação, propriedades térmicas dos elementos construtivos, padrões de uso e com a estratégia de ventilação do projeto sob avaliação. Modelos dinâmicos mais detalhados, considerando a transferência de calor no solo de forma integrada com a simulação, também podem ser utilizados.

Observação: Os valores de temperatura do solo dos arquivos climáticos não são recomendados para o uso em simulações térmicas e energéticas. Para as simulações do método prescritivo deste RTQ utilizou-se o programa Slab, que está vinculado ao EnergyPlus, para calcular as temperaturas do solo. O programa calcula a temperatura média do solo para cada mês do ano, com base nos valores médios de temperaturas internas e externas da edificação, para o clima escolhido.

3.1.3.4 Procedimentos para simulação da edificação condicionada artificialmente

A metodologia de avaliação compara os consumos relativos para aquecimento (C_A) e consumo relativo para refrigeração (C_R) dos ambientes de permanência prolongada da UH com os níveis de eficiência das tabelas do arquivo climático utilizado na simulação (as tabelas estão disponíveis no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios). Os consumos relativos dos ambientes de permanência prolongada do projeto devem ser iguais ou menores que os níveis de eficiência das tabelas disponíveis no sitio supracitado, de acordo com o nível pretendido.

a) Condições para cálculo do consumo relativo de energia

Calcular o consumo relativo de energia para refrigeração (C_R) dos dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) e o consumo relativo para aquecimento (C_A) de todos os ambientes de permanência prolongada da UH. Estes consumos são calculados no período das 21 h às 8 h, sendo que no período restante deve-se considerar a edificação naturalmente ventilada (simulada de acordo com as características do item 3.1.3.3), com a estratégia de ventilação controlada automaticamente através do critério de temperatura. A temperatura do termostato de refrigeração é de 24°C e de aquecimento é de 22°C. As condições para modelagem do sistema são apresentadas a seguir.

Observação: o consumo relativo para aquecimento (C_A) só é calculado para as Zonas Bioclimáticas 1 a 4.

b) Modelagem do sistema de condicionamento de ar

A modelagem do sistema de condicionamento de ar da UH deve considerar:

- sistema de condicionamento de ar instalado nos ambientes de permanência prolongada das UHs, excluindo dormitórios de serviço. Para a sala deve-se utilizar o mesmo padrão adotado nos dormitórios;
- temperatura do termostato de refrigeração de 24°C, para todas as Zona Bioclimáticas;
- temperatura do termostato de aquecimento de 22°C, somente para as Zonas Bioclimáticas 1 a 4;

- condicionamento artificial no período das 21 h às 8 h;
- edificação ventilada naturalmente no período das 9 h às 20 h, modelada conforme item 3.1.3.3;
- taxa de fluxo de ar por pessoa de 0,00944 m /s;
- modo de operação do ventilador contínuo;
- eficiência do ventilador de 0,7 e eficiência do motor de 0,9;
- razão entre o calor retirado do ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) de 3,00 W/W;
- razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) de 2,75 W/W;
- número máximo de horas não atendidas do sistema de condicionamento de ar de 10%;
- capacidade do sistema de condicionamento de ar dos ambientes dimensionada automaticamente pelo programa de simulação, de forma que atenda à exigência do limite de horas não atendidas.

3.1.3.5 Determinação do equivalente numérico da envoltória

O equivalente numérico da envoltória a ser utilizado para o cálculo da pontuação geral da UH (Equação 2.1) é calculado conforme descrito a seguir.

a) Determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento

De acordo com os valores obtidos para indicador de graus hora (GH_R) e o consumo relativo para aquecimento (C_A) obtidos na simulação, determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) e o equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) de cada ambiente de permanência prolongada avaliado da UH, através das Tabelas obtidas no sitio www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios. O equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento só é calculado para as Zonas Bioclimáticas 1 a 4.

b) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para resfriamento

O equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

c) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para aquecimento

O equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento ($EqNumEnv_A$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_A$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

d) Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma

Para a ZB1, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.31.

$$EqNumEnv = 0{,}08 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0{,}92 \times EqNumEnv_A$$

Equação 3.31– equivalente numérico da envoltória da UH para ZB1

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da UH;

$EqNumEnv_{Resfr}$: equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento;

$EqNumEnv_A$: equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento.

Para a ZB2, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.32.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}44 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}56 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.32 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB2

Para a ZB3, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.33.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}64 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}36 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.33 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB3

Para a ZB4, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.34.

$$\mathrm{EqNumEnv} = 0{,}68 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}} + 0{,}32 \times \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{A}}$$

Equação 3.34– equivalente numérico da envoltória da UH para ZB4

Para ZB5 a ZB8, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.35.

$$\mathrm{EqNumEnv} = \mathrm{EqNumEnv}_{\mathrm{Resfr}}$$

Equação 3.35 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB5 a ZB8

Observação: O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo. A obtenção do nível A de eficiência nesta situação é obrigatória para obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar, descrita no item 3.3.4 deste

RTQ. O procedimento de cálculo é o mesmo descrito acima, com a diferença de que na determinação do equivalente numérico do item "a" ao invés do indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) deve-se utilizar o consumo relativo para refrigeração (C_R).

3.2 Sistema de aquecimento de água

Esta seção descreve os critérios para avaliação da eficiência de sistemas de aquecimento de água. São avaliados os sistemas que serão entregues instalados pelo empreendedor. Sistemas de espera para futura instalação de sistemas de aquecimento de água não são considerados.

3.2.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água

As tubulações para água quente devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam e devem atender às normas técnicas de produtos aplicáveis.

Para reservatórios de água quente instalados em sistemas que não sejam de aquecimento solar deve-se comprovar que a estrutura do reservatório apresenta resistência térmica mínima de 2,20 (m K)/W.

Como pré-requisito para os níveis A e B, o projeto de instalações hidrossanitárias deve comprovar que as tubulações metálicas para água quente possuem isolamento térmico com espessura mínima, em centímetros (cm), determinada pela Tabela 3.44, de acordo com o diâmetro nominal da tubulação. Nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0 cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK.

Tabela 3.44: Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água

Temperatura da água (°C)	Condutividade térmica (W/mK)	Diâmetro nominal da tubulação (mm)	
		< 40	≥ 40
T ≥ 38	0,032 a 0,040	1,0 cm	2,5 cm

Para isolamentos cuja condutividade térmica esteja fora da faixa estipulada na Tabela 3.44, a espessura mínima (E) deve ser determinada pela Equação 3.36.

$$E = r\left\{\left(1+\frac{e}{r}\right)^{\lambda/\lambda'}-1\right\}$$

Equação 3.36 – espessura mínima de isolamento para isolantes com condutividade térmica fora da faixa estipulada na Tabela 3.44

Onde:

E: espessura mínima de isolamento (cm);

r: raio externo da tubulação (cm);

e: espessura de isolamento listada na Tabela 3.44 para a temperatura da água e tamanho da tubulação em questão (cm);

λ: condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK);

λ': valor superior do intervalo de condutividade listado na Tabela 3.44 para a temperatura da água (W/mK).

3.2.2 Procedimento para determinação da eficiência

O sistema de aquecimento de água deve ter sua eficiência estabelecida através do equivalente numérico obtido na Tabela 2.1, utilizando resultados de um dos itens de 3.2.2.1 a 3.2.2.5.

Nas regiões Norte e Nordeste, caso não exista sistema de aquecimento de água instalado na UH, deve-se adotar equivalente numérico de aquecimento de água (EqNumAA) igual a 2, ou seja, nível D. Nas demais regiões, caso não exista sistema de aquecimento de água instalado na UH, deve-se adotar equivalente numérico de aquecimento de água (EqNumAA) igual a 1, ou seja, nível E.

Observação: O baixo nível de eficiência atribuído a UHs que não possuem sistema de aquecimento de água se justifica pois caso o usuário queira aquecer a água para o banho

fica restrito à instalação de chuveiro elétrico . O nível D atribuído às regiões Norte e Nordeste equivale ao nível máximo possível de ser atingido por sistemas de aquecimento elétrico (ver item 3.2.2.4). Nas demais regiões não é aceitável a ausência de sistema de aquecimento de água instalado na UH, portanto, nestes casos, é atribuído o menor nível possível (nível E).

O nível de eficiência de sistemas mistos de aquecimento de água em uma mesma UH é:

- o maior dos equivalentes numéricos obtidos quando houver a combinação de sistemas de aquecimento solar com aquecimento a gás ou bomba de calor; e
- o equivalente numérico do sistema de aquecimento solar, quando este for combinado com aquecimento elétrico, desde que o aquecimento solar corresponda a uma fração solar mínima de 70%.

Para os demais casos de sistemas mistos de aquecimento de água, o nível de eficiência é a combinação das porcentagens de demanda de aquecimento de água de cada sistema multiplicado pelo seu respectivo equivalente numérico, de acordo com a Equação 3.37. A classificação geral é obtida por meio da Tabela 2.2.

$$\mathrm{EqNumAA} = \%.\,\mathrm{EqNumAA1} + \%.\,\mathrm{EqNumAA2} + \cdots \%.\,\mathrm{EqNumAAn}$$

Equação 3.37 – equivalente numérico de sistemas mistos de aquecimento de água

Onde:

EqNumAA: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

%: porcentagem da demanda atendida pelo referido sistema de aquecimento de água;

EqNumAA1: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água 1, obtido de um dos itens: 3.2.2.2 a 3.2.2.5;

EqNumAA2: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água 2, obtido de um dos itens: 3.2.2.2 a 3.2.2.5;

EqNumAAn: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água n, obtido de um dos itens: 3.2.2.2 a 3.2.2.5.

3.2.2.1 Sistema de aquecimento solar

a) Pré-requisitos do sistema de aquecimento solar

Os coletores solares devem ser instalados com orientação e ângulo de inclinação conforme especificações, manual de instalação e projeto.

Observação$_1$: a orientação ideal dos coletores é voltada para o Norte geográfico com desvio máximo de até 30º desta direção, quando no hemisfério sul.

Observação$_2$: a inclinação ideal dos coletores é a da latitude local acrescida de 10º.

Para obtenção dos níveis A ou B os coletores solares para aquecimento de água (aplicação: banho) devem possuir ENCE A ou B ou Selo Procel. Os reservatórios devem possuir Selo Procel. Reservatórios com volumes superiores aos etiquetados pelo Inmetro devem apresentar o projeto do reservatório térmico com desempenho igual ou superior ao reservatório com maior volume etiquetado pelo Inmetro. Em todos os casos, o reservatório de água quente deve ter isolamento térmico adequado e capacidade de armazenamento mínimo compatível com o dimensionamento proposto nos itens a seguir.

Os coletores solares e os reservatórios térmicos devem atender aos requisitos das normas brasileiras aplicáveis.

Na instalação do sistema de aquecimento solar deve-se dar preferência a instaladores que fazem parte do Programa de qualificação de fornecedores de sistemas de aquecimento solar - QUALISOL BRASIL.

b) Procedimento para determinação da eficiência: método do dimensionamento

A eficiência do sistema de aquecimento solar deve ser definida realizando o dimensionamento do sistema para a edificação sob avaliação, de acordo com os itens

descritos a seguir. A classificação da eficiência do sistema de aquecimento solar é obtida na Tabela 3.45, de acordo com a fração solar anual obtida. Sistemas que apresentarem o volume de armazenamento real (volume do reservatório do projeto sob análise) entre 40 e 50 litros por metro quadrado de coletor,ou superior a 150 litros/m^2 de coletor, atingirão no máximo nível D (EqNum = 2). Sistemas que apresentarem o volume de armazenamento real inferior a 40 litros/m^2 de coletor atingirão nível E (EqNum = 1). Em edificações multifamiliares onde o sistema de aquecimento solar é individual, a análise deve ser feita individualmente, para cada UH.

Tabela 3.45: Classificação da eficiência de sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica

Dimensionamento	Classificação
Equivalente à fração solar anual mínima de 70%	A
Equivalente à fração solar anual entre 60 e 69%	B
Equivalente à fração solar anual entre 50 e 59%	C
Equivalente à fração solar anual menor que 50%	D

Dimensionamento do sistema de aquecimento solar de água

1) Calcular o volume do sistema de armazenamento, de acordo com a Equação 3.38.

$$V_{armaz} = \frac{V_{consumo} \text{ x } (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})}$$

Equação 3.38 – volume de armazenamento

Onde:

V_{armaz}: volume de armazenamento do sistema de aquecimento solar (litros).

$V_{consumo}$: volume de consumo diário de água a ser aquecida (litros/dia). Deve-se considerar no mínimo 50 litros/pessoa/dia e a existência de duas pessoas por dormitório social e uma pessoa por dormitório de dependências de serviço;

$T_{consumo}$: temperatura de consumo de utilização (^oC). Deve ser adotado no mínimo 40^oC (para as regiões Norte e Nordeste pode-se adotar 38^oC).

T_{armaz}: temperatura de armazenamento da água (^oC). Esta temperatura deve ser, no mínimo, igual à temperatura de consumo;

$T_{ambiente}$: temperatura ambiente média anual do ar externo do local de instalação (^oC), de acordo com o Anexo D da NBR 15569.

Observação: em edificações multifamiliares, pode-se adotar um fator de ocupação para o cálculo do volume de consumo diário ($V_{consumo}$), de acordo com a Tabela 3.46.

Tabela 3.46: Fator de ocupação para cálculo do volume de consumo diário

Número de UHs	Fator de ocupação
Até 9 UHs	1
De 10 a 19 UHs	0,9
De 20 a 39 UHs	0,8
Acima de 40 UHs	0,7

2) Calcular a demanda de energia útil considerando os valores de radiação solar mês a mês, de acordo com a Equação 3.39.

$$DE_{mês} = V_{consumo} \times N \times (T_{consumo} - T_{AF}) \times 1{,}16 \times 10^{-3}$$

Equação 3.39 – demanda de energia útil

Onde:

$DE_{mês}$: demanda de energia (kWh/mês);

$V_{consumo}$: consumo diário de água quente à temperatura de referência T_{ACS} (litros/dia);

N: número de dias do mês considerado (dias/mês);

$T_{consumo}$: temperatura utilizada para a quantificação do consumo de água quente (^{o}C);

T_{AF}: temperatura da água fria da rede (^{o}C).

Observação: numa análise mensal é possível utilizar valores variáveis conforme as condições climáticas da região, como por exemplo, o consumo diário de água quente e a temperatura da água fria. No caso da temperatura de água fria é possível adotar valores variáveis com a temperatura ambiente média mensal da região (Tamb), utilizando para T_{AF} a Tamb menos $2^{o}C$.

3) Calcular a produção energética da instalação por meio da determinação da fração solar anual (ou porcentagem da demanda energética que é coberta pela instalação solar), através do procedimento descrito nos itens 3.1 a 3.6.

3.1) Calcular a radiação solar mensal incidente sobre a superfície inclinada dos coletores ($EI_{mês}$), de acordo com a Equação 3.450.

$$EI_{mês} = H_{dia} \times N$$

Equação 3.40 – radiação solar mensal

Onde:

$EI_{mês}$: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m .mês));

H_{dia}: radiação solar incidente no plano inclinado (kWh/(m .dia)), obtida em mapas solarimétricos, variável em função da região (disponível no sitio do CRESESB ou Radiasol para latitude e longitude do local);

N: número de dias do mês.

Observação: os valores da energia incidente no coletor ($EI_{mês}$) devem ser calculados em cada mês do ano e o $EI_{mês}$ final é a média dos resultados encontrados mês a mês.

3.2) Calcular o parâmetro *D1*, de acordo com a Equação 3.41.

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

Equação 3.41 – parâmetro D1

Onde:

$DE_{mês}$: demanda de energia (kWh/mês), calculada por meio da Equação 3.44;

$EA_{mês}$: energia solar mensal absorvida pelos coletores (kWh/mês), calculada por meio da Equação 3.42.

$$EA_{mês} = S_c \times F'_R(\tau\alpha) \times EI_{mês}$$

Equação 3.42 – energia absorvida pelo coletor

Onde:

S_c: superfície de absorção do coletor (m);

$EI_{mês}$: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m .mês));

$F'_R(\tau\alpha)$: fator adimensional, calculado por meio da Equação 3.43.

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \times \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}\right] \times \frac{F'_R}{F_R}$$

Equação 3.43 – fator adimensional

Onde:

$F_R(\tau\alpha)_n$: fator de eficiência óptica do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (adimensional);

$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}\right]$: modificador do ângulo de incidência (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,96 para coletores com cobertura de vidro);

$\frac{F'_R}{F_R}$: fator de correção do conjunto coletor/trocador (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,95).

Observação: a superfície do coletor deve ser estimada ou arbitrada em função da área disponível para utilização dos coletores solares.

3.3) Calcular o parâmetro D2, de acordo com a Equação 3.44.

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$

Equação 3.44 – parâmetro *D2*

Sendo que o cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores ($EP_{mês}$) é realizado por meio da Equação 3.545.

$$EP_{mês} = S_c \times F'_R U_L \times (100 - T_{AMB}) \times \Delta T \times K_1 \times K_2$$

Equação 3.45 – energia solar não aproveitada

Onde:

$EP_{mês}$: energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (kWh/mês);

S_c: superfície do coletor solar (m);

$F'_R U_L$: fator, em kW/(m .K), calculado pela Equação 3.46.

$$F'_R U_L = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times 10^{-3}$$

Equação 3.46 – fator

Onde:

$F_R U_L$: coeficiente global de perdas do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (W/(m .K));

$\frac{F'_R}{F_R}$: fator de correção do conjunto coletor/trocador (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,95);

T_{AMB}: temperatura média mensal do local de instalação do coletor (°C);

ΔT : período de tempo considerado (horas);

K_1: fator de correção para armazenamento, calculado pela Equação 3.47;

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \times S_C}\right]^{-0,25}$$

Equação 3.47 – fator de correção para armazenamento

Onde:

V: volume de acumulação solar (litros) (recomenda-se que o valor de V seja tal que obedeça a condição $50 < \frac{V}{S_C} < 100$)

K_2: fator de correção para o sistema de aquecimento solar que relaciona as diferentes temperaturas, calculado pela Equação 3.48;

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18\,T_{AC} + 3,86\,T_{AF} - 2,32\,T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

Equação 3.48 – fator de correção

Onde:

T_{AC}: temperatura mínima admissível da água quente. Deve-se utilizar 45°C.

3.4) Calcular a fração solar mensal *f*, a partir dos valores de D_1 e D_2, utilizando a Equação 3. 49.

$$f = 1{,}029D_1 - 0{,}065D_2 - 0{,}245(D_1)^2 + 0{,}0018(D_2)^2 + 0{,}0215(D_1)^3$$

Equação 3. 49 – fração solar mensal

3.5) Calcular a energia útil mensal coletada ($EU_{mês}$) pela instalação solar para a produção de água quente, através da Equação 3.50.

$$EU_{mês} = f \times DE_{mês}$$

Equação 3.50 – energia útil mensal coletada

Onde:

$EU_{mês}$: energia útil mensal coletada (kWh/mês);

f : fração solar mensal;

$DE_{mês}$: demanda de energia (kWh/mês), calculada por meio da Equação 3.44.

3.6) Calcular a fração solar anual, de acordo com a Equação 3.51.

$$F = \frac{\sum_1^{12} EU_{mês}}{\sum_1^{12} DE_{mês}}$$

Equação 3.51– fração solar anual

Observação: a fração solar anual é função da área coletora S_c adotada. Caso a fração solar anual obtida não seja satisfatória, os cálculos devem ser repetidos, alterando-se a superfície de captação S_c , até que uma determinada condição estabelecida seja atendida.

c) Procedimento para determinação da eficiência: método de simulação

Como alternativa ao método do dimensionamento recomenda-se a utilização de estimativas obtidas a partir de simulações, utilizando a metodologia "Carta F" (BECKMAN, KLEIN e DUFFIE, 1977) ou similares. Deve-se dimensionar o sistema considerando fração solar mínima de 70%.

3.2.2.2 Sistema de aquecimento a gás

a) Pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás

Para obtenção do nível A, os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem possuir ENCE A ou B. Nos casos em que seja utilizado reservatório de água quente, este deve ter isolamento térmico e capacidade de armazenamento compatíveis com o dimensionamento proposto a seguir.

Os aquecedores a gás e reservatórios térmicos devem atender aos requisitos das normas técnicas brasileiras aplicáveis. Na ausência destas, devem ser atendidas as normas internacionais aplicáveis.

Os aquecedores devem estar instalados em lugares protegidos permanentemente contra intempéries, com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência e instalados conforme a NBR 13103.

Na instalação do sistema de aquecimento a gás deve-se dar preferência a instaladores que fazem parte do Programa de Qualificação de Fornecedores de Instalações Internas de Gases Combustíveis e Aparelhos a Gás – QUALINSTAL GÁS.

Para classificação nos níveis A ou B de aquecedores a gás do tipo instantâneo,a potência do sistema de aquecimento informada pelo projetista deve estar dentro de uma variação de 20%, para mais ou para menos, do dimensionamento realizado conforme a metodologia a seguir. Para classificação nos níveis A ou B de sistema de acumulação individual e sistema central coletivo a gás, a potência do sistema de aquecimentoe o volume de armazenamento informado pelo projetista devem estar dentro de uma variação de 20%, para mais ou para menos, do cálculo realizado conforme a metodologia a seguir.

Dimensionamento de aquecedor a gás do tipo instantâneo

1) Determinar as vazões instantâneas de água quente

A vazão do aquecedor a gás do tipo instantâneo deve ser igual ou maior ao somatório das vazões dos pontos de consumo ($m_{máxima}$) que podem estar simultaneamente em funcionamento.

Observação$_1$: Para o levantamento das vazões instantâneas máximas deve-se levar em consideração o perfil dos usuários e a quantidade de pessoas da UH. Deve-se considerar no mínimo 50 litros/pessoa/dia (0,05 m^3/pessoa/dia) e a existência de duas pessoas por dormitório social e uma pessoa por dormitório de dependências de serviço.

Observação$_2$: Recomenda-se que as vazões dos pontos de consumo sejam determinadas através de consulta aos fabricantes das peças hidráulicas (duchas, torneiras, etc.) a serem instaladas nas dependências da UH.

2) Determinar a potência do aquecedor a gás do tipo instantâneo, de acordo com a Equação 3.52.

$$Q = \frac{m_{máxima}\ x\ c\ x\ (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{860}$$

Equação 3.52 – potência do aquecedor a gás do tipo instantâneo

Onde:

Q: potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);

$m_{máxima}$: vazão máxima de água demandada simultaneamente (litros/h);

c: calor específico da água (igual a 1,00 cal/(g.°C));

T_{consumo}: temperatura de consumo de utilização (ºC). Deve ser adotado no mínimo 40ºC (para as regiões Norte e Nordeste pode-se adotar 38ºC).

$T_{\text{água fria}}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

<u>*Dimensionamento de sistema de acumulação individual*</u>

1) Calcular o volume de pico de água quente, através da Equação 3.53 (considera-se o período de 1 hora no período de maior consumo (*first-hour rating*))

$$V_{pico} = V_{individual} \, x \, FS_{individual}$$

Equação 3.53 – volume de pico de água quente

Onde:

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros);

$V_{individual}$: volume de consumo diário de água quente por UH (litros);

$FS_{individual}$: fator que representa a simultaneidade de uso em uma UH. Na ausência deste fator, recomenda-se adotar o valor de 0,45;

Observação: Recomenda-se que o volume diário de água quente seja obtido através do levantamento dos consumos individuais de cada aparelho sanitário que possui previsão de consumo. Nesse levantamento podem ser verificadas as vazões de funcionamento desses aparelhos, considerando principalmente a pressão de trabalho da rede hidráulica. Alternativamente, pode ser utilizada uma estimativa do consumo per capta.

2) Calcular o volume mínimo de água quente armazenada, de acordo com a Equação 3.54.

$$V_{armaz} = V_{pico} \, x \, F_{armaz}$$

Equação 3.54 – volume mínimo de água quente

Onde:

V_{armaz}: volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros);

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3.53;

F_{armaz}: fator de minoração para determinar o volume mínimo de armazenamento.

Observação: Deve-se adotar 100 litros de água quente como volume mínimo de água quente armazenada de forma a garantir uma temperatura mínima de estagnação.

3) Calcular o volume de recuperação, de acordo com a Equação 3.55.

$$V_{recup} = V_{pico} - V_{armaz}$$

Equação 3.55 – volume de recuperação

Onde:

V_{recup}: volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h);

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3.53;

V_{armaz}: volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros), calculado de acordo com a Equação 3.54.

4) Calcular a potência do aquecedor, de acordo com a Equação 3.56.

$$Q = \frac{V_{recup}\ x\ c\ x\ (T_{armaz} - T_{água\ fria})}{860}$$

Equação 3.56 – potência do aquecedor

Onde:

Q : potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);

V_{recup}: volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h), calculado através da Equação 3.55;

c : calor específico da água (igual a 1,00 cal/(g.°C));

T_{armaz}: temperatura de armazenamento da água (ºC). Esta temperatura deve ser, no mínimo, igual à temperatura de consumo;

$T_{\text{água fria}}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

Observação: Deve-se utilizar um queimador ou aquecedor a gás com potência igual ou superior à calculada, conforme disponibilidade de mercado.

Dimensionamento do sistema central coletivo a gás

1) Calcular o volume diário de água quente armazenada, de acordo com a Equação 3.57.

$$V_{diário} = \frac{V_{consumo}\, x\, (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{(T_{armaz} - T_{água\ fria})}$$

Equação 3.57 – volume diário de água quente

Onde:

$V_{\text{diário}}$: volume diário consumido de água quente armazenada (litros);

V_{consumo}: volume total de água quente consumido diariamente na edificação (litros/dia);

T_{consumo}: temperatura de consumo de utilização (ºC). Deve ser adotado no mínimo 40ºC (para as regiões Norte e Nordeste pode-se adotar 38^{o}C).

T_{armaz} : temperatura de armazenamento da água (ºC). Esta temperatura deve ser, no mínimo, igual à temperatura de consumo;

$T_{\text{água fria}}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

2) Calcular o volume de pico de água quente, através da Equação 3.58 (considera-se o período de 1 hora no período de maior consumo (*first-hour rating*)).

$$V_{pico} = V_{diário}\, x\, FS$$

Equação 3.58 – volume de pico de água quente

Onde:

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros);

$V_{diário}$: volume diário de água quente consumido (litros/dia);

FS: fator que representa a simultaneidade de uso em uma hora.

Alternativamente, o volume de pico pode ser obtido diretamente do gráfico de simultaneidade apresentado na Figura 2.

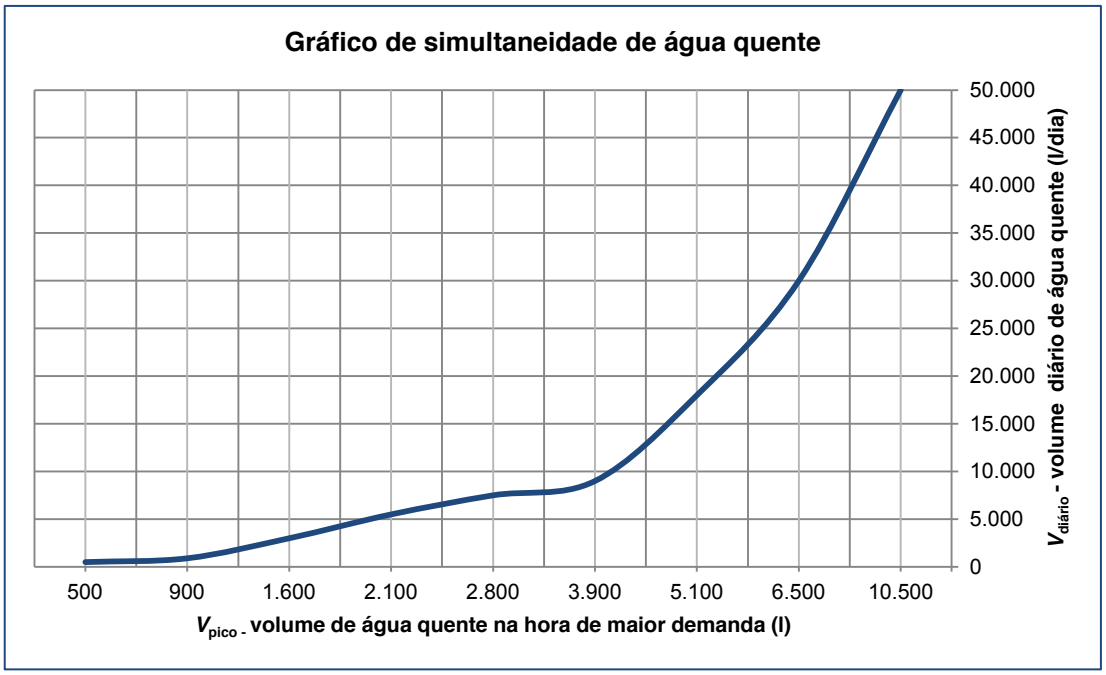


Figura 2: Fator de simultaneidade do consumo de água quente

3) Calcular o volume mínimo de água quente armazenada, de acordo com a Equação 3.59.

$$V_{armaz} = V_{pico} \, x \, F_{armaz}$$

Equação 3.59 – volume mínimo de água quente

Onde:

V_{armaz}: volume mínimo de armazenamento de água quente do sistema de aquecimento a gás (litros);

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3.58 ou através da Figura 2;

F_{armaz}: fator de minoração para determinar o volume mínimo de armazenamento, obtido na Tabela 3.47.

Tabela 3.47: Fatores de armazenamento em função do volume de água quente consumido no horário de pico

Volume na hora de maior consumo (litros)	Fator de armazenamento (F_{armaz})
0 < V*pico* < 1.500	$^1/_3$
1.501 < V*pico* < 6.000	$^1/_4$
6.001 < V*pico* < 12.000	$^1/_5$
12.001 < V*pico* < 20.000	$^1/_6$
V*pico* > 20.001	$^1/_7$

4) Calcular o volume de recuperação, de acordo com a Equação 3.60.

$$V_{recup} = V_{pico} - V_{armaz}$$

Equação 3.60 – volume de recuperação

Onde:

V_{recup}: volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h);

V_{pico}: volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3.58 ou através da Figura 2;

V_{armaz}: volume mínimo de armazenamento de água quente do sistema de aquecimento a gás (litros), calculado de acordo com a Equação 3.59.

5) Calcular a potência dos aquecedores, de acordo com a Equação 3.61.

$$Q = \frac{V_{recup}\ x\ c\ x\ (T_{armaz} - T_{água\ fria})}{860}$$

Equação 3.61 – potência do aquecedor

Onde:

Q : potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);

V_{recup}: volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h), calculado através da Equação 3.60;

c : calor específico da água (igual a 1,00 cal/(g.°C));

T_{armaz}: temperatura de armazenamento da água (ºC);

$T_{água\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

Observação: Deve-se utilizar um queimador(es) ou aquecedor(es) a gás com potência igual ou superior à calculada, conforme disponibilidade de mercado.

b) Aquecedores a gás classificados pelo PBE

Os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem possuir ENCE e estar de acordo com normas técnicas brasileiras para aquecedores a gás. Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida na Tabela do PBE, considerando a última versão publicada na página do Inmetro, e identificar o equivalente numérico na Tabela 2.1.

c) Aquecedores a gás não presentes no PBE

Os aquecedores a gás não enquadrados no item "b" devem ser classificados de acordo com os níveis e requisitos a seguir:

- Níveis A e B: os aquecedores de água devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 3.48;

- Nível C: os aquecedores de água devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 3.49; e
- Nível D: quando o sistema não se enquadrar nos níveis acima.

Tabela 3.48: Eficiência mínima de aquecedores a gás para classificação nos níveis A e B (Fonte: ASHRAE Standard 90.1-2007)

Tipo de equipamento	Capacidade (kW)	Subcategoria	Eficiência mínima (W)	Procedimento de teste
Aquecedor de acumulação	≤ 22,98	≥ 75,5 (litros)	$0{,}62 - 0{,}0019.V.EF$	DOE 10 CFR Part 430
	> 22,98	< 309,75 W/l	$0{,}8.Et\left(Q/800 + 110\sqrt{V}\right).SL$	ANSI Z21.10.3
Aquecedor do tipo instantâneo	> 14,66 e < 58,62	≥ 309,75 W/l e < 7,57 (litros)	$0{,}62 - 0{,}0019.V.EF$	DOE 10 CFR Part 430
	≥ 58,62	≥ 309,75 W/l e < 37,85 l	$0{,}80.Et$	ANSI Z21.10.3
	≥ 58,62	≥ 309,75 W/l e ≥ 37,85 l	$0{,}8.Et\left(Q/800 + 110\sqrt{V}\right).SL$	ANSI Z21.10.3

Tabela 3.49: Eficiência mínima de aquecedores a gás para classificação no nível C (Fonte: ASHRAE Standard 90.1-1999)

Tipo de equipamento	Capacidade (kW)	Subcategoria	Eficiência mínima (W)	Procedimento de teste
Aquecedor de acumulação	≤ 22,98	≥ 75,7 (litros)	$0{,}62 - 0{,}0072.V.EF$	DOE 10 CFR Part 430
	> 22,98 e ≤ 45,43	< 309,75 W/l	$0{,}78.Et\ 8{,}29.V + 192.SL$	ANSI Z21.10.3
	> 45,43	< 309,75 W/l	$0{,}78.Et\ 8{,}29.V + 160.SL$	ANSI Z21.10.3
Aquecedor do tipo instantâneo	> 14,66 e < 58,62	≥ 309,75 W/l e < 7,57 (litros)	$0{,}62 - 0{,}0072.V.EF$	DOE 10 CFR Part 430
	≥ 58,62	≥ 309,75 W/l e < 37,85 L	$0{,}8.Et$	ANSI Z21.10.3
	> 58,62	≥ 309,75 W/l e ≥ 37,85 (litros)	$0{,}77.Et\ 14{,}67 + 113.SL$	ANSI Z21.10.3

Onde:

V: volume (litros);

EF: Fator energético;

Et: Eficiência térmica;

Q: potência nominal de entrada (W);

SL: perdas em *standby* (W), considerando uma diferença de temperatura de 38,9^{o}C entre a água quente acumulada e as condições térmicas do ambiente interno.

3.2.2.3 Bombas de calor

Sistemas de aquecimento de água utilizando bombas de calor recebem eficiência de acordo com o coeficiente de performance (COP), medido de acordo com as normas ASHRAE *Standard* 146, ASHRAE 13256 ou AHRI 1160. O nível de eficiência é obtido através da Tabela 3.50 e o equivalente numérico identificado na Tabela 2.1.

Tabela 3.50: Nível de eficiência para bombas de calor

COP (W/W)	Nível de eficiência
COP ≥ 3,0	A
2,0 ≤ COP < 3,0	B
COP < 2,0	C

Nas bombas de calor não devem ser utilizados gases refrigerantes comprovadamente nocivos ao meio ambiente (por exemplo, R22). Recomenda-se equipamentos que utilizem os gases R 134, R 407 ou similares.

3.2.2.4 Sistema de aquecimento elétrico

a) Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas

Aos sistemas de aquecimento de água com aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas é atribuída eficiência em função da potência do aparelho, desde que façam parte do PBE. Deve-se considerar a última versão publicada na página do Inmetro.

A classificação dos aparelhos recebe eficiência:

- D, para aparelhos com potência P ≤ 4.600 W;
- E, para aparelhos com potência P > 4.600 W.

Equipamentos com potência regulável serão classificados pela maior potência.

Equipamentos não classificados pelo Inmetro receberão classificação nível E.

b) Aquecedores elétricos de hidromassagem

Aos aquecedores elétricos de hidromassagem é atribuída eficiência em função da potência do aparelho, desde façam parte do PBE. Deve-se considerar a última versão publicada na página do Inmetro.

A classificação dos aparelhos recebe eficiência:

- D, para aparelhos com potência P ≤ 5.000 W;
- E, para aparelhos com potência P > 5.000 W.

Equipamentos não classificados pelo Inmetro receberão classificação nível E.

c) Aquecedores elétricos por acumulação (boiler)

Os aquecedores elétricos de água por acumulação (*boiler*) devem possuir ENCE e estar de acordo com normas técnicas brasileiras para aquecedores elétricos por acumulação. Os aquecedores devem possuir *timer* para evitar seu uso no horário de ponta. A classificação dos *boilers* é:

- D, para *boilers* com classificação A ou B no PBE;
- E, para outros.

Equipamentos não classificados pelo Inmetro receberão classificação nível E.

Observação: *Estão excluídos desta categoria os reservatórios do sistema de aquecimento solar de água que possuem resistência elétrica para aquecimento complementar*.

3.2.2.5 Caldeiras a óleo

Caldeiras que utilizam como combustível fluidos líquidos como óleo diesel ou outros derivados de petróleo receberão classificação nível E.

3.3 Bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência da UH poderão receber até 1 (um) ponto na classificação geral da UH somando os pontos obtidos por meio das bonificações. Para tanto, estas iniciativas devem ser justificadas e comprovadas. As bonificações, descritas nos itens 3.3.1 a 3.3.8, são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas. A bonificação total alcançada é a somatória das bonificações obtidas em cada item, de acordo com a Equação 3.62.

$$Bonificações = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8$$

Equação 3.62 - bonificações

Onde:

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação;

b1: bonificação referente à ventilação natural (item 3.3.1), cuja pontuação varia de zero a 0,40 pontos;

b2: bonificação referente à iluminação natural (item 3.3.2), cuja pontuação varia de zero a 0,30 pontos;

b3: bonificação referente ao uso racional de água (item 3.3.3), cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

b4: bonificação referente ao condicionamento artificial de ar (item 3.3.4), cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

b5: bonificação referente à iluminação artificial (item 3.3.5), cuja pontuação varia de zero a 0,10 pontos;

b6: bonificação referente a ventiladores de teto instalados na UH (item 3.3.6), cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos;

b7: bonificação referente a refrigeradores instalados na UH (item 3.3.7), cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos; e

b8: bonificação referente à medição individualizada (item 3.3.8), cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos.

Observação: A pontuação máxima em bonificações a ser somada na Equação 2.1 é 1 (um) ponto.

3.3.1 Ventilação natural (até 0,40 pontos)

As UHs de até dois pavimentos devem comprovar a existência de porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas, expressa pela relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada (a verificação da porosidade é feita para cada fachada). Em edifícios verticais, essa porosidade pode ser reduzida em função da altura das aberturas de entrada do vento, medida em relação ao nível médio do meio-fio e o centro geométrico dessas aberturas, multiplicando-a pelo valor do coeficiente de redução da porosidade obtido na Tabela 3.51. (0,12 pontos)

Tabela 3.51: Coeficiente de redução da porosidade

Pavimento	Altura da abertura (m)	Coeficiente redutor da porosidade
3	7,5	0,8
4	10,5	0,7
5	13,5	0,7
6	16,5	0,6
7	19,5	0,6
8	22,5	0,6
9	25,5	0,5
10	28,5	0,5
11	31,5	0,5
12	34,5	0,5
13	37,5	0,5
14	40,5	0,5
15	43,5	0,5
...		

Todos os ambientes de permanência prolongada da UH devem atender aos seguintes requisitos:

- utilização de dispositivos especiais (como venezianas móveis, peitoris ventilados, torres de vento e outros), que favoreçam o desempenho da ventilação natural mas permitam o controle da luz natural, da incidência de chuvas e dos raios solares e a manutenção da privacidade (0,16 pontos);
- existência de aberturas externas (janelas, rasgos, peitoris ventilados, etc.) cujo vão livre tenham o centro geométrico localizado entre 0,40 e 0,70 m medidos a partir do piso (0,06 pontos);
- na Zona Bioclimática 8, as aberturas intermediárias (portas, rasgos, etc.) devem apresentar permeabilidade em relação à circulação do ar, quer seja na própria folha da esquadria, quer na forma de bandeiras móveis ou rasgos verticais. A área livre desses componentes deve corresponder a, no mínimo, 30% da área da abertura intermediária quando a mesma estiver fechada e devem ser passíveis de fechamento (0,06 pontos).

3.3.2 Iluminação natural (até 0,30 pontos)

3.3.2.1 Método prescritivo

a) Profundidade de ambientes com iluminação natural proveniente de aberturas laterais (0,20 pontos)

A maioria dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia (50% mais 1) com iluminação natural lateral deve ter profundidade máxima calculada através da Equação 3.63. Caso existam aberturas em paredes diferentes em um mesmo ambiente, é considerada a menor profundidade.

$$P \leq 2{,}4 . h_a$$

Equação 3.63 – profundidade máxima de ambientes

Onde:

P: profundidade do ambiente (m);
h_a: distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

Observação: para os casos não enquadrados nesta condição e que desejam pleitear a bonificação deve-se utilizar o método de simulação (item 3.3.2.2).

b) Refletância do teto (0,10 pontos)

Cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%.

3.3.2.2 Método de simulação

A simulação deve ser realizada com programa de simulação dinâmica de iluminação natural, utilizando arquivo climático com 8.760 horas em formato adequado. Alguns dos programas sugeridos são DaySim, Apolux e Troplux.

Para a simulação do ambiente deve ser feita malha na altura do plano de trabalho, com no mínimo 25 pontos de avaliação, e deve ser modelado o entorno do ambiente simulado.

Na maioria dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia (50% mais 1) sem proteção solar deve-se comprovar a obtenção de 60 lux de iluminância em 70% do ambiente, durante 70% das horas com luz natural no ano.

Na maioria dos ambientes de permanência prolongada (50% mais 1) com proteção solar deve-se comprovar a obtenção de 60 lux de iluminância em 50% do ambiente, durante 70% das horas com luz natural no ano.

3.3.3 Uso racional de água (até 0,20 pontos)

As UHs devem possuir combinação de sistemas de uso de água da chuva e equipamentos economizadores, conforme a Equação 3.64.

$$b3 = 0{,}07 \cdot \left(\frac{BS_{AP}}{BS}\right) + 0{,}04 \cdot \left(\frac{BS_{E}}{BS}\right) + 0{,}04 \cdot \left(\frac{CH_{E}}{CH}\right) + 0{,}02 \cdot \left(\frac{T_{E}}{T}\right) + 0{,}03 \cdot \left(\frac{OUTROS_{AP}}{OUTROS}\right)$$

Equação 3.64 – bonificação de economia de água

Onde:

b3: bonificação de uso racional de água;

BS_{AP}: quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial;

BS: quantidade de bacias sanitárias existentes;

BS_E: quantidade de bacias sanitárias com sistema de descarga com duplo acionamento;

CH_E: quantidade de chuveiros com restritor de vazão;

CH: quantidade de chuveiros existentes;

T_E: quantidade de torneiras com arejador de vazão constante (6 litro/minuto), regulador de vazão ou restritor de vazão;

T: quantidade de torneiras existentes na UH, excluindo as torneiras das áreas de uso comum;

$OUTROS_{AP}$: quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias.

OUTROS: quantidade de outros pontos passíveis de serem atendidos por água pluvial (torneiras externas, que servirão para a limpeza de calçadas, lavagem de carros e rega de jardim; máquina de lavar roupa, etc), excluindo as bacias sanitárias.

3.3.4 Condicionamento artificial de ar (até 0,20 pontos)

Para obtenção desta bonificação:

- a envoltória da UH deve atingir nível A de eficiência quando condicionada artificialmente , conforme item 3.1.2.2;
- condicionadores de ar do tipo janela e do tipo *split* devem possuir ENCE A ou Selo Procel e estar de acordo com as normas brasileiras de condicionadores de ar domésticos;

Observação$_1$: Deve-se considerar a última versão das Tabelas do PBE para condicionadores de ar, publicadas na página do Inmetro.

Observação$_2$: Não havendo equipamentos com ENCE A na capacidade desejada, estes podem ser divididos em dois ou mais equipamentos de menor capacidade.

- condicionadores de ar do tipo central ou condicionadores não regulamentados pelo Inmetro devem atender aos parâmetros definidos nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), publicado pelo Inmetro;
- 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, com publicação posterior ao ano de 2000, como por exemplo o ASHRAE *Handbook of Fundamentals*.

A bonificação varia de zero a 0,20 pontos e é atribuída proporcionalmente ao número de ambientes de permanência prolongada.

3.3.5 Iluminação artificial (até 0,10 pontos)

Os ambientes devem atender aos seguintes requisitos:

- Para obter 0,05 pontos, as UHs devem possuir 50% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes;
- Para obter 0,10 pontos, as UHs devem possuir 100% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes.

Observação: Deve-se considerar a última versão das Tabelas do PBE para lâmpadas, publicadas na página do Inmetro. Para os tipos de lâmpada que não fazem parte do PBE, a eficiência luminosa deve ser medida ou fornecida pelo fabricante.

3.3.6 Ventiladores de teto (0,10 pontos)

As UHs devem possuir instalados ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 (dois terços) dos ambientes de permanência prolongada para residências localizadas nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8.

Observação: Deve-se considerar a última versão das Tabelas do PBE para ventiladores de teto, publicadas na página do Inmetro.

3.3.7 Refrigeradores (0,10 pontos)

As UHs devem possuir instalados refrigeradores com ENCE nível A ou Selo Procel e garantir as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante, especificamente no que se refere à distância mínima recomendada para ventilação da serpentina trocadora de calor externa. Caso não haja no manual do refrigerador recomendações em relação às distâncias de instalação, deve-se utilizar espaçamento de 10 cm nas laterais e de 15 cm na parte superior e atrás. Deve-se também garantir que o refrigerador esteja sombreado e não seja instalado próximo a fontes de calor. Frigobares não serão aceitos como refrigeradores.

Observação: Deve-se considerar a última versão das Tabelas do PBE para refrigeradores, refrigeradores frost-free, combinados e combinados frost-free, publicadas na página do Inmetro.

3.3.8 Medição individualizada (0,10 pontos)

Caso o sistema de aquecimento da água na edificação seja partilhado por mais de uma UH, este deve possibilitar medição individualizada.

4 EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES

Escopo: Este item tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação do nível de eficiência energética de edificações unifamiliares.

4.1 Procedimento para determinação da eficiência

A classificação do nível de eficiência de edificações unifamiliares é equivalente ao resultado da classificação da unidade habitacional autônoma (calculada por meio do item 2.3.1).

5 EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES

Escopo: Este item tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação do nível de eficiência energética de edificações multifamiliares.

5.1 Procedimento para determinação da eficiência

A classificação do nível de eficiência de edificações multifamiliares é o resultado da ponderação da classificação de suas unidades habitacionais autônomas (calculada por meio do item 2.3.1) pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas. O número de pontos obtidos com a ponderação irá definir a classificação final da edificação multifamiliar, de acordo com a Tabela 2.2.

6 ÁREAS DE USO COMUM

Escopo: Este item tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação de ambientes de uso coletivo de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais (não se aplica a edificações unifamiliares). Estão incluídos neste item áreas comuns de uso frequente e áreas comuns de uso eventual. Não estão incluídos neste item áreas comuns não frequentadas pelos moradores, tais como: áreas de depósito de lixo, GLP, medidores, baterias, depósitos do condomínio, casa de máquinas, barrilete, casa de bombas, subestação e gerador.

6.1 Áreas comuns de uso frequente

6.1.1 Pré-requisitos

Motores elétricos de indução trifásicos instalados na edificação devem atender aos rendimentos nominais mínimos previstos na Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005, publicada pelo Inmetro. Caso este pré-requisito não seja atendido, as áreas comuns de uso frequente receberão nível E.

Para obtenção do nível A, todos os motores elétricos trifásicos devem ser de alto rendimento e as garagens sem ventilação natural devem dispor de sistemas de ventilação mecânica com controle do nível de concentração de monóxido de carbono (CO).

6.1.2 Procedimento para determinação da eficiência

Para classificação do nível de eficiência das áreas comuns de uso frequente devem ser atendidos os requisitos dos itens 6.1.2.1 a 6.1.2.3 aplicáveis ao empreendimento. Requisitos aplicáveis ao empreendimento são aqueles referentes aos espaços e equipamentos existentes nas áreas de uso comum. Por exemplo: se a edificação não possuir elevadores, o item 6.1.2.3 não é aplicável e pode ser desconsiderado da classificação geral das áreas comuns de uso frequente.

Observação: Se o empreendimento for entregue sem os equipamentos das áreas comuns, o empreendedor deve entregar a especificação mínima ao futuro proprietário para o caso de instalação posterior dos equipamentos, sendo esta utilizada para a avaliação.

6.1.2.1 *Iluminação artificial*

Para classificação do sistema de iluminação artificial de áreas comuns de uso frequente devem ser respeitados os critérios da Tabela 6.1, de acordo com o nível de eficiência pretendido.

Tabela 6.1: Critérios para classificação da iluminação artificial de áreas comuns de uso frequente de acordo com o nível pretendido

Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Fluorescentes Tubulares	$\eta^* \geq 84$lm/W	$75 \leq \eta < 84$lm/W	$70 \leq \eta < 75$lm/W	$60 \leq \eta < 70$lm/W
Reatores para fluorescentes tubulares	Eletrônicos com Selo Procel	—	Fator de potência ≥ 0,95	Fator de potência < 0,95
Fluorescentes Compactas	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D
LED**	$\eta \geq 75$lm/W	$50 \leq \eta < 75$lm/W	$30 \leq \eta < 50$lm/W	$\eta < 30$ lm/W
Lâmpadas de vapor de sódio	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D
Reatores para lâmpadas de vapor de sódio	Eletromagnéticos com Selo Procel	—	Fator de potência ≥ 0,90	Fator de potência < 0,90
Automação na iluminação intermitente	Sim	—	Não	—

* η: Eficiência luminosa

** *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz)

Observação$_1$: Deve-se considerar a última versão das Tabelas do PBE para lâmpadas, publicada na página do Inmetro. Para os tipos de lâmpada que não fazem parte do PBE, a eficiência luminosa deve ser medida ou fornecida pelo fabricante.

Observação$_2$: Para sistemas de iluminação intermitente com automação (tais como, sensor de presença ou minuterias) podem ser utilizadas outras fontes que não as descritas acima.

Observação$_3$: Lâmpadas incandescentes e halógenas receberão classificação nível E.

Para os níveis A e B, a iluminação artificial de áreas comuns externas como jardins, estacionamentos externos, acessos de veículos e pedestres que não for projetada para funcionar durante todo o dia deve possuir uma programação de controle por horário ou um fotosensor capaz de desligar automaticamente o sistema de iluminação artificial quando houver luz natural suficiente ou quando a iluminação externa não for necessária. Exceção é feita à iluminação de entrada ou saída de pessoas e veículos que exijam segurança ou vigilância.

6.1.2.2 *Bombas centrífugas*

As bombas centrífugas instaladas na edificação devem possuir ENCE. Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas Tabelas do PBE para bombas centrífugas, considerando a última versão publicada na página do Inmetro, e identificar o equivalente numérico na Tabela 2.1. Bombas centrífugas que não fizerem parte do PBE receberão nível E, com exceção das bombas cuja potência não é coberta pelo PBE. Estas devem estar dimensionadas corretamente para a vazão e pressão requeridas.

6.1.2.3 *Elevadores*

Os elevadores devem ter eficiência atribuída em função da demanda específica de energia, que é baseada na demanda de energia em *standby* e na demanda em viagem. Para tanto, deve-se definir a categoria de uso do elevador dentre as quatro categorias apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Categorias de uso dos elevadores de acordo com a VDI 4707

Categoria de uso	**1**	**2**	**3**	**4**
Intensidade/ frequência de uso	muito baixa muito raramente	baixa raramente	média ocasionalmente	alta frequentemente
Tempo médio de viagem (h/dia)*	0,2 (≤ 0,3)	0,5 (de 0,3 a 1)	1,5 (de 1 a 2)	3 (de 2 a 4,5)
Tempo médio em *standby* (h/dia)	23,8	23,5	22,5	21
Tipos de edificações	Edificações residenciais com até 6 UHs	Edificações residenciais de 7 até 20 UHs	Edificações residenciais de 21 até 50 UHs	Edificações residenciais com mais de 50 UHs

*** Nota:** Pode ser determinado a partir do número médio de viagens e a duração da viagem média.

Estabelecida a categoria de uso, deve-se calcular a demanda específica de energia do elevador, de acordo com a metodologia estabelecida pela VDI4707-2009. Os limites da demanda específica de energia para cada nível de eficiência energética em função da categoria de uso são apresentados na Tabela 6.3, onde:

Q_N: carga nominal do elevador (kg);

v_N: velocidade nominal do elevador (m/s).

Encontrado o nível de eficiência do elevador, seu equivalente numérico deve ser obtido na Tabela 2.1.

Tabela 6.3: Limites da demanda específica de energia para cada nível de eficiência energética em função da categoria de uso do elevador (Fonte: VDI 4707)

Nível de eficiência energética	Demanda específica de energia do elevador (mWh/(kg.m))			
	Categoria de uso			
	1	2	3	4
A	$\frac{0{,}56\ \text{mWh/(kg.m)} + 50\text{W} \cdot 23{,}8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}56\ \text{mWh/(kg.m)} + 50\text{W} \cdot 23{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}56\ \text{mWh/(kg.m)} + 50\text{W} \cdot 22{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}56\ \text{mWh/(kg.m)} + 50\text{W} \cdot 21{,}0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
B	$\frac{0{,}84\ \text{mWh/(kg.m)} + 100\text{W} \cdot 23{,}8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}84\ \text{mWh/(kg.m)} + 100\text{W} \cdot 23{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}84\ \text{mWh/(kg.m)} + 100\text{W} \cdot 22{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{0{,}84\ \text{mWh/(kg.m)} + 100\text{W} \cdot 21{,}0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
C	$\frac{1{,}26\ \text{mWh/(kg.m)} + 200\text{W} \cdot 23{,}8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}26\ \text{mWh/(kg.m)} + 200\text{W} \cdot 23{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}26\ \text{mWh/(kg.m)} + 200\text{W} \cdot 22{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}26\ \text{mWh/(kg.m)} + 200\text{W} \cdot 21{,}0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
D	$\frac{1{,}89\ \text{mWh/(kg.m)} + 400\text{W} \cdot 23{,}8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}2\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}89\ \text{mWh/(kg.m)} + 400\text{W} \cdot 23{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}89\ \text{mWh/(kg.m)} + 400\text{W} \cdot 22{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$\frac{1{,}89\ \text{mWh/(kg.m)} + 400\text{W} \cdot 21{,}0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$
E	$> \frac{2{,}80\ \text{mWh/(kg.m)} + 800\text{W} \cdot 23{,}8\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}2\text{h} \cdot 3600}$	$> \frac{2{,}80\ \text{mWh/(kg.m)} + 800\text{W} \cdot 23{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 0{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$> \frac{2{,}80\ \text{mWh/(kg.m)} + 800\text{W} \cdot 22{,}5\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 1{,}5\text{h} \cdot 3600}$	$> \frac{2{,}80\ \text{mWh/(kg.m)} + 800\text{W} \cdot 21{,}0\text{h} \cdot 1000}{Q_N \cdot v_N \cdot 3\text{h} \cdot 3600}$

Nota: o tempo médio de viagem (h/dia) e o tempo médio em *standby* (h/dia) podem ser alterados em função de medições específicas realizadas no elevador, de acordo com a metodologia proposta pela VDI4707.

6.2 Áreas comuns de uso eventual

6.2.1 Envoltória de áreas comuns de uso eventual

Caso as áreas comuns de uso eventual sejam construídas separadas das edificações residenciais, a sua envoltória deve atender aos pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das superfícies (item 3.1.1.1)

6.2.2 Procedimento para determinação da eficiência

Para classificação do nível de eficiência das áreas comuns de uso eventual devem ser atendidos os requisitos dos itens 6.2.2.1 a 6.2.2.4 aplicáveis ao empreendimento. Requisitos aplicáveis ao empreendimento são aqueles referentes aos espaços e equipamentos existentes nas áreas de uso comum. Por exemplo: se nas áreas comuns não houver condicionadores de ar, o subitem "a" do item 6.2.2.2 não é aplicável e pode ser desconsiderado da classificação geral das áreas comuns de uso eventual.

Observação: Se o empreendimento for entregue sem os equipamentos nas áreas comuns, o empreendedor deve entregar a especificação mínima ao futuro proprietário para o caso de instalação posterior dos equipamentos, sendo esta usada para a avaliação.

6.2.2.1 Iluminação artificial

Para classificação do sistema de iluminação artificial de áreas de uso eventual devem ser respeitados os critérios da Tabela 6.1, de acordo com o nível de eficiência pretendido, excluindo o critério de "Automação na iluminação intermitente", não aplicável às áreas comuns de uso eventual.

6.2.2.2 Equipamentos

a) Condicionadores de ar

Os condicionadores de ar do tipo janela e do tipo *split* devem possuir ENCE ou Selo Procel. Deve-ser adotar a classificação da ENCE obtida nas Tabelas do PBE para condicionadores de ar, considerando a última versão publicada na página do Inmetro, e identificar o equivalente numérico na Tabela 2.1. Condicionadores de ar com Selo Procel receberão classificação nível A.

Condicionadores de ar do tipo central ou condicionadores não regulamentados pelo Inmetro devem seguir os parâmetros definidos nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), publicado pelo Inmetro.

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, com publicação posterior ao ano de 2000, como por exemplo o ASHRAE *Handbook of Fundamentals*.

b) Eletrodomésticos e equipamentos

Refrigeradores, frigobares, congeladores, lavadoras de roupa, ventiladores de teto, televisores e outros eletrodomésticos e equipamentos participantes ou que venham a fazer parte do PBE devem possuir ENCE ou Selo Procel. Caso contrário, sua classificação será nível E. Deve-ser adotar a classificação da ENCE obtida nas Tabelas do PBE para tais eletrodomésticos, considerando a última versão publicada na página do Inmetro, e identificar o equivalente numérico na Tabela 2.1. Eletrodomésticos e equipamentos com Selo Procel ou Selo Conpet receberão classificação nível A.

Para obtenção dos níveis A e B, fogões e fornos domésticos a gás devem possuir Selo Conpet. Estes, entretanto, não entram no cálculo da potência instalada dos equipamentos (PEq) nas Equações 2.2 e 2.3.

6.2.2.3 *Sistemas de aquecimento de água*

a) Sistema de aquecimento de água de chuveiros, torneiras e hidromassagem

O sistema de aquecimento de água de chuveiros, torneiras e hidromassagem deve ter sua classificação obtida conforme o item 3.2.

b) Sistema de aquecimento de piscinas

Para obtenção do nível A, o sistema de aquecimento de água de piscinas deve ser feito através de aquecimento solar, a gás ou por bomba de calor e deve atender aos pré-requisitos gerais e aos pré-requisitos para sistema de aquecimento solar ou por bomba de calor, dependendo do sistema utilizado. Caso algum dos pré-requisitos não seja atendido, o sistema de aquecimento de piscinas receberá nível C.

Piscinas com aquecimento por resistência elétrica receberão classificação nível E.

Pré-requisitos gerais

- o sistema de aquecimento da piscina deve ser instalado conforme especificações do manual de instalação e/ou projeto;
- a piscina deve ser entregue com uma capa térmica que a cubra na sua totalidade, para ser utilizada quando a piscina não estiver em uso.

Pré-requisitos para sistemas de aquecimento solar

- não devem ser utilizados coletores de cobre, que sofrem a corrosão pelo cloro presente no tratamento de piscinas, no caso de sistemas de aquecimento direto;
- os coletores solares devem ser instalados com orientação conforme especificações, manual de instalação e projeto. Na ausência desses documentos, sugere-se que os coletores sejam instalados voltados para o Norte geográfico com desvio máximo de até 30º desta direção, quando no hemisfério sul;
- os coletores solares devem ser instalados com ângulo de inclinação conforme especificações, manual de instalação e projeto. Na ausência desses documentos, sugere-se que o ângulo de inclinação seja igual ao da latitude do local acrescido de 10º;
- a área dos coletores para aquecimento de piscinas das Zonas Bioclimáticas 1 a 4 deve ser no mínimo igual à área da piscina;
- os coletores solares (aplicação: piscina) devem possuir ENCE A ou B no PBE, considerando a última versão publicada na página do Inmetro, ou Selo Procel;

Pré-requisitos para sistemas de aquecimento por bomba de calor

- sistemas de aquecimento de piscinas utilizando bombas de calor devem possuir COP maior ou igual a 6W/W, medido de acordo com as normas ASHRAE *Standard* 146, ASHRAE 13256 ou AHRI 1160;
- nas bombas de calor não devem ser utilizados gases refrigerantes comprovadamente nocivos ao meio ambiente (por exemplo, R22). Deve-se dar preferência a equipamentos que utilizem os gases R 134, R 407 ou similares.

6.2.2.4 *Sauna*

Para obtenção do nível A, o aquecimento da sauna deve ser realizado por equipamentos a gás GLP, gás natural ou lenha e as paredes e portas devem possuir isolamento térmico mínimo de 0,5 m^2K/W. Saunas a gás ou a lenha sem o referido isolamento receberão nível C. Saunas com aquecimento elétrico receberão classificação nível E.

6.3 Bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência das áreas de uso comum poderão receber até 1 (um) ponto na classificação geral das áreas de uso comum somando os pontos obtidos por meio das bonificações. Para tanto, estas iniciativas devem ser justificadas e comprovadas. As bonificações, descritas nos itens 6.3.1 a 6.3.3, são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas. A bonificação total alcançada é a somatória das bonificações parciais, de acordo com a Equação 6.1.

$$Bonificações = B1 + B2 + B3$$

Equação 6.1 – Bonificações das áreas de uso comum

Onde:

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência das áreas de uso comum;

B1: bonificação referente ao uso racional de água (item 6.3.1), cuja pontuação varia de zero a 0,60 pontos;

B2: bonificação referente à iluminação natural em áreas comuns de uso frequente (item 6.3.2), cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

B3: bonificação referente à ventilação natural em áreas comuns de uso frequente (item 6.3.3), cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

6.3.1 Uso racional de água (até 0,60 pontos)

A bonificação pode ser obtida com a combinação de sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como: torneira com arejadores e/ou temporizadores, chuveiros com regulador de pressão, sanitários com descarga de duplo acionamento, mictórios com sensores, reuso de águas cinzas e aproveitamento de água pluvial para descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins, limpeza de áreas externas e fachadas e uso em torneiras externas. Para tanto, deve-se comprovar economia mínima de 40% no consumo anual de água, considerando o dimensionamento para sistemas não economizadores nas mesmas condições de uso.

Observação: economias menores que 40% receberão pontuação proporcional à economia gerada.

Deve-se garantir a segurança na utilização de água de fontes alternativas (água pluvial, água de reuso, ou água proveniente de outras fontes alternativas como poços) para evitar o consumo inadvertido por moradores e crianças. Dentre as alternativas estão:

- identificação da tubulação por cores diferenciadas, assegurando que os sistemas prediais que transportam água potável sejam diferenciados dos sistemas que transportam água não potável, reduzindo os riscos de ligação acidental - e a consequente utilização da água para finalidades que não as especificadas - e a contaminação da água potável transportada;
- identificação do sistema de reserva e distribuição da água de fontes alternativas, realizada pelo emprego de placas indicativas nos reservatórios, na tubulação e nas torneiras, alertando os usuários de que se trata de água não potável;
- utilização de torneiras de acesso restrito, operadas com sistema de chaves destacáveis para evitar o consumo de forma incorreta.

6.3.2 Iluminação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,20 pontos)

Para obter 0,10 pontos, garagens internas mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem apresentar dispositivos de iluminação natural como janelas, iluminação zenital ou de função similar, com área de no mínimo 1/10 da área do piso do ambiente.

Para obter 0,10 pontos, garagens internas mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem ter refletância do teto acima de 60%.

6.3.3 Ventilação natural em áreas comuns de uso frequente (até 0,20 pontos)

Garagens mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem possuir aberturas voltadas para o exterior com área de abertura efetiva para ventilação mínima de 1/12 da área do piso do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIR-CONDITIONING, HEATING, AND REFRIGERATION INSTITUTE – AHRI. **AHRI 1160-2009**. Performance Rating of Heat Pump Pool Heaters, 2009.

AKINS, R. E.; PETERKA, J. A.; CERMAK, J. E. Average Pressure Coefficients for Rectangular Buildings. In: Fifth International Conference of Wind Engineering. Fort Collings, CO. **Proceedings...** Pergamon Press, NY, 1979.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE. **ASHRAE 74-1988.** Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials. Atlanta, 1988.

_____. ASHRAE. **ASHRAE Handbook of Fundamentals.** Atlanta, 2009.

_____. ANSI/ASHRAE/IESNA. **ASHRAE Standard 90.1-2007.** Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2007.

_____. ANSI/ASHRAE. **ASHRAE Standard 140-2004.** Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004.

_____. ASHRAE. **ASHRAE Standard 146-2006.** Method of Testing and Rating Pool Heaters. Atlanta, 2006.

_____. ANSI/ARI/ASHRAE/ISO **Standard 13256-1:1998**. Water-source Heat Pumps Testing and Rating for Performance. Part 1: Water-to-air and Brine-to-air Heat Pumps. Atlanta, 1998.

_____. ANSI/ARI/ASHRAE/ISO **Standard 13256-2:1998**. Water-source Heat Pumps Testing and Rating for Performance. Part 2: Water-to-water and Brine-to-water Heat Pumps. Atlanta, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM E903-96.** Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. 1996.

_____. ASTM. **ASTM E1918-06** - Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field. 2006.

ASSIS, E. S. Método integrado de análise climática para arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte - MG. In: VI Encontro Nacional de III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. 2001, São Pedro, SP. **Anais...**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6488** - Componentes de construção - Determinação da condutância e transmitância térmica - Método da caixa quente protegida. Rio de Janeiro, 1980.

_____ ABNT. **NBR 13103.** Instalação de aparelhos a gás para uso residencial - Requisitos dos ambientes. Rio de Janeiro, 2006.

_____ ABNT. **NBR 15215-4** - Iluminação natural. Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

_____ ABNT. **NBR 15220-2** - Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____ ABNT. **NBR 15220-3** - Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____ ABNT. **NBR 15569.** Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.

_____. ABNT. **NBR 15575-4** - Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

_____. ABNT. **NBR 15575-5** - Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008.

BECKMAN, W.A.; KLEIN S. A.; DUFFIE, J.A. **Solar Heating Design by the F-chart Method.** New York: John Wiley & Sons, 1977.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, INMET, 1992.

_____. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR - MDIC. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR - MDIC. Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005. **Programa de Metas de motores elétricos de indução trifásicos.** Brasília, 2005.

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem** – Tabelas de consumo/eficiência energética. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO/DIS 25745-1.** Energy performance of lifts, escalators and moving walks - Part 1: Energy measurement and conformance. Geneve, Switzerland, 2010.

PEREIRA, I. M.; SOUZA, R. V. G., Proteção solar em edificações residenciais e comerciais - desenvolvimento de metodologia. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2008, ANTAC, Fortaleza, 2008, **Anais...**

SWAMI, M. V.; CHANDRA, S. Correlation for pressure distribution on buildings and calculation of natural-Ventilation aiflow. **ASHRAE Transactions.** 1988.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE - VDI. **VDI 4707.** Lifts – Energy Efficiency. March 2009.

ANEXO I – DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

O método proposto neste anexo tem como objetivo auxiliar no dimensionamento dos dispositivos de proteção solares para possibilitar o aumento do valor da variável "somb" na equação de desempenho da envoltória em ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, que não possuam venezianas. Este método permite a definição de valores entre 0 e 0,5 para a variável "somb".

O método define os ângulos para a determinação de dimensões mínimas do sistema de proteção solar em aberturas de cômodos de permanência prolongada através da conjunção de critérios de temperatura externa e radiação solar incidente na fachada, que são plotados em cartas solares para a latitude da cidade onde se localiza o projeto em estudo.

Este método foi aplicado para as cidades que dispõem de Normais Climatológicas do INMET (1961-1990). O resultado deste trabalho pode ser utilizado para os projetos nas cidades em questão e está disponível em www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios.

A. 1. Confecção das cartas solares com plotagem de temperaturas

Realizar o levantamento e tratamento de dados das normais climatológicas definindo a variação de temperatura média da cidade sob análise. Deve-se obter as temperaturas médias mensais de 6 h às 18 h ao longo dos meses do ano.

A.1.a. Tratamento de dados climáticos

A partir das temperaturas do ar máxima e mínima mensais, dadas nas Normais Climatológicas, podem ser obtidos os dados horários médios mensais de temperatura do ar, pelo ajuste dos dados locais à curva-padrão da Organização Mundial de Meteorologia (WMO) mostrado pela Equação A1 (ASSIS, 2001 in PEREIRA; SOUZA, 2008).

$$T = Tx - (Tmx - Tmn).j \qquad \text{Equação A1}$$

Onde:

T: temperatura média mensal horária, (ºC)

Tmx: temperatura média mensal das máximas, (ºC)

Tmn: temperatura média mensal das mínimas, (ºC)

J: valor de ajuste da curva horária de temperatura, a partir da hora 0 até a hora 23: 0,75; 0,78; 0,82; 0,87; 0,89; 0,96; 1,00; 0,93; 0,76; 0,57; 0,41; 0,28; 0,15; 0,11; 0,02; 0,00; 0,04; 0,08; 0,15; 0,46; 0,56; 0,64; 0,73; 0,70.

A.1.b. Cálculo da Temperatura neutra mensal

O centro da zona de conforto térmico é determinado pelo cálculo da temperatura neutra, e as temperaturas devem ser classificadas de acordo com limites, determinados pelo cálculo e representado pela Equação A2.

$$Tn = 0{,}31Te + 17{,}6 \qquad \text{Equação A2}$$

Onde:

Tn: temperatura neutra (^{o}C);

Te: temperatura do ar média mensal (^{o}C), extraída das Normais Climatológicas (BRASIL, 1991) ou dos dados de TRY, nas cidades que possuem estes dados disponíveis.

A.1.c. Variações da temperatura média mensal em relação à temperatura neutra

As temperaturas neutras (Tn) fornecem variações acima das quais a insolação deve ser bloqueada, dadas em número de graus acima da Tn (Tn+2, Tn+3...), e das quais a insolação deve ser permitida, dados em graus abaixo da Tn (Tn-6, Tn-7, Tn-8...).

De posse dos dados horários de temperatura média mensal, deve-se plotar os dados em uma tabela, como mostra a Figura A1 com dados para Belo Horizonte. Esta tabela auxilia na análise das temperaturas locais e na construção da carta solar. Uma cor é dada a cada

grau a mais ou a menos da temperatura neutra (Tn), a partir das médias mensais. Estas cores são levadas para a tabela com as médias horárias para cada mês.

Tn-8	16,8	16,9	16,8	16,2	15,8	15,4	15,3	15,6	16,2	16,5	16,6	16,6
Tn-7	17,8	17,9	17,8	17,2	16,8	16,4	16,3	16,6	17,2	17,5	17,6	17,6
Tn	24,8	24,9	24,8	24,2	23,8	23,4	23,3	23,6	24,2	24,5	24,6	24,6
Tn+2	26,8	26,9	26,8	26,2	25,8	25,4	25,3	25,6	26,2	26,5	26,6	26,57
Tn+3	27,8	27,9	27,822	27,2	26,8	26,4	26,3	26,6	27,19	27,5	27,6	27,6
Tn+4	28,8	28,9	28,8	28,2	27,8	27,4	27,3	27,6	28,2	28,5	28,6	28,6
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
06:00	18,8	19,0	18,80	17,3	15,0	13,4	13,1	14,4	16,20	17,50	18,2	18,4
07:00	19,5	19,7	19,5	18,0	15,77	14,2	13,9	15,2	17,0	18,2	18,9	19,0
08:00	21,1	21,4	21,2	19,7	17,6	16,2	15,9	17,3	18,8	19,9	20,4	20,5
09:00	22,8	23,2	23,0	21,7	19,7	18,4	18,0	19,60	20,9	21,9	22,2	22,2
10:00	24,3	24,8	24,6	23,3	21,5	20,2	19,9	21,5	22,7	23,5	23,7	23,7
11:00	25,6	26,1	25,9	24,6	22,9	21,8	21,4	23,1	24,1	24,8	24,9	24,8
12:00	26,8	27,3	27,1	26,0	24,4	23,3	22,9	24,7	25,6	26,2	26,1	26,0
13:00	27,2	27,7	27,5	26,4	24,79	23,7	23,34	25,2	26,0	26,6	26,5	26,3
14:00	28,0	28,6	28,4	27,25	25,7	24,7	24,31	26,2	26,9	27,4	27,3	27,1
15:00	28,2	28,8	28,6	27,5	26,0	25,0	24,6	26,5	27,20	27,7	27,5	27,3
16:00	27,82	28,4	28,2	27,1	25,6	24,54	24,1	26,0	26,8	27,3	27,1	26,9
17:00	27,4	28,0	27,816	26,7	25,1	24,1	23,7	25,5	26,3	26,9	26,8	26,59
18:00	26,8	26,8	27,1	26,0	24,4	23,3	22,9	24,7	25,6	26,2	26,1	26,0

Figura A1: Exemplo de tabela de temperatura horária média mensal para a cidade de Belo Horizonte

As cartas solares (FROTA, 2004) disponíveis em http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html são baseadas na latitude local, a cada 2° de variação latitudinal, sendo necessário usar o valor de latitude mais próximo da latitude real da cidade em análise.

A.1.d. Determinação da escala de cores para plotagem na carta solar

Uma vez que a carta solar representa duas trajetórias solares ao longo do ano (a primeira de 22 de dezembro a 22 de junho e a segunda de 22 de junho a 22 de dezembro), ao se marcar as temperaturas na carta solar deve-se marcar prioritariamente as temperaturas mais extremas tanto no período de calor quanto no período de frio de cada uma destas trajetórias.

Como as trajetórias solares representam dois momentos do ano, deve-se ainda criar uma escala de cores que represente a ocorrência de temperaturas nas faixas estabelecidas de Tn nas duas épocas do ano em que o sol estará presente em determinada região de céu. A

escala de cores (baseada no item anterior) para o preenchimento da carta solar é apresentada na Figura A2 e será considerada uma cor para cada intervalo de 1 hora, nas épocas do ano consideradas. A Figura A2 apresenta a escala e um exemplo de preenchimento para a cidade de Belo Horizonte.

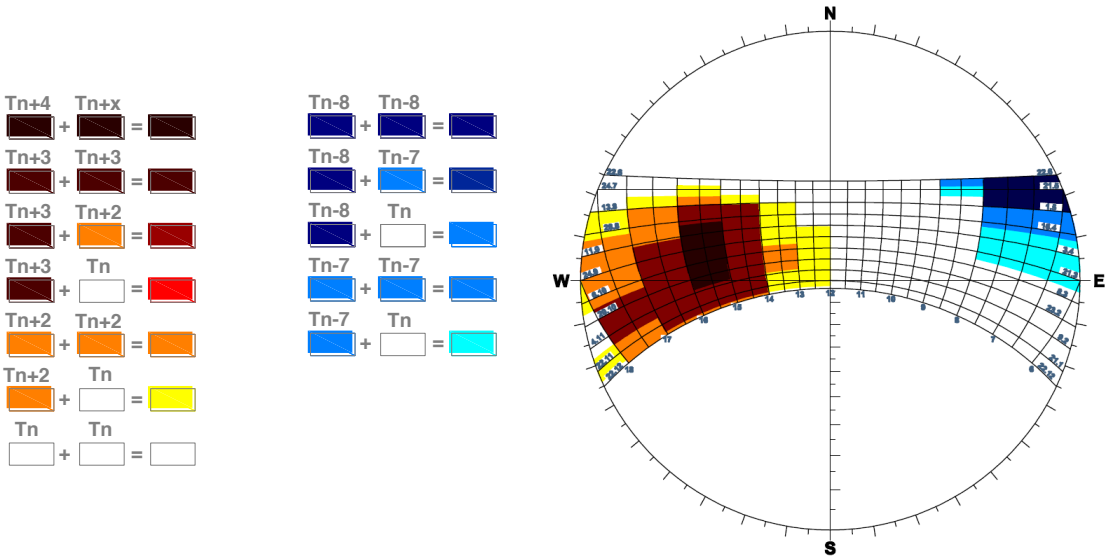


Figura A2: escala de cores para preenchimento da carta solar e exemplo de preenchimento para a cidade de Belo Horizonte (ZB3)

Caso a edificação seja projetada para uma cidade em que não existam dados climáticos do INMET, deve-se utilizar a da cidade mais próxima, da mesma Zona Bioclimática, que apresente características climáticas de radiação e temperatura semelhantes.

A.2 – Plotagem de radiação solar por fachada nas cartas solares

As fachadas devem ser consideradas de acordo com 8 orientações cardeais a cada 45º de variação azimutal (0º, 45º, 90º, 135º,180º, 225º, 270º, 315º), sendo que orientações intermediárias devem ser substituidas pelo azimute mais próximo a estes).

A estas fachadas deve ser sobreposto o gráfico de radiação solar incidente na fachada apresentado na Figura A.3.

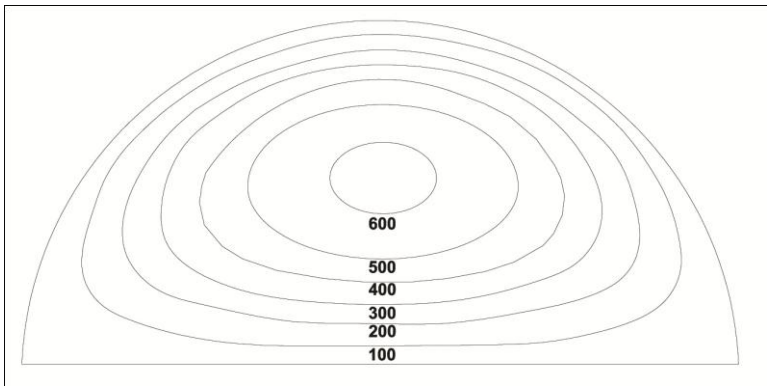


Figura A3: Radiação solar incidente (W/m^2) nas regiões de céu, considerando nebulosidade de 2/10 de céu (Fonte: adaptado de FROTA, 2004)

A.2.a. Níveis de radiação considerados

São considerados como elevados os valores de 600 W/m^2. As regiões de céu que possuem radiação solar com esta intensidade são obtidas por meio da Figura A.3.

A.3 Definição da faixa de proteção solar

Não deve haver sombreamento da insolação em aberturas para temperaturas inferiores a Tn-8 nas Zonas Bioclimáticas de 3 a 8. Nas Zonas Bioclimáticas 1 e 2, não deve haver proteção para valores inferiores a Tn-7. Além disso, as proteções solares não são necessárias quando a necessidade de sombreamento se der por menos de dois meses do ano e/ou duas horas do dia e após às 17h00.

Para a definição do dimensionamento mínimo dos componentes de proteção solar em edificações residenciais, deve ser feita proteção solar quando haja incidência solar em horários em que as temperaturas sejam superiores a Tn+3 tanto para aberturas pequenas (aberturas com área menor que 25% da área do piso) quanto para aberturas grandes (aberturas com área maior que 25% da área do piso).

Devem ser protegidas as aberturas pequenas quando estas temperaturas superiores a Tn+3 coincidirem com a radiação de 600W; e nas aberturas grandes, tanto na região em que houver insolação superior a 600W, quanto na região em que a temperatura externa for

superior a Tn+3. Temperaturas maiores que as da faixa de proteção devem sempre ser protegidas (Tn+4, Tn+5,...).

A.4 Ângulos mínimos dos dispositivos de proteção solar

Os ângulos de proteção solar resultantes do método descrito nos itens anteriores devem ser transcritos para a tabela resumo (Figura A11). A leitura deste ângulo é feita de acordo com o indicado nas Figuras de A4 a A10).

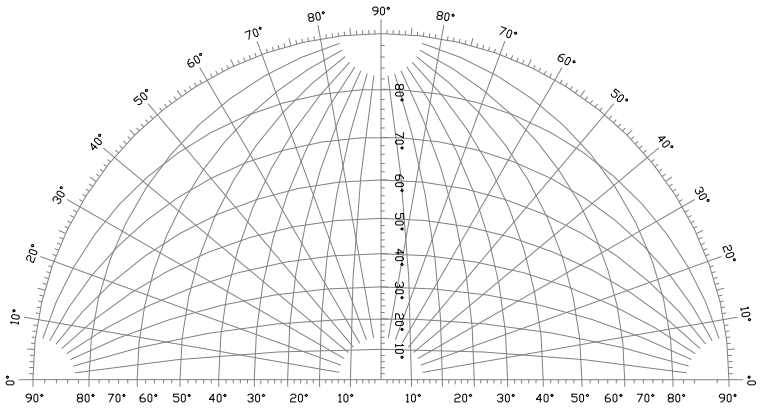


Figura A4: modelo de transferidor auxiliar

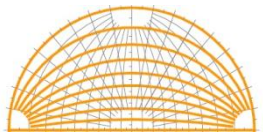


Figura A5: ângulo α

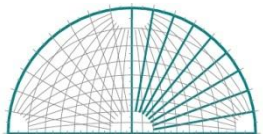


Figura A6: ângulo β

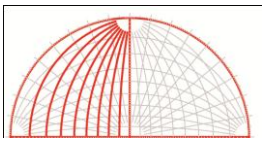


Figura A7: ângulo γ

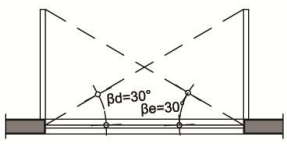


Figura A8: ângulo β (planta)

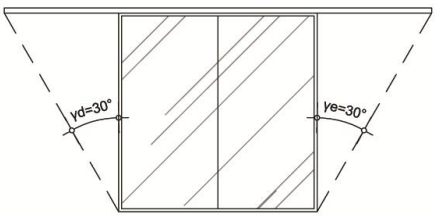


Figura A9: ângulo γ (vista)

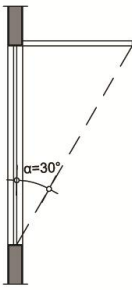
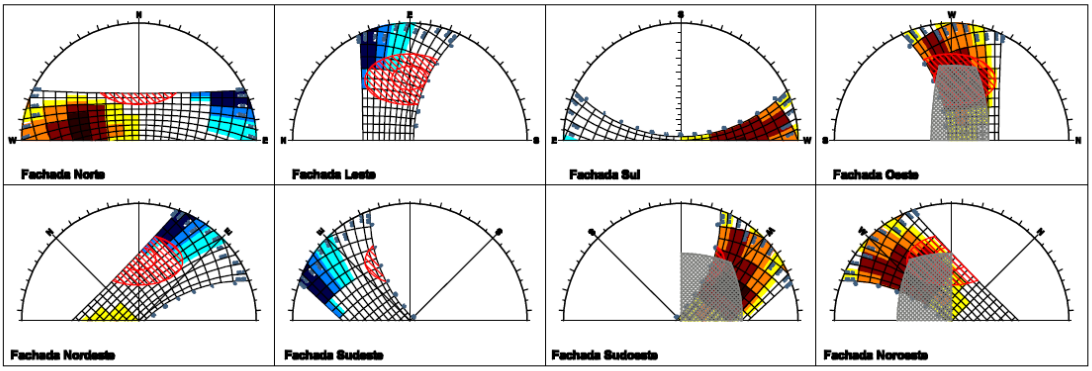


Figura A10: ângulo α (corte)

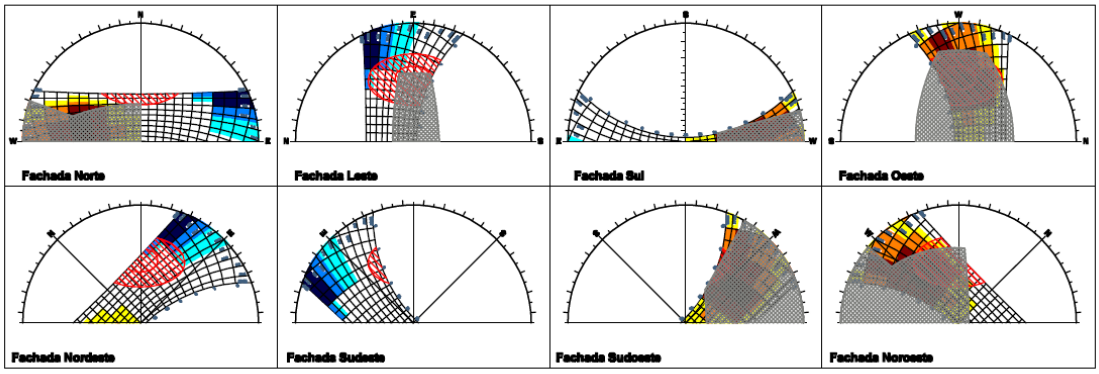
A.5 Geração de dispositivos de proteção solar

Para cada fachada, quando for o caso, pode-se desenvolver três tipos de máscara: um conjunto para aberturas consideradas pequenas; um conjunto para aberturas grandes (que refere-se a máscaras conjugadas, que utilizam tanto placas de proteção verticais quanto horizontais (opção 1)); e um conjunto também para aberturas grandes (que referem-se a máscaras que possuem ângulos beta e gama, ou seja, que podem ser geradas apenas por brises verticais (opção 2)). A Figura A11 dá exemplo das opções de máscaras de proteção solar para Belo Horizonte.

Aberturas pequenas



Aberturas grandes 1ª opção



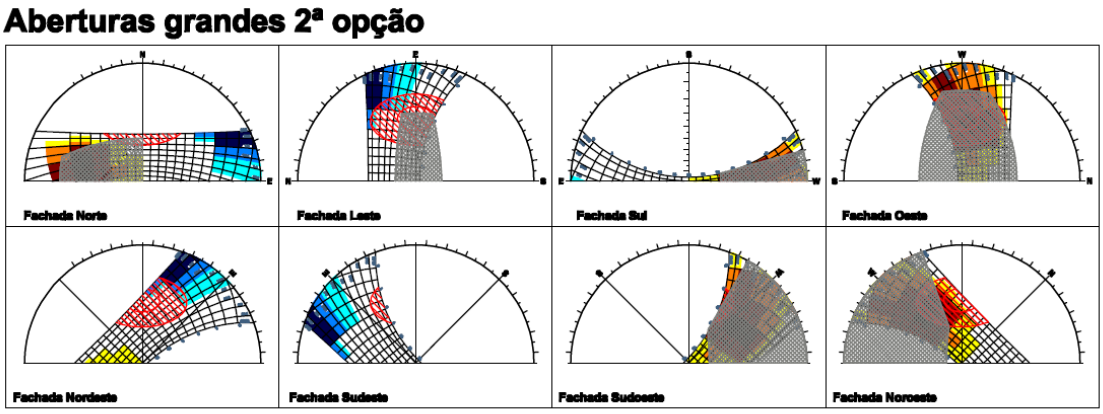


Figura A11 – Máscaras de proteção solar para a cidade de Belo horizonte – aberturas pequenas e aberturas grandes (opções 1 e 2 de mascaramento)

A Tabela A1 apresenta como exemplo, o conjunto de ângulos mínimos para proteção solar das fachadas tomadas a cada 45º para a cidade de Belo Horizonte.

Tabela A1: Ângulos de proteção solar mínimos por fachada para pontuação junto a "somb" para a cidade de Belo Horizonte

FACHADA NORTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
35°	--	20°	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
40°	--	--	--	70°

FACHADA OESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
65°	--	--	35°	20°
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
75°	--	--	50°	40°
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
75°	--	--	50°	40°

FACHADA SUDESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--

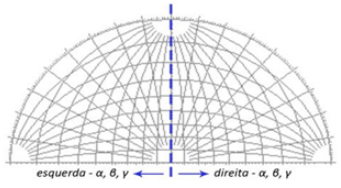
FACHADA SUL				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	15°	--	30°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	15°	--	30°	--

FACHADA NORDESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--

FACHADA NOROESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
60°	--	--	--	50°
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
65°	--	40°	10°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	70°	--	20°

FACHADA LESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
60°	--	--	25°	20°
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
60°	--	--	25°	20°

FACHADA SUDOESTE				
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
60°	--	--	55°	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	60°	--	20°	--
Área da janela > 25% área do piso (2ªopção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	60°	--	20°	--



A.5 Cálculo de "$somb_{abertura}$"

Para cada abertura, o valor de "$somb_{abertura}$" a ser considerado é relativo ao percentual de sombreamento obtido calculando-se a relação entre os ângulos recomendados (αr, γer, γdr, βer, βdr) e os ângulos de projeto do brise (αp, γep, γdp, βep, βdp) de acordo com a Equação A3. Os ângulos de projeto inseridos na Equação A3 não podem ser superiores aos ângulos recomendados. Caso o ângulo de projeto seja maior que o ângulo recomendado, deve-se considerar o valor máximo do ângulo recomendado para α, β ou γ.

$$somb_{abertura} = \frac{(\alpha p + \gamma ep + \gamma dp + \beta ep + \beta dp)}{(\alpha r + \gamma er + \gamma dr + \beta er + \beta dr)} \qquad \text{Equação A3}$$

Onde:

αr: ângulo de proteção horizontal recomendado;

γer: ângulo de extensão lateral esquerdo da proteção recomendado;

γdr:- ângulo de extensão lateral direito da proteção recomendado;

βer:- ângulo de proteção vertical esquerdo recomendado;

βdr:- ângulo de proteção vertical direito recomendado;

αp: ângulo de proteção horizontal projetado;

γep: ângulo de extensão lateral esquerdo da proteção projetado;

γdp: ângulo de extensão lateral direito da proteção projetado;

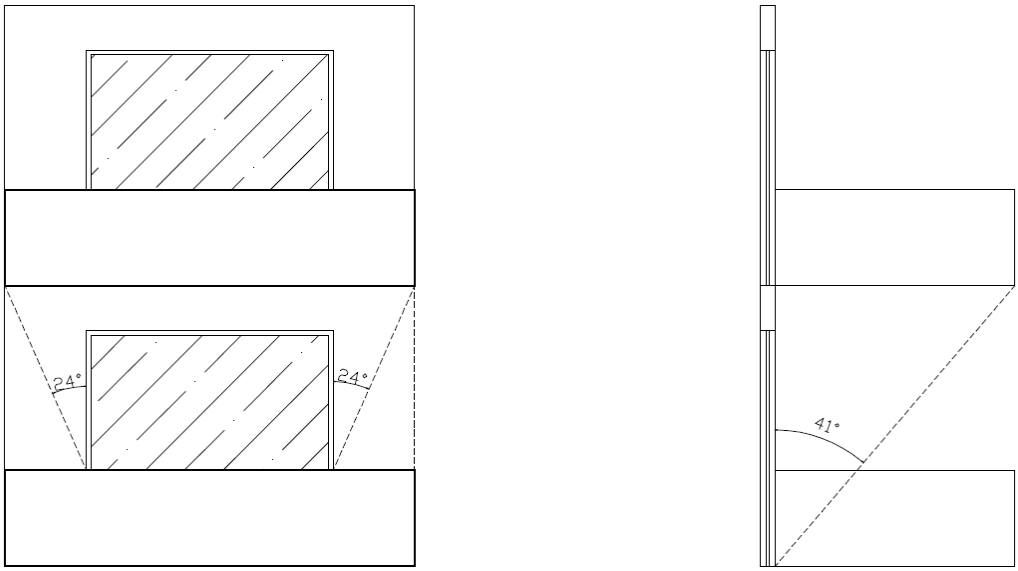
βep: ângulo de proteção vertical esquerdo projetado;

βdp: ângulo de proteção vertical direito projetado;

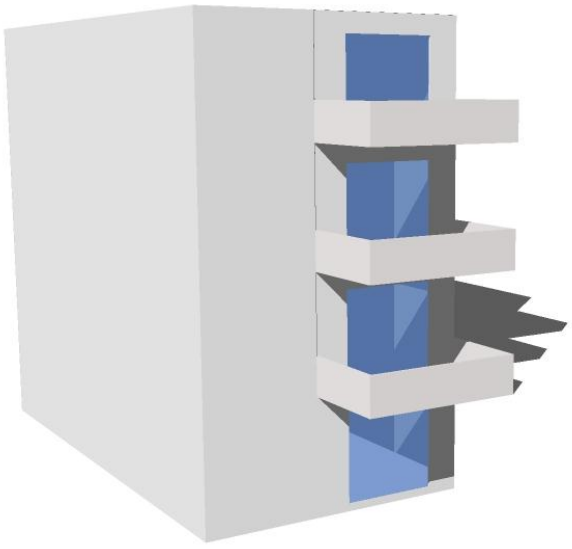
A.5.a Exemplo de cálculo de "somb"

A seguir apresenta-se o cálculo de "somb" para uma abertura que possui uma varanda externa na cidade de Belo Horizonte (Figura A12 e Figura A13), para a fachada oeste.

Abertura é considerada grande, ou seja, superior a 25% da área do piso. Os ângulos de proteção devem ser tomados a partir das extremidades da abertura. O valor máximo a ser adotado para "$somb_{abertura}$" é 1.

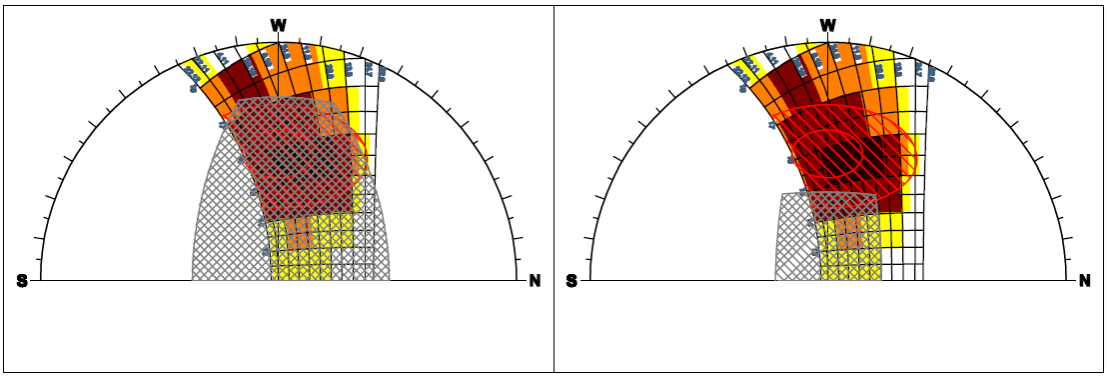


Corte **Elevação**



Perspectiva

Figura A12 – Exemplo de varanda



Máscara de referência **Máscara da varanda**

Figura A13 – Máscaras com ângulos de referência e de projeto para a varanda.

Cálculo

Ângulos de referência	Ângulos de projeto
α = 75°	α = 41° (54,6% de 75°)
γd = 30º	γd = 24° (80% de 30°)
γe = 30°	γe = 24° (80% de 30°)

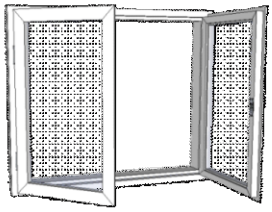
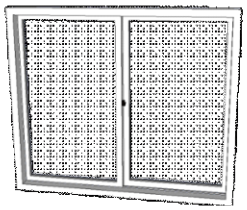
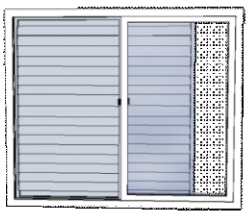
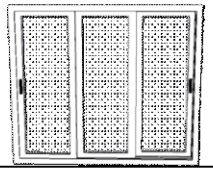
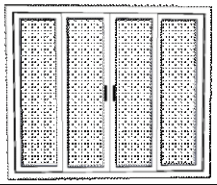
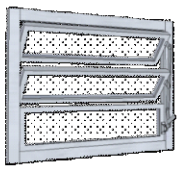
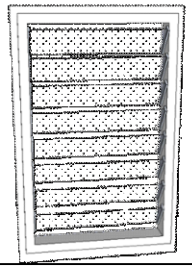
Ponderação

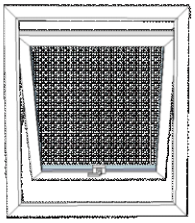
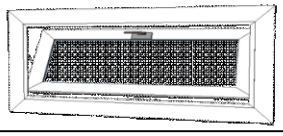
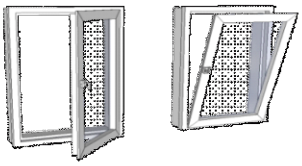
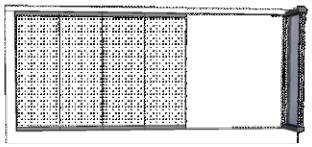
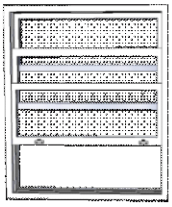
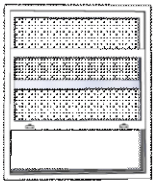
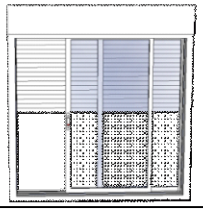
$$\text{Somb}_{\text{abertura}} = \frac{(41 + 24 + 24)}{(75 + 30 + 30)} = 0{,}659 = 66\%$$

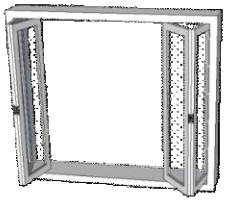
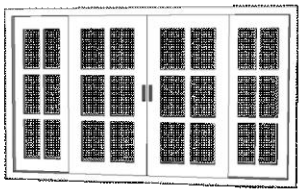
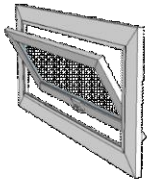
Este valor percentual é utilizado para calcular-se "somb", na equação que define a eficiência da envoltória no RTQ-R, considerando que 0,75 de "$\text{somb}_{\text{abertura}}$" corresponde a um valor de somb igual a0,5. O valor de somb deve ser obtido por regra de três.

No exemplo anterior, caso o ambiente possua apenas esta janela, "somb" seria igual a 0,44.

ANEXO II – TABELA DE DESCONTO DAS ESQUADRIAS

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
1	abrir 90º (ou de giro) 1 ou 2 folhas		90	90
2	de correr (ou deslizante) 2 folhas		80	45
3	de correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		45	45
4	de correr (ou deslizante) de 3 folhas móveis		75	60
5	de correr (ou deslizante) 4 folhas (2 fixas e 2 móveis)		70	40
6	Basculante		65	70 (i=45º) / 90 (i=90º)
7	Basculante sem esquadria		80	80

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
8	Maxim-ar (abertura 90°)		80	80
9	Tombar		90	60 (i=45°) / 90 (i=90°)
10	Oscilobatente (Tombar e abrir)		90	90
11	Cortina de vidro		95	95
12	Guilhotina tripla (2 folhas móveis e 1 fixa)		75	60
13	Guilhotina dupla (2 folhas móveis)		80	40
14	de correr (ou deslizante) com 2 folhas e persiana integrada		75	40

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
15	tipo camarão		90	90
16	Pinázio		60	40
17	Pivotante		90	90

Observação: os percentuais de abertura para iluminação e ventilação de janelas diferentes das constantes na tabela devem ser calculados desconsiderando os caixilhos.