MANUAL INI-C

Método simplificado



labEEE · CB3E centro brasileiro de eficiência energética em edificações · INMETRO · PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA · ENBPar · MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA · GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Com base na Portaria nº 309/2022 do INMETRO e NTs 01 e 02

Versão Maio/2025

Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional – ENBPar
Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL

Silas Rondeau Cavalcante Silva

Diretor Presidente

Miguel da Silva Marques

Diretor de Gestão de Programas do Governo

Juliana Godoy Alves Tadeu

Superintendente do PROCEL

George Alves Soares

Gerente de Edificações, Indústria, Comércio e Selo PROCEL

Equipe técnica:

Myrthes Marcele Farias dos Santos

Marina da Silva Garcia

Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E – UFSC

Roberto Lamberts

Coordenador

Ana Paula Melo

Subcoordenadora

Pós-doutorandos: *Greici Ramos*
Letícia Gabriela Eli
Matheus Soares Geraldi
Renata De Vecchi

Doutorandas: *Larissa Pereira de Souza*
Liége Garlet
Luíza Tavares de Castro

APRESENTAÇÃO

Este Manual faz parte de um conjunto de manuais que dão suporte à aplicação da Instruções Normativas Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações (INIs) e dos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC), publicados a partir da Portaria Inmetro n° 309 de 6 de setembro de 2022 (Portaria 309/22). Esta versão do Manual está em consonância com as alterações da Portaria 309/22 determinadas pelas Notas Técnicas 01 e 02.

Na Portaria 309/2022 são apresentados quatro anexos:

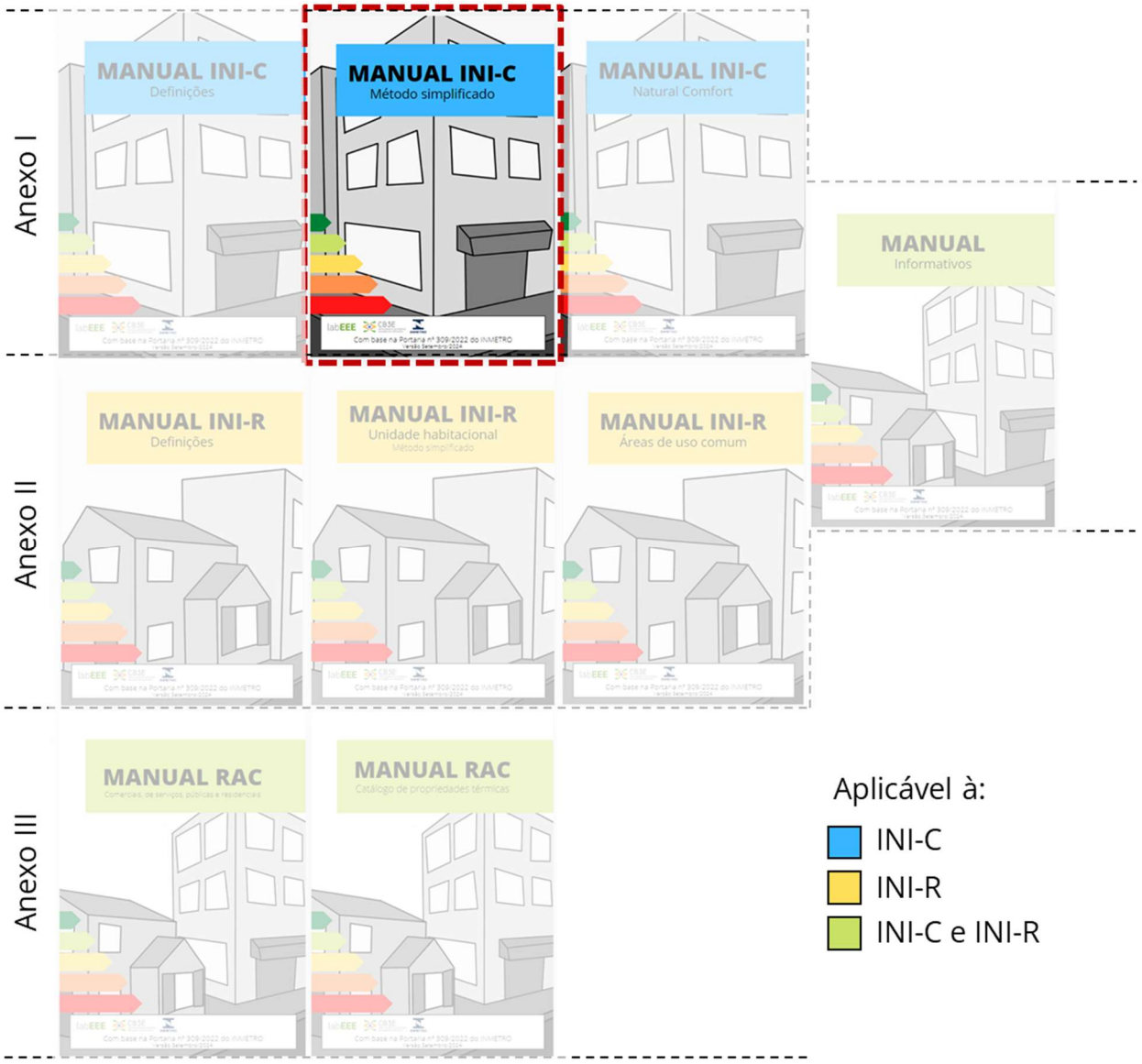
- Anexo I: Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (**INI-C**);
- Anexo II: Instrução Normativa Inmetro para a Eficiência Energética de Edificações Residenciais (**INI-R**);
- Anexo III: Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética das Edificações (**RAC**);
- Anexo IV: Selo de Identificação da Conformidade – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (**ENCE**)

Cada Anexo possui seus manuais de aplicação, divididos segundo as definições e os métodos de avaliação. Este Manual faz parte do conjunto de manuais de aplicação da INI-C, e aborda o processo de avaliação de edificações comerciais, de serviços e públicas por meio do método simplificado (Anexo B da INI-C).

As definições da **INI-C**, **INI-R** e **RAC** estão também disponíveis em um manual *online* interativo, em que os usuários podem navegar explorando exemplos e visualizando as ilustrações, por meio do link <pbeedifica.com.br/inicmanuais_interativo>.

Na Figura 1 é ilustrado o conjunto de manuais e suas aplicações, com ênfase no presente documento.

Figura 1 – Conjunto de manuais



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 2
1. INTRODUÇÃO 6
1.1 Edifício Exemplo 6
1.2 Como utilizar o Manual da INI-C 6
2. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO 8
2.1 Edifício Exemplo – Iluminação 9
2.2 Definição do método de avaliação 10
2.3 Potência instalada limite da condição de referência 10
2.4 Levantamento das potências das luminárias do projeto 11
2.5 Potência instalada total da condição real 12
2.5 Determinação do consumo de iluminação 14
2.6 Percentual de redução de consumo 14
2.7 Classificação de eficiência energética do sistema 15
2.8 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A 15
3 ENVOLTÓRIA 16
3.1 Edifício Exemplo – Dados da Envoltória 18
3.2 Limites de aplicabilidade do método 22
3.3 Parâmetros de entrada 23
3.4 Predição de carga térmica 36
3.5 Classificação de eficiência energética da envoltória 37
4 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR 38
4.1 Edifício Exemplo – Condicionamento de ar 39
4.2 Determinação da carga térmica da envoltória 39
4.3 Coeficiente de eficiência energética do sistema 40
4.4 Determinação do consumo de refrigeração 42
4.5 Percentual de redução do consumo 43
4.6 Classificação de eficiência energética do sistema 43
4.7 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A 44
5 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA 46
5.1 Edifício Exemplo – Aquecimento de água 47
5.2 Determinação do volume diário de consumo de água quente 47
5.3 Determinação da energia requerida para o atendimento da demanda de água quente 48
5.4 Determinação da energia para o aquecimento de água proveniente do sistema de energia solar térmica 49

Publicado em maio/2025

5.5 Energia associada às perdas térmicas.....54

5.6 Determinação do consumo de energia para ademanda de água quente.....58

5.7 Percentual de redução de consumo de energia primária.....59

5.8 Classificação de eficiência energética do sistema.....59

5.9 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A 60

6. Classificação Geral.....61

6.1 Condição real.....61

6.2 Condição de referência.....62

6.3 Percentual de redução de consumo de energia primária 63

6.4 Classificação geral de eficiência energética 64

1 INTRODUÇÃO

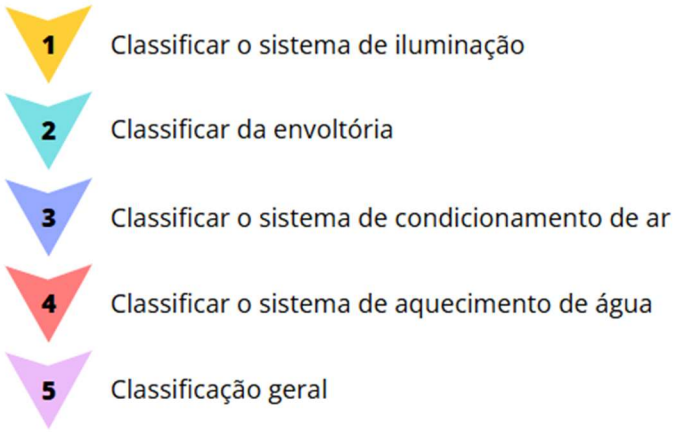
Neste Manual, propôs-se a aplicação do método da INI-C em uma edificação exemplo para a demonstração do procedimento de avaliação em uma edificação comercial.

É importante que, previamente, se tenha conhecimento das definições da INI-C para a compreensão dos levantamentos. No Manual de Definições da INI-C são apresentados exemplos ilustrados de apoio ao levantamento dos dados.

A estrutura e o fluxo de trabalho de avaliação propostos neste Manual ***não são obrigatórios****, possuindo apenas o intuito de facilitar a aplicação da INI-C, sem caráter normativo.*

Na Figura 1 é apresentado o fluxo de avaliação dos sistemas propostos neste Manual. Primeiro, avalia-se o sistema de iluminação do edifício, visto que os dados de ***iluminação*** *são utilizados posteriormente para a avaliação da* ***envoltória****. Avalia-se então a envoltória, e com os resultados de predição de carga térmica, avalia-se o sistema de* ***condicionamento de ar****. Por fim, avalia-se o sistema de* ***aquecimento de água****, obtendo-se a* ***classificação geral*** *a partir dos consumos de energia estimados para os sistemas avaliados.*

Figura 1 – Fluxo de avaliação dos sistemas na INI-C



Todos os capítulos têm como base o método simplificado da INI-C, apresentado no Anexo B, mas dependem de outros capítulos da INI-C para analisar a aplicabilidade (Capítulo 6), a classificação (Capítulo 8) e, posteriormente, a elegibilidade para classificação A (Capítulo 7).

1.1 Edifício Exemplo

Os exemplos apresentados nesse Manual partem de uma edificação de tipologia de hospedagem, localizada em São Paulo, SP.

Os dados referentes a cada sistema são apresentados no início de cada capitulo.

1.2 Como utilizar o Manual da INI-C

O conteúdo deste Manual foi organizado para apresentar os conceitos, as definições e aplicações dos métodos utilizados na INI-C de forma explicada e ilustrativa. Para

tanto, quando necessário, faz-se a transcrição do texto da Portaria 309/2022 e, posteriormente, inclui-se as explicações por meio de textos, figuras ou exemplos.

O texto deste Manual segue o padrão abaixo ilustrado:

Título	*Caixas de texto com fundo amarelo e texto cinza em itálico representam documentos externos, obrigatórios ou complementares.*

*Palavras na **cor azul em negrito** ao longo do texto indicam o item da INI-C que contém o tópico discutido.*

Caixas de texto com o fundo cinza e cor azul em itálico representam a transcrição integral do texto original da INI-C.

Caixas de texto com o fundo verde claro e texto cinza em itálico representam exemplos de aplicação do item descrito.

*Palavras na **cor roxa em negrito** ao longo do texto indicam termos que serão detalhados na caixa de dicas.*

Caixas de texto com fundo magenta e texto cinza em itálico representam caixas de dicas, contendo destaques, esclarecimentos, apresentação de links para materiais externos ou outros para auxiliar a compreensão do texto.

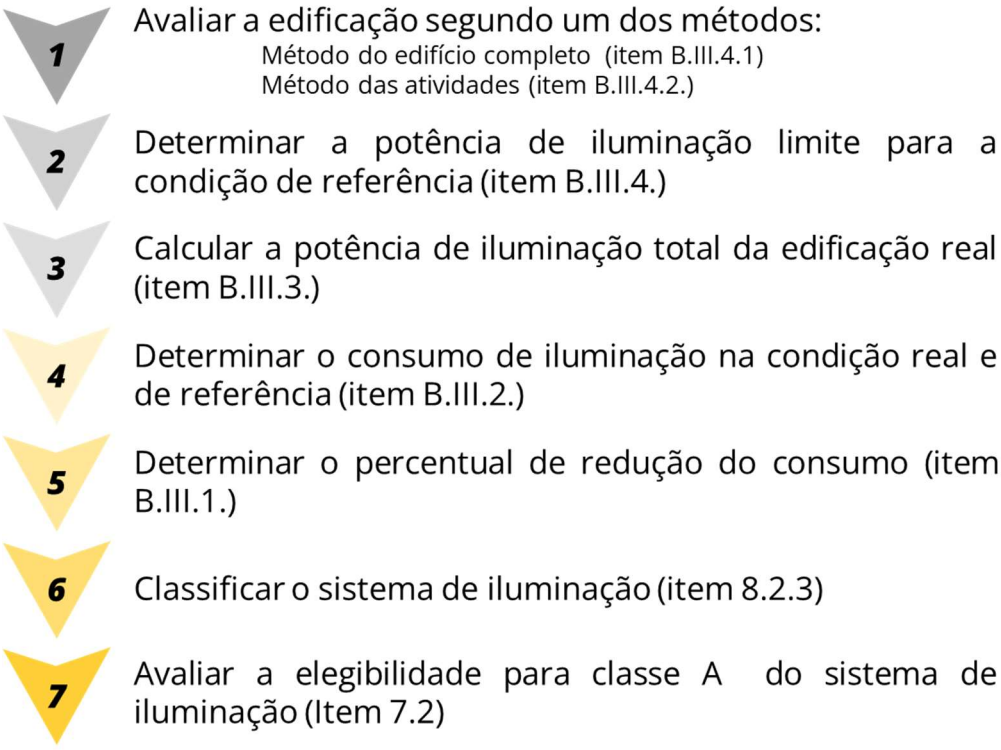
2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação artificial é considerado em dois momentos na INI-C: na avaliação da envoltória e, quando solicitado, na ***avaliação individual do sistema de iluminação.***

> ***Encontre na INI-C***
>
> *O método simplificado para a avaliação do sistema de iluminação segue o* ***Anexo B.III****.*
>
> *Sua classificação é dada segundo o* ***item 8.2.3****.*
>
> *Caso o sistema obtenha classificação A, as condições de elegibilidade devem ser conferidas segundo o* ***item 7.2****.*

Para avaliar este sistema, este Manual segue o fluxo de trabalho apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxo de aplicação do método simplificado de avaliação do sistema de iluminação



a. Edifício Exemplo – Iluminação

Figura 3 – Projeto de iluminação do Pavimento 01

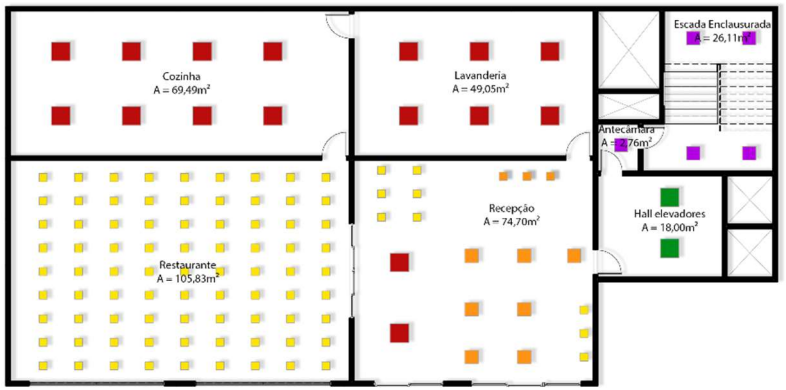


Figura 4 - Projeto de iluminação do Pavimento 02

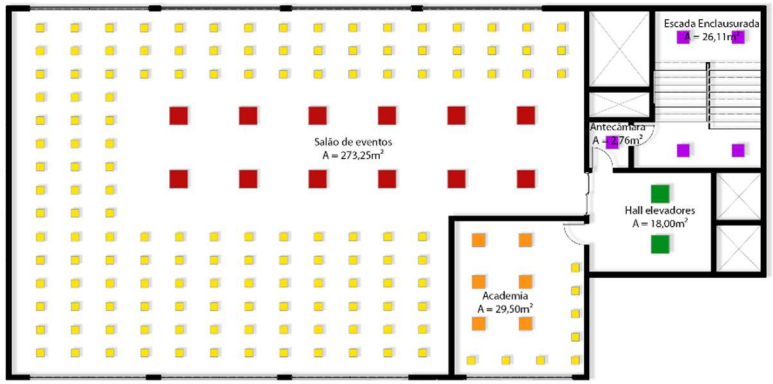
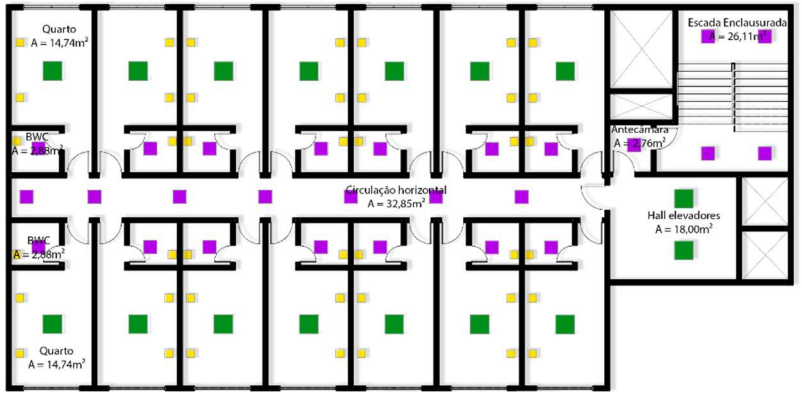


Figura 5 - Projeto de iluminação do Pavimento 03 - Tipo



LEGENDA LUMINÁRIAS

Visualização 2D	Descrição
	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 1 LÂMPADA INCANDESCENTE DE 60W
	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 1 LÂMPADA LED DE 23W
	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 2 LÂMPADAS LED 23W
	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 1 LÂMPADA INCANDESCENTE DE 100W
	LUMINÁRIA DE EMBUTIR PARA 2 LÂMPADAS INCANDESCENTES DE 100W

b. Definição do método de avaliação

O método do edifício completo é empregável aos edifícios com no máximo três atividades principais (cada uma representando no mínimo 30% da área da edificação completa), conforme descrito no item B.III.4 da INI-C. Este método é menos detalhado e agrupa funções distintas de um edifício.

*Já o **método das atividades** estabelece densidades de potência para cada tipo de atividade separadamente, para cada ambiente específico.*

Para a avaliação da edificação exemplo proposta neste Manual, utilizou-se o método do edifício completo, uma vez que a tipologia de hospedagem é predominante no edifício.

> ***Método das Atividades***
>
> *Para o método das atividades, deve-se utilizar a **Tabela B.III.3** e a **Equação B.III.9**, determinando também os valores de potência limite das condições de referência A e D.*
>
> *No entanto, a diferença para o método das atividades é que a DPI_L de cada uso deve ser levantada por ambiente/atividade, assim como a área a ser multiplicada pela respectiva DPI, que deve ser a área iluminada do ambiente/atividade.*
>
> *Posteriormente, somam-se as potências dos ambientes do edifício para cada condição, e tem-se a potência limite.*

c. Potência instalada limite da condição de referência

A potência instalada limite (PI_L) é necessária para definir o limite de potência permitido para as classificações de eficiência A e D para a tipologia da edificação.

*Pelo método do edifício completo, este cálculo é dado com base na **Tabela B.III.2**, que apresenta valores de densidade de potência de iluminação limite (DPI_L) para níveis A e D específicos de acordo com o uso da edificação.*

Além disso, é preciso calcular a área iluminada total da edificação, definida como

> *Área de piso dos ambientes internos e externos que são iluminados artificialmente.*

*Então, a partir das DPI_L obtidas, calcula-se a potência limite com base na **Equação B.III.7**:*

EXEMPLO: Potência instalada limite

*a) Obter DPI limite na **Tabela B.III.2**:*
- *$DPI_{L,A}$ = 8,1 W/m²*
- *$DPI_{L,D}$ = 15,70 W/m²*

b) Área Iluminada total:
A_{total} = 2.001,16 m²

c) Calcular PI_L para os níveis A e D:

$$PI_L = \sum_{i=1}^{n=3} (A_I \cdot DPI_L)$$

$$PI_{L,A} = (A_{TOTAL} \cdot DPI_{L,A}) \qquad PI_{L,D} = (A_{TOTAL} \cdot DPI_{L,D})$$

$$\mathbf{PI_{L,A} = 16.209,40} \qquad \mathbf{PI_{L,D} = 31.418,21\ W}$$

d. Levantamento das potências das luminárias do projeto

O levantamento das luminárias existentes é baseado nos projetos de iluminação. Para isso, é necessário identificar todos os tipos de luminárias indicadas em cada ambiente, registrando suas potências e multiplicá-las pela quantidade de luminárias instaladas. Deve-se também considerar o número de repetições do ambiente no edifício, como é o caso de pavimentos tipo e circulações e escadas.

EXEMPLO: Levantamento de Luminárias

A Tabela 1 apresenta o levantamento de luminárias realizado a partir das Figuras 3 a 5.

Tabela 1 – Levantamento de luminárias

Ambiente	Tipo de Luminária	Potência da Luminária	Qtd. Luminárias	Repetição do Ambiente	Potência Instalada
Escada	1 lâmpada LED 23 W	23 W	4	6	552 W
Antecâmara	1 lâmpada LED 23 W	23 W	1	6	138 W
Hall elevadores	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	2	6	552 W
Circulação	1 lâmpada LED 23 W	23 W	7	4	644 W
Banheiros	1 lâmpada LED 23 W	23 W	1	56	2576 W

	1 lâmpada LED 23 W	23 W	1		
Quartos	1 lâmpada LED 23 W	46 W	2	56	5152 W
	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	1		
Cozinha	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	8	1	368 W
Lavanderia	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	6	1	276 W
Restaurante	1 lâmpada LED 23 W	23 W	81	1	1863 W
Recepção	1 lâmpada LED 23 W	23 W	7	1	529 W
	1 lâmpada LED 23 W	23 W	12	1	
	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	2	1	
Salão de Eventos	1 lâmpada LED 23 W	23 W	138	1	3726 W
	2 lâmpadas LED 23 W	46 W	12	1	
Academia	1 lâmpada LED 23 W	23 W	6	1	322 W
	1 lâmpada LED 23 W	23 W	322	1	

e. Potência instalada total da condição real

*No **item B.III.3 da INI-C** é apresentado o método para calcular a Potência Instalada Total (PI_T) da edificação.*

Esse cálculo pode exigir ajustes em duas situações específicas:

a) Ambientes sem projeto luminotécnico:
*Nesses casos, a potência instalada do ambiente deve ser calculada usando o P_{ASP}, conforme a **equação B.III.5**. O P_{ASP} é obtido multiplicando a potência limite de iluminação da classe D do ambiente por 1,5.*

> ***EXEMPLO: P_{ASP}***
>
> *Como o edifício de hospedagem analisado possui projeto luminotécnico para todos os ambientes, esse cálculo **não é aplicável**.*

b) Ajuste de potência para controle de iluminação por sensores (PI_U):
*Quando há previsão de controle da iluminação através de sensores, deve-se calcular a Potência Instalada em uso (PI_U). Esse cálculo é dado com base na **Equação B.III.6** e nos Fatores de Ajuste de Potência (FAP), listados na **Tabela B.III.1**.*

O ajuste depende do tipo de controle instalado no ambiente e deve ser aplicado a todos os ambientes com controle de iluminação.

EXEMPLO: PI_U

No edifício exemplo, as circulações dos pavimentos tipo, escadas, antecâmaras e hall dos elevadores possuem controle dimerizável com desligamento automático, correspondendo a um FAP de 0,8.

Quartos e banheiros utilizam controle de ocupação por cartão, também com FAP de 0,8.

*A partir da equação **Equação B.III.6**, foram calculados os valores de PI_U.*

Tabela 2 – Cálculo do PI_u

Ambiente	Potência Instalada	FAP	Potência Instalada em Uso (PI_U)
Escada	552 W	0,8	441,6 W
Antecâmara	138 W	0,8	110,4 W
Hall elevadores	552 W	0,8	441,6 W
Circulação	644 W	0,8	515,2 W
Banheiros	2576 W	0,8	2060,8 W
Quartos	5152 W	0,8	4121,2 W
TOTAL			**7691,2 W**

Ambientes cujas luminárias não possuem controle automatizado devem ter sua potência instalada considerada integralmente, sem ajustes. Esse levantamento foi realizado no passo 3 (item 2.4).

EXEMPLO: PI

A PI é obtida pelo somatório das potências instaladas das lâmpadas em cada ambiente.

Tabela 3 – Cálculo da PI

Ambiente	Potência Instalada (PI)
Cozinha	368 W
Lavanderia	276 W
Restaurante	1863 W
Recepção	529 W
Salão de Eventos	3726 W
Academia	322 W
TOTAL	**7084 W**

*Por fim, para calcular a potência de iluminação total do edifício, utiliza-se a **Equação B.III.4 da INI-C**, que consiste no somatório de todas as potências calculadas.*

EXEMPLO: PI_{Treal}

- P_{ASP} = 0 W
- PI_U = 7.691,2 W

- *PI = 7.084,0 W*

$$PI_{Treal} = \sum(PI_U) + \sum(PI) + P_{ASP}$$

PI_{Treal} = 14.775,2 W

2.5 Determinação do consumo de iluminação

*Com as potências de iluminação determinadas, é possível calcular o consumo de energia do sistema de iluminação da condição real ($C_{IL,real}$) utilizando a **Equação B.III.2** e da condição de referência para os níveis A e D ($C_{IL,refA}$ e $C_{IL,refD}$), utilizando a **Equação B.III.3**.*

*Para isso, é necessário levantar os dados de horas de uso diário (h) e número de dias de ocupação por ano (N_{ano}), conforme tabelas do **Anexo A da INI-C**.*

EXEMPLO: $C_{IL,real}$ e $C_{IL,ref}$

- *PI_{Treal} = 14.775,2 W*
- *$PI_{L,A}$ = 16.209,4 W*
- *$PI_{L,D}$ = 31.418,2 W*
- *h = 12 horas*
- *N_{ano} = 365 dias*

$$C_{IL,real} = (PI_T . h . N_{ano})/1000$$

$C_{IL,real}$ = 64.715,4 kWh/ano

$$C_{IL,refA} = (PI_{LA} . h . N_{ano})/1000$$

$C_{IL,refA}$ = 70.997,1 kWh/ano

$$C_{IL,refD} = (PI_{LD} . h . N_{ano})/1000$$

$C_{IL,refD}$ = 137.611,8 kWh/ano

2.6 Percentual de redução de consumo

*A determinação do percentual de redução do consumo de iluminação se dá com base na **Equação B.III.1 da INI-C**.*

Para tanto, é necessário o consumo da edificação na condição real e na condição de referência D.

EXEMPLO: $RedC_{IL}$

- *$C_{IL,real}$ = 64.715,4 kWh/ano*
- *$C_{IL,refD}$ = 137.611,8 kWh/ano*

$$RedC_{IL} = ((C_{IL,refD} - C_{IL,real}) / C_{IL,refD}) \cdot 100$$

$RedC_{IL}$ = 53%

2.7 Classificação de eficiência energética do sistema

*Para classificar o sistema de iluminação, é necessário criar a escala de classificação de eficiência energética, apresentada no **item 8.2.3 da INI-C**. A escala é criada com base no consumo de referência A e D, calculados no passo 6.*

*A **Equação 8.12** apresenta o método de cálculo para encontrar o valor que determina o coeficiente "i", que representa a diferença entre cada limite de classificação.*

EXEMPLO: i e Classificação do Sistema de Iluminação

- $C_{IL,real}$ = 64.715,4 kWh/ano
- $C_{IL,refD}$ = 137.611,8 kWh/ano

$$i = \frac{((C_{IL,refD} - C_{IL,refA})/C_{IL,refD}).100}{3}$$

i = 16,1%

*Com base na **Tabela 8.29 da INI-C**, na Tabela 4 abaixo são representados estes limites, calculados com base no índice i:*

Tabela 4 – Limites de classificação

A	$RedC_{IL} \geq 3i$	$RedC_{IL} \geq 48,4\%$
B	$3i > RedC_{IL} \geq 2i$	$48,4\% > RedC_{IL} \geq 32,3\%$
C	$2i > RedC_{IL} \geq i$	$32,3\% > RedC_{IL} \geq 16,1\%$
D	$i > RedC_{IL} \geq 0$	$16,1\% > RedC_{IL} \geq 0\%$
E	0 > RedCIL	0% > RedCIL

Considerando que $RedC_{IL}$ atingiu 53%, e o limite mínimo para a classificação A é 48%, o sistema pode ser classificado como classe A.

2.8 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A

*Como a edificação atingiu a classificação A, é necessário verificar se atende às condições de elegibilidade estabelecidas no **item 7.2 da INI-C**:*

a) ***Contribuição da luz natural** (item 7.2.1)*
O sistema de iluminação deve permitir o acionamento independente da iluminação artificial em áreas próximas às aberturas, ou seja, nas zonas primárias de iluminação natural.

*O edifício exemplo atende a esse requisito, pois em todos os ambientes que possuem janelas, as luminárias próximas às janelas **possuem** circuitos independentes para acionamento.*

b) Controle local interno (item 7.2.2)
Todos os ambientes devem possuir pelo menos um dispositivo de controle Manual, adequado à área do espaço.

> *O edifício exemplo cumpre esse requisito, pois todos os ambientes* ***possuem*** *controle Manual da iluminação.*

c) Desligamento automático em grandes ambientes (item 7.2.3)
Ambientes com área superior a 250 m² devem contar com um sistema de desligamento automático da iluminação.

> *No edifício exemplo, o Salão de Eventos – único ambiente com área superior a 250 m² –* ***não possui*** *um sistema de desligamento automático da iluminação.*
>
> *Essa ausência faz com que apenas 78% da potência instalada total do edifício atenda ao requisito, enquanto o mínimo exigido para a classificação A é 90%.*
>
> ***Como essa condição não foi atendida, a classificação do sistema de iluminação é limitada à classe B.***

Portanto, devido à ausência do desligamento automático no Salão de Eventos, a classificação máxima possível para o sistema de iluminação do edifício é B.

B	**Sistema de iluminação**

3 ENVOLTÓRIA

A envoltória é considerada em dois momentos na INI-C: na própria avaliação da envoltória e, quando solicitada, na avaliação individual do sistema de condicionamento de ar.

A ***avaliação da envoltória*** *da edificação é obrigatória tanto para ENCEs gerais quanto para ENCE parciais.*

> ***Encontre na INI-C***
>
> *Os limites de aplicabilidade do método são apresentados no* ***item 6.1****.*
>
> *O método simplificado para a avaliação da envoltória segue o* ***Anexo B.I****.*
>
> *Sua classificação é dada segundo o* ***item 8.2.1****.*

O método simplificado de avaliação da envoltória de edificações condicionadas artificialmente se baseia na ***predição da carga térmica*** *de refrigeração.*

*A **predição de carga térmica** é feita por meio da interface web <pbeedifica.com.br/interface-ini-c>*

Para apoiar o uso da interface, é disponibilizada uma planilha, disponível para download no mesmo site.

Este Manual não contém instruções de preenchimento da planilha, mas apresenta o passo a passo para a obtenção das variáveis necessárias.

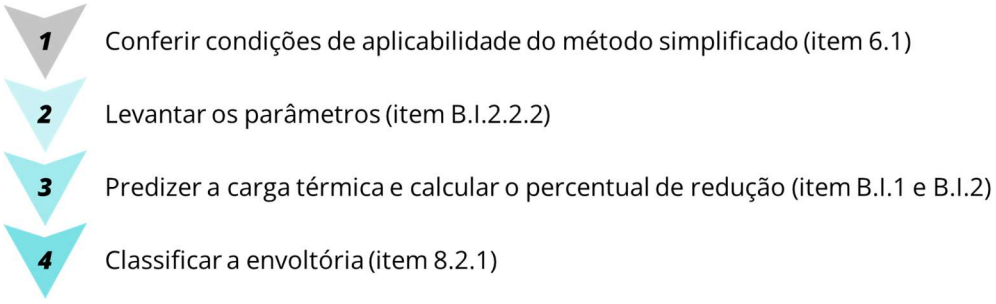
*Caso a edificação seja ventilada naturalmente ou híbrida (**item B.I.2.3**) e especificamente de tipologia de escritório ou educacional, ela pode ser avaliada pelo **método simplificado de ventilação natural** desde que respeitando os limites apresentados no **item 6.2 da INI-C**. Edificações de outras tipologias ou que excedam os limites, devem ser avaliadas pelo método de simulação.*

*O **Manual INI-C Natural Comfort** apresenta a aplicação do método voltado às edificações ventiladas naturalmente ou híbridas:*

<pbeedifica.com.br/inicmanuais>

Para a avaliação da envoltória condicionada artificialmente, este Manual segue o fluxo de trabalho apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxo do levantamento de informações para a avaliação da envoltória



3.1 Edifício Exemplo – Dados da Envoltória

Figura 7 - Planta baixa do Pavimento 01

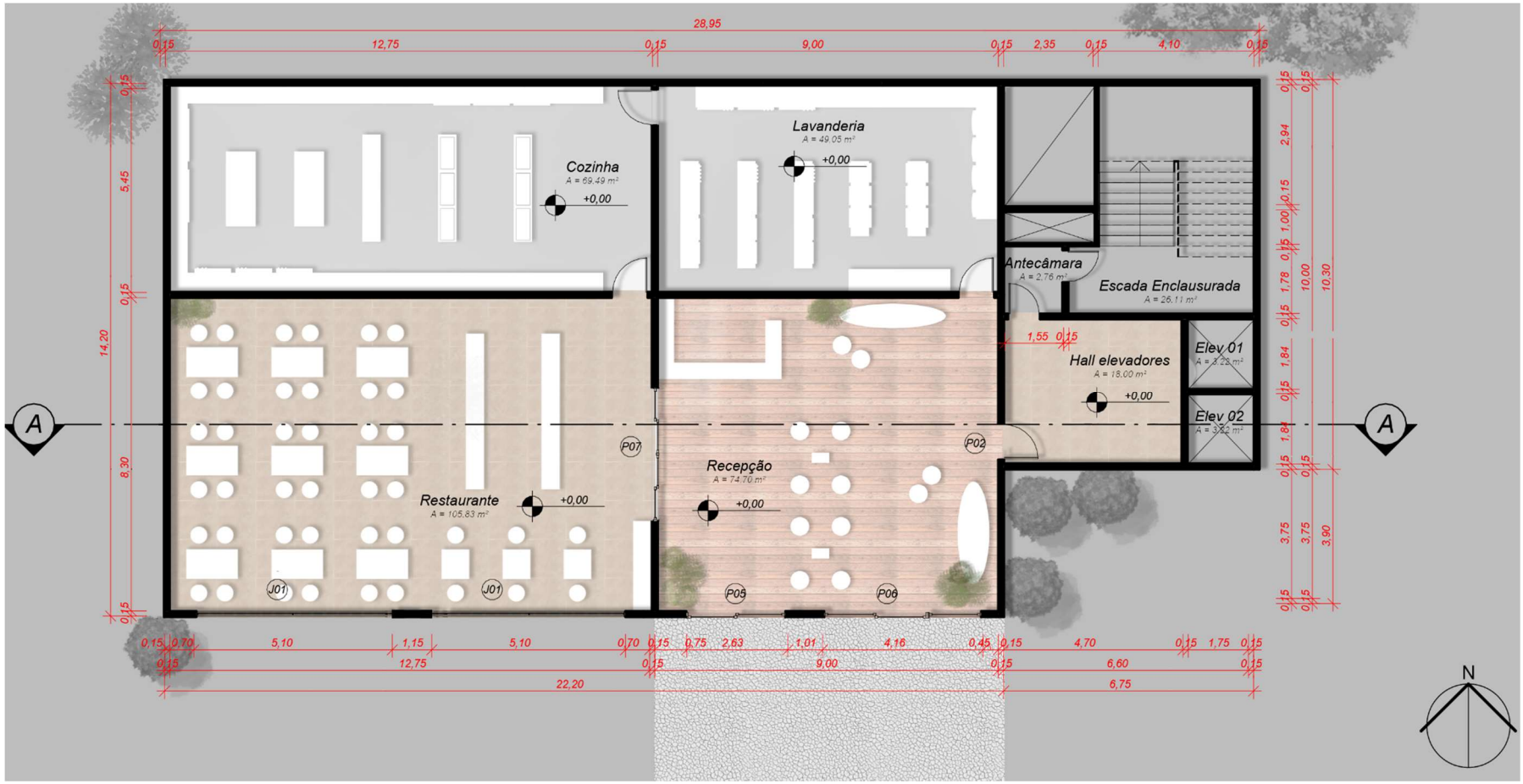


Figura 8 - Planta baixa do Pavimento 02

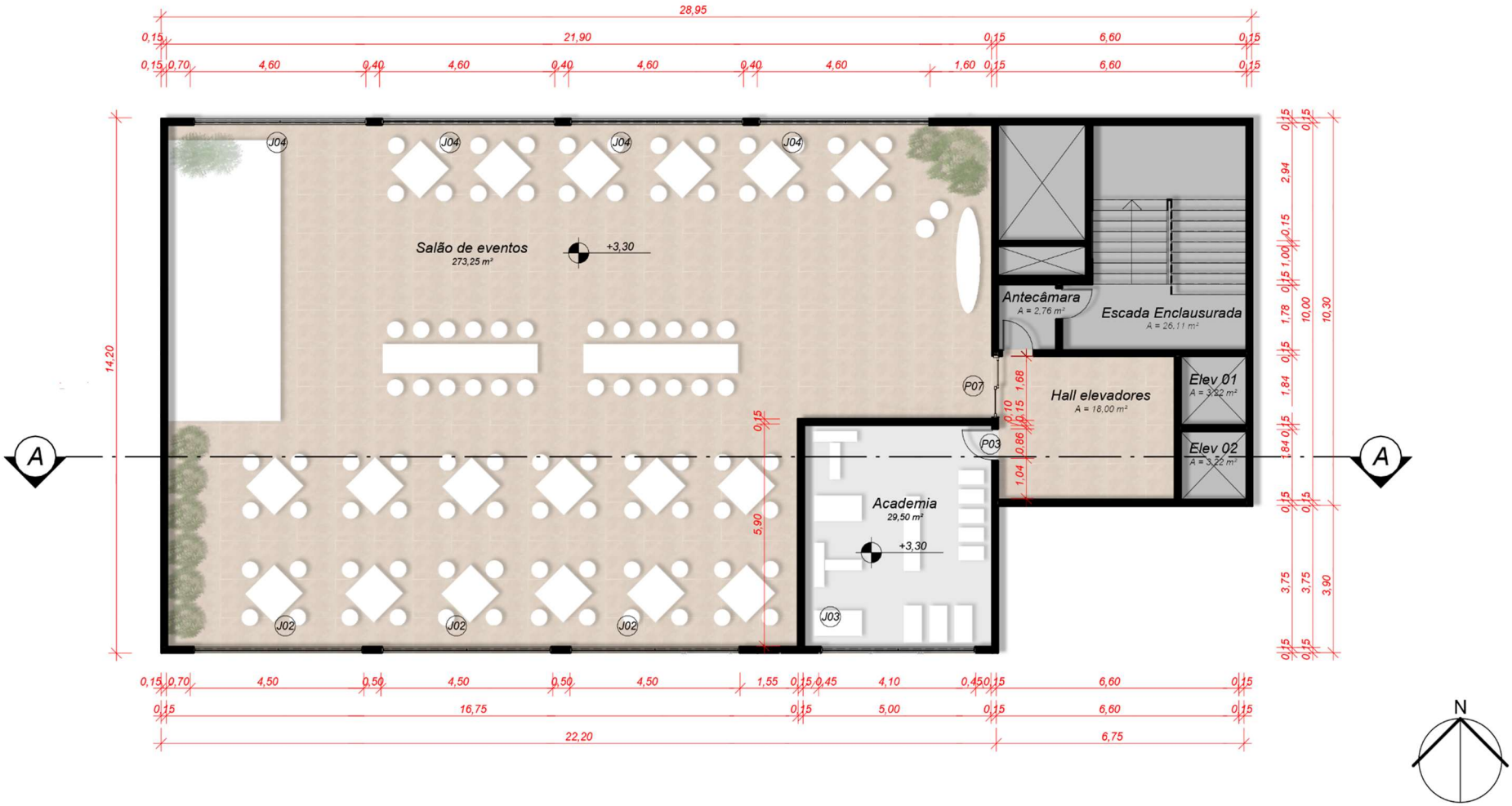


Figura 9 - Planta baixa do Pavimento 03 - Tipo

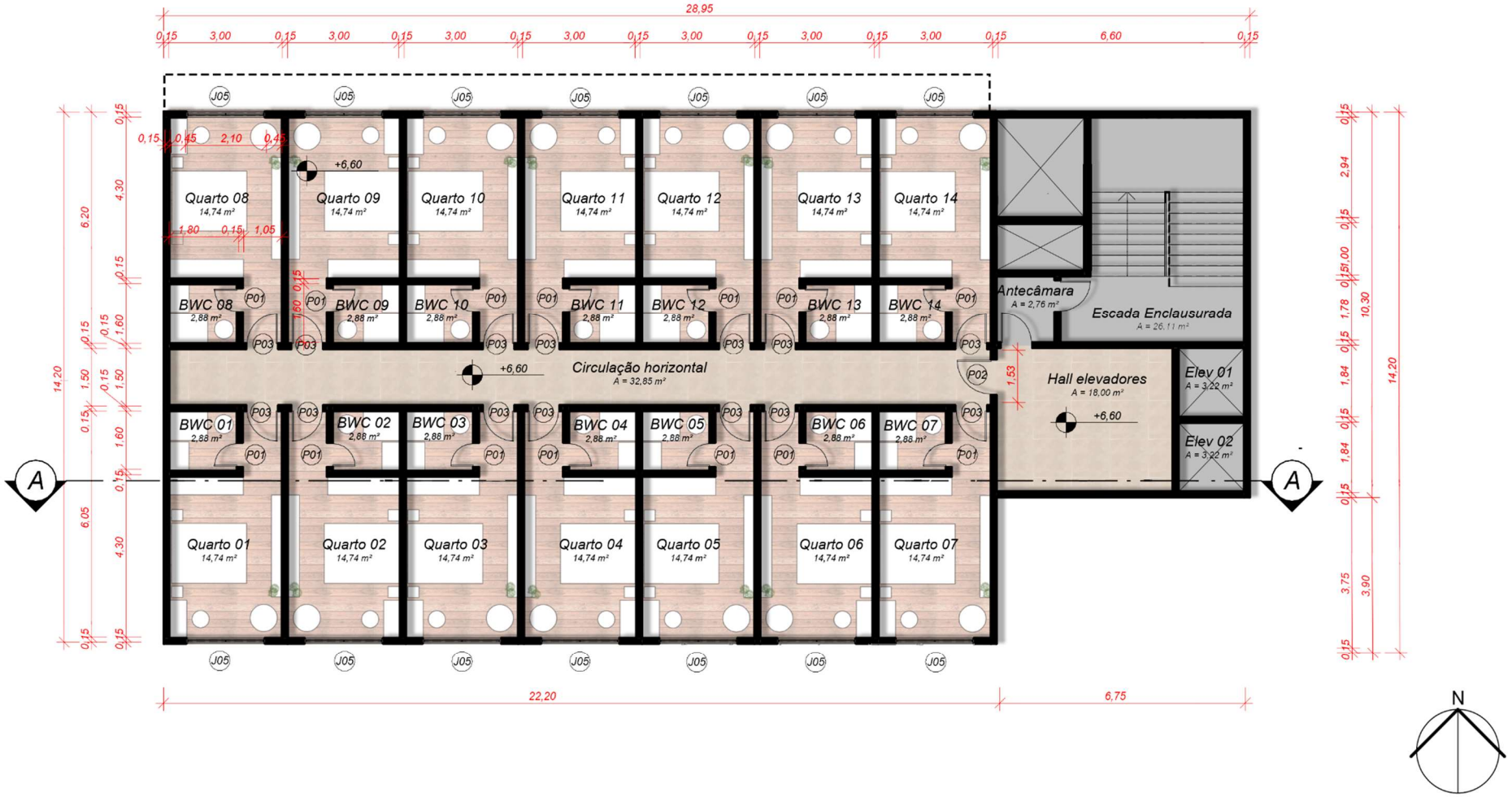
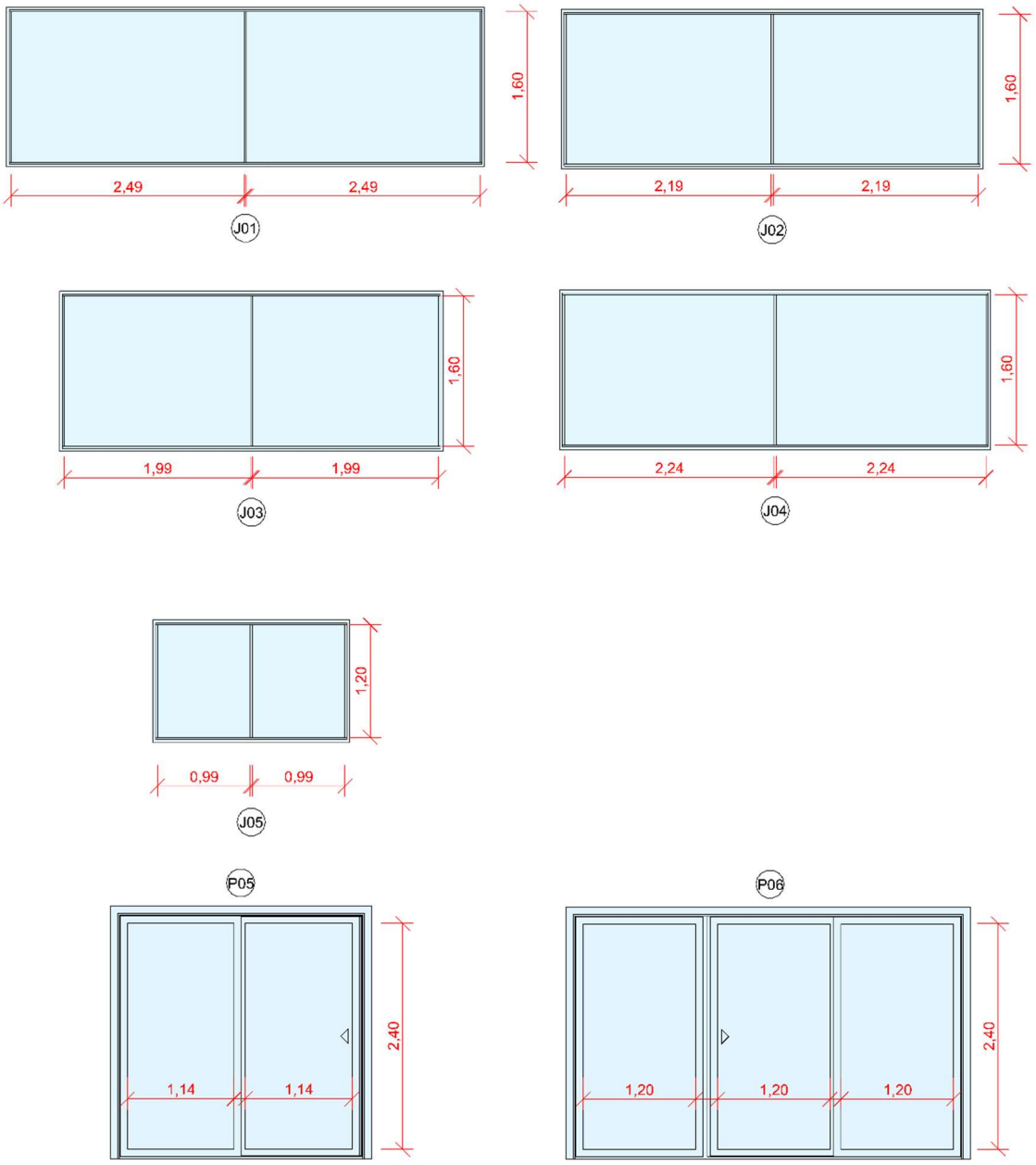


Figura 10 – Corte AA



Figura 11 - Detalhamento de esquadrias



3.2 Limites de aplicabilidade do método

Para a aplicação do método simplificado na edificação avaliada, deve-se respeitar os limites de aplicação conforme a ***Tabela 6.1 da INI-C*** *para edificações condicionadas artificialmente (****item B.I.2.2****).*

Se algum parâmetro da edificação não atender aos critérios estabelecidos, mesmo considerando as ***tolerâncias*** *permitidas, a avaliação deve ser realizada pelo método de simulação, conforme descrito no* ***Anexo C da INI-C****.*

Tolerâncias

Há uma tolerância aplicada aos limites máximos e mínimos dos parâmetros de avaliação da envoltória indicados da tabela 6.1.

*Esta tolerância é definida no **item 5.2.6 do RAC**, no **Anexo Específico I**.*

A verificação dos limites do edifício exemplo é dada no exemplo abaixo.

EXEMPLO: Limites de aplicabilidade

A edificação exemplo não excede os limites de aplicação do método simplificado e, portanto, pode ser avaliada a partir deste método.

Na edificação exemplo, todas as paredes externas, internas, elementos transparentes, pisos e o componente da cobertura são uniformes e seguem a mesma especificação para todo o edifício.

*Caso houvesse variações de componentes e/ou parâmetros em uma mesma zona térmica, seria necessário ponderar seus valores pelas respectivas áreas, e o resultado dessa **ponderação** deve atender aos limites de aplicabilidade do método.*

Ponderação

*O **Manual de Definições da INI-C** apresenta exemplos de cálculo da ponderação na categoria de componentes construtivos.*

www.pbeedifica.com.br/inicmanuais

3.3 Parâmetros de entrada

*Para realizar a predição de carga térmica, é necessário levantar as características da edificação. Este Manual segue o fluxo indicado na Figura 12 que é baseado no **Manual de Definições da INI-C.***

Alguns parâmetros são analisados considerando toda a edificação, enquanto outros devem ser definidos individualmente para cada zona térmica.

Na Figura 12 é seguido o mesmo fluxo de levantamento de dados especificado no ***Manual de Definições da INI-C:***

www.pbeedifica.com.br/inicmanuais

Figura 12 – Fluxo de levantamento de dados com base nas categorias de definições da INI-C



- ***Localização, uso e geometria***

*Os primeiros parâmetros de entrada para a predição da carga térmica envolvem características gerais da edificação. A localização define a **zona bioclimática** na qual o edifício está inserido, enquanto o uso principal determina sua **tipologia**. Já a geometria é caracterizada pelo **Fator de Forma** (FF), que representa as proporções da edificação.*

Zona bioclimática

Determinada pela NBR 15220.

Tipologia

*Determinados pelas do **Anexo A da INI-C**.*

*Os valores de referência para a tipologia de hospedagem se encontram na **Tabela A.3**.*

Fator de Forma

Índice dado pela razão entre a área da envoltória e o volume da edificação.

Esse índice é utilizado para a obtenção do coeficiente de redução de consumo (CRC) para a classificação da envoltória, do sistema de condicionamento de ar e geral.

Para o edifício exemplo, estas características são calculadas abaixo.

EXEMPLO: Características gerais

Localização

- *Localização: **São Paulo, SP**.*
- *Zona bioclimática: **3**.*

Tipologia

- *Tipologia: **hospedagem**.*

Fator de Forma

Neste caso, o cálculo do FF desconsidera a caixa d'água por ser um pavimento técnico, sem acesso aos usuários do edifício.

a) *Área da envoltória: refere-se à soma da área de fachada e área de cobertura. Tanto a área de cobertura quanto a área das fachadas foram determinadas com base no projeto arquitetônico, totalizando:*
   - A_{ENV} = 2.185,3 m²
b) *Volume: o volume da edificação corresponde à soma da área de cada pavimento multiplicado pela sua altura.*

- $V_{tot} = 8.041{,}6\ m^3$

Assim, é possível calcular o Fator de Forma do edifício exemplo:

- $FF = A_{ENV} / V_{tot}$

FF = 0,272

- ***Condições de exposição***

Para caracterizar as condições de exposição dos edifícios, é necessário dividir as zonas térmicas.

Neste Manual foi definido um passo a passo para facilitar o processo de divisão das zonas térmicas da edificação, apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Passo a passo de divisão de zonas térmicas



EXEMPLO: Zonas térmicas

O zoneamento térmico deve ser realizado para cada pavimento do edifício.

Pavimento 01

Na Figura 14 é aplicado o passo a passo de divisão de zonas térmicas para o pavimento 1 do edifício exemplo, com a configuração final das zonas térmicas para este pavimento.

- ***Exclusão de APTs:*** *o hall de elevadores, os elevadores e a circulação vertical são considerados APTs em todos os pavimentos, pois não possuem condicionamento artificial.*

  Considera-se a lavanderia e a cozinha também como APTs neste exemplo, uma vez que a ocupação dos ambientes neste caso não é prolongada, além de não se tratarem de ambientes condicionados artificialmente.

  Já a área do restaurante é considerada um APP, e também considerada como parte integrante da tipologia de hospedagem.

- ***Delimitação das ZTs:*** *deve-se então proceder com o levantamento da condição das zonas térmicas no pavimento, as áreas das zonas térmicas, tipos de zonas térmicas, as orientações solares de cada uma delas e a relação com as zonas térmicas adjacentes.*
  Na Tabela 5 é apresentado este levantamento para as zonas térmicas do pavimento 1. A exposição "Térreo com mais pavimentos acima" representa a condição do piso, que possui contato com o solo, e a condição de cobertura entre pavimentos. A zona térmica adjacente é levantada considerando o perímetro das zonas e o contato com os ambientes e/ou zonas adjacentes.

Figura 14 – Passo a passo de divisão de zonas térmicas – Pavimento 01

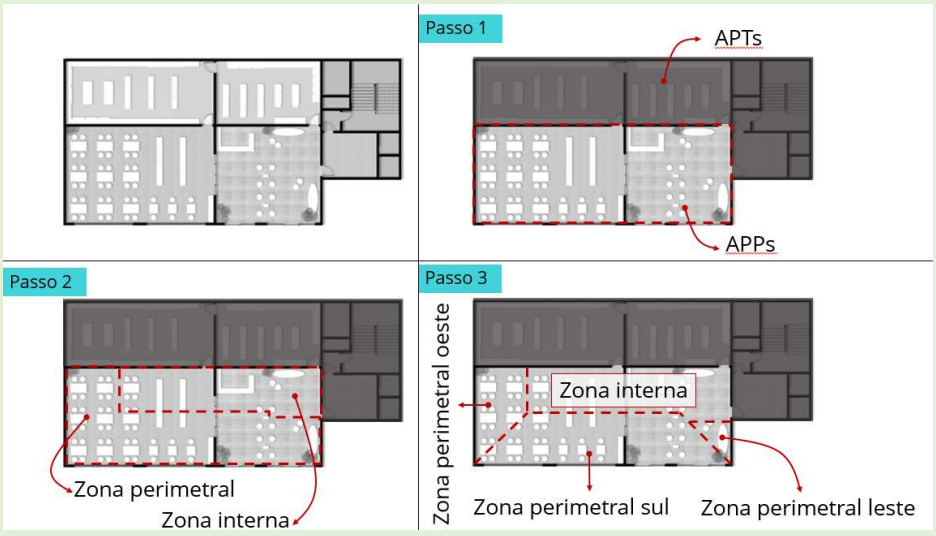




Tabela 5 – Condições de exposição - Pavimento 01

Nome da zona térmica	Área (m²)	Tipo de zona térmica	Orientação solar	Condição da zona térmica no pavimento	Relação com zonas térmicas adjacentes
Z01	27,56	Perimetral	Oeste	Térreo com mais pavimentos acima	Zona adjacente condicionada
Z02	78,30	Perimetral	Sul	Térreo com mais pavimentos acima	Zona adjacente condicionada
Z03	7,03	Perimetral	Leste	Térreo com mais pavimentos acima	Zona adjacente condicionada
Z04	70,52	Interna	Interna	Térreo com mais pavimentos acima	Zona adjacente não-condicionada

A divisão de zonas térmicas e o levantamento também foi realizado para o restante dos pavimentos, como demonstrado a seguir.

Pavimento 02

Figura 15 – Passo a passo de divisão de zonas térmicas – Pavimento 02

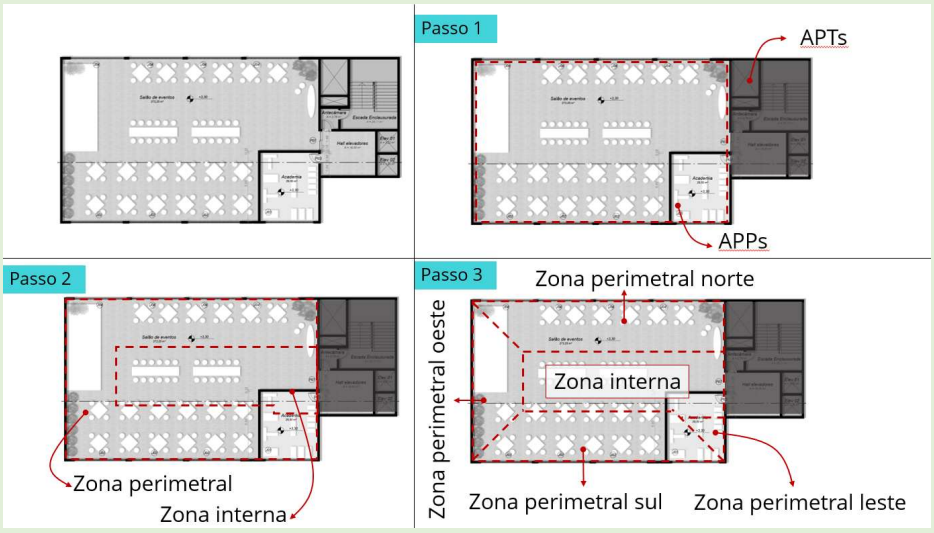




Tabela 6 – Condições de exposição - Pavimento 02

Nome da zona térmica	Área (m²)	Tipo de zona térmica	Orientação solar	Condição da zona térmica no pavimento	Relação com zonas térmicas adjacentes
Z05	88,43	Perimetral	Norte	Intermediário	Zona adjacente condicionada
Z06	42,30	Perimetral	Oeste	Intermediário	Zona adjacente condicionada
Z07	78,39	Perimetral	Sul	Intermediário	Zona adjacente condicionada
Z08	7,03	Perimetral	Leste	Intermediário	Zona adjacente condicionada
Z09	88,35	Interna	Interna	Intermediário	Zona adjacente condicionada

Pavimento 03 – Tipo

O pavimento tipo sem cobertura exposta se repete três vezes, e por isto, deve-se informar na planilha da interface web o número de pavimentos repetidos a fim de multiplicar os resultados de carga térmica de resfriamento para todos eles.

Figura 16 – Passo a passo de divisão de zonas térmicas – Pavimento 03 - Tipo

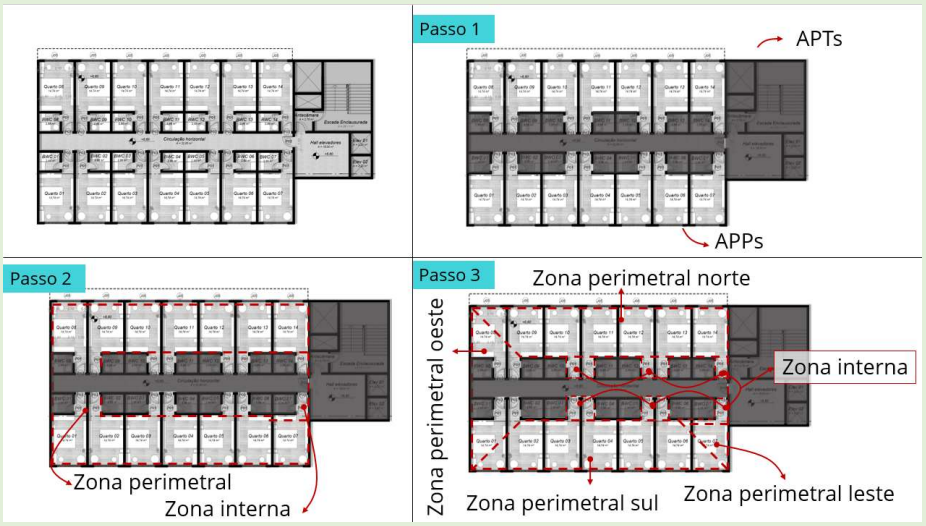




Tabela 7 – Condições de exposição - Pavimento 03 - Tipo

Nome da zona térmica	Área (m²)	Tipo de zona térmica	Orientação solar	Condição da zona térmica no pavimento	Relação com zonas térmicas adjacentes
Z10	*86,98*	*Perimetral*	*Norte*	*Intermediário*	*Zona adjacente não-condicionada*
Z11	*27,54*	*Perimetral*	*Oeste*	*Intermediário*	*Zona adjacente não-condicionada*
Z12	*77,41*	*Perimetral*	*Sul*	*Intermediário*	*Zona adjacente condicionada*
Z13	*7,01*	*Perimetral*	*Leste*	*Intermediário*	*Zona adjacente condicionada*
Z14	*21,90*	*Interna*	*Interna*	*Intermediário*	*Zona adjacente não-condicionada*

Pavimento Cobertura

A única diferença entre estas zonas térmicas e as respectivas zonas no pavimento tipo, é a exposição da cobertura, que considera o piso entre pavimentos e a cobertura exposta.

Figura 17 – Passo a passo de divisão de zonas térmicas – Pavimento Cobertura



Tabela 8 – Condições de exposição - Pavimento Cobertura

Nome da zona térmica	Área (m²)	Tipo de zona térmica	Orientação solar	Condição da zona térmica no pavimento	Relação com zonas térmicas adjacentes
Z15	86,98	Perimetral	Norte	Cobertura	Zona adjacente não-condicionada
Z16	27,54	Perimetral	Oeste	Cobertura	Zona adjacente não-condicionada
Z17	77,41	Perimetral	Sul	Cobertura	Zona adjacente condicionada
Z18	7,01	Perimetral	Leste	Cobertura	Zona adjacente condicionada
Z19	21,90	Interna	Interna	Cobertura	Zona adjacente não-condicionada

Com as zonas térmicas definidas, todos os dados devem ser levantados por zona térmica.

- ***Componentes construtivos***

*É necessário determinar as **propriedades térmicas** dos componentes construtivos.*

Para pisos, cobertura, paredes externas e internas, devem ser especificadas a transmitância e a capacidade térmica de suas composições. No caso das coberturas e paredes externas, também é necessário indicar a absortância solar da face externa.

Já para os elementos transparentes, como vidros e esquadrias, devem ser informadas a transmitância térmica e o fator solar.

Essas características devem ser descritas individualmente para cada zona térmica.

*No **Catálogo de Propriedades Térmicas** são disponibilizados alguns componentes de parede, cobertura, vidro e absortância já calculados.*

www.pbeedifica.com.br/racmanuais

Para o edifício exemplo, as propriedades térmicas estão definidas no exemplo a seguir.

EXEMPLO: Componentes construtivos

Vidro
As propriedades dos elementos transparentes, considerando o vidro simples e laminado, são:

- U_{VID} *= 5,67 W/(m².K)*
- *FS = 0,29*

Paredes externas
As propriedades da parede externa são, considerando a parede de bloco cerâmico de 9 x 14 x 24 cm, revestida de argamassa na face interna e externa, e pintada na cor palha:

- U_{parext} *= 2,27 W/(m².K)*
- CT_{parext} *= 150,00 kJ/(m².K)*
- a_{par} *= 0,367*

Paredes internas
As paredes internas são de steel frame, com lã de vidro de 7,5 cm internamente, e revestida de placas de gesso de 1,25 cm:

- U_{parint} *= 0,48 W/(m².K)*
- CT_{parint} *= 25,20 kJ/(m².K)*

Piso
As propriedades do piso, comporto por laje pré-moldada em concreto e lajota cerâmica (4 cm de concreto, 7 cm de lajota cerâmica, 1 cm de argamassa), são:

- U_{piso} *= 2,58 W/(m².K)*
- CT_{piso} *= 167 kJ/(m².K)*

Cobertura
A cobertura também possui a mesma laje pré-moldada do piso, porém possui ainda telha cerâmica esmaltada na cor caramelo, com ático entre a laje e a telha cerâmica (câmara de ar de espessura superior a 5,0 cm):

- U_{cob} *= 1,64 W/(m².K)*
- CT_{cob} *= 185 kJ/(m².K)*
- a_{cob} *= 0,64*

- ***Cálculo do PAF e PAZ***

O PAF deve ser calculado para as zonas perimetrais que possuem aberturas externas.

Para calcular o PAF é necessário determinar a ***área de parede externa*** *e o pé-direito da zona térmica, e então levantar a área dos elementos transparentes (janelas e portas) da mesma zona.*

Área de parede externa

Algumas zonas térmicas contêm mais de um ambiente, o que significa que há paredes internas dividindo os espaços.

Porém, para o cálculo da área da parede externa, considera-se apenas a linha externa total da zona térmica (desconsiderando divisórias internas).

*Quando uma parede divide duas zonas térmicas, **recomenda-se** dividir a espessura da parede por dois, atribuindo metade da espessura para cada zona térmica.*

Para o edifício exemplo, o cálculo da área de paredes externas é dado no exemplo a seguir.

EXEMPLO: Pé-direito e Área de parede externa

Conforme apresentado no corte do projeto (Figura 10), o pé-direito de todos os ambientes é de 3,2 m.

A Tabela 9 apresenta o cálculo da área de parede externa de cada zona térmica.

Tabela 9 – Área de parede externa

Zona Térmica	Dimensão externa da parede (m)	Pé direito (m)	Área parede externa (m²)
Z01	8,38	3,2	26,82
Z02	21,9	3,2	70,08
Z03	3,75	3,2	12,00
Z04	0	3,2	0,00
Z05	21,9	3,2	70,08
Z06	13,9	3,2	44,48
Z07	21,9	3,2	70,08
Z08	3,75	3,2	12,00
Z09	0	3,2	0,00
Z10	21,9	3,2	70,08
Z11	13,9	3,2	44,48
Z12	21,9	3,2	70,08
Z13	3,75	3,2	12,00
Z14	0	3,2	0,00
Z15	21,9	3,2	70,08
Z16	13,9	3,2	44,48
Z17	21,9	3,2	70,08
Z18	3,75	3,2	12,00
Z19	0	3,2	0,00

A área de elementos transparentes de uma zona térmica deve ser equivalente à soma dos elementos transparentes de todas as aberturas.

As zonas internas não possuem fachada nem aberturas externas e, portanto, o PAF dessas zonas deve ser igual a zero.

A área de cada elemento transparente deve ser levantada com base no detalhamento de esquadrias do projeto, apresentado no item 3.1.

EXEMPLO: Área de elementos transparentes

A Figura 11 apresenta as janelas do edifício exemplo, destacando, em azul, as áreas de elementos transparentes.

A Tabela 10 apresenta o cálculo dos valores de área de vidro por abertura.

Tabela 10 – Área de vidro das aberturas

Abertura	Largura (m)	Altura (m)	Área de vidro (m²)
J01	2,49 + 2,49	1,60	3,98
J02	2,19 + 2,19	1,60	3,50
J03	1,99 + 1,99	1,60	3,18
J04	2,24 + 2,24	1,60	3,58
J05	0,99 + 0,99	1,20	1,19
P05	1,14 + 1,14	2,40	2,74
P06	1,20 + 1,20 + 1,20	2,40	2,88

Após levantar a área de vidro de cada abertura, deve-se somar as áreas de vidro de todas as aberturas existentes em cada zona térmica.
Algumas zonas térmicas perimetrais do edifício exemplo não possuem aberturas. Nessas zonas, o PAF é igual a 0.

Tabela 11 – Área de vidro por zona térmica

Zona Térmica	Aberturas	Quantidade	Área de elementos transparentes (m²)
Z01	-	0	0
Z02	J01	2	13,58
	P05	1	
	P06	1	
Z03	-	0	0
Z04	-	-	Zona interna
Z05	J04	4	14,34
Z06	-	0	0
Z07	J02	3	13,70
	J03	1	
Z08	-	0	0
Z09	-	-	Zona interna
Z10	J05	7	8,32
Z11	-	0	0
Z12	J05	7	8,32
Z13	-	0	0
Z14	-	-	Zona interna
Z15	J05	7	8,32
Z16	-	0	0
Z17	J05	7	8,32
Z18	-	0	0
Z19	-	-	Zona interna

Com a área de paredes externas e a área de aberturas, é possível calcular o PAF de cada zona térmica do edifício.

EXEMPLO: PAF

Conforme calculado anteriormente, a Tabela 12 apresenta o cálculo do PAF, dividindo a área de elementos transparentes pela área de parede externa de cada zona térmica.

Tabela 12 – Cálculo do PAF

Zona Térmica	Área parede externa (m²)	Área de elementos transparentes (m²)	PAF
Z01	26,82	0	0,00%
Z02	70,08	13,58	19,38%
Z03	12,00	0	0,00%
Z04	0,00	Zona interna	-
Z05	70,08	14,34	20,46%
Z06	44,48	0	0,00%
Z07	70,08	13,70	19,54%
Z08	12,00	0	0,00%
Z09	0,00	Zona interna	-
Z10	70,08	8,32	11,87%
Z11	44,48	0	0,00%
Z12	70,08	8,32	11,87%
Z13	12,00	0	0,00%
Z14	0,00	Zona interna	-
Z15	70,08	8,32	11,87%
Z16	44,48	0	0,00%
Z17	70,08	8,32	11,87%
Z18	12,00	0	0,00%
Z19	0,00	Zona interna	-

*No edifício exemplo, não há aberturas zenitais. Portanto, o **PAZ** de todas as zonas térmicas é igual a 0%.*

PAZ

*Caso houvessem aberturas zenitais, o procedimento de cálculo seguiria o passo a passo realizado para o PAF, porém considerando a **área da cobertura** da zona térmica que contém as zenitais ao invés da área de paredes externas.*

- ***Ângulos de sombreamento***

A INI-C prevê três tipos de ângulos de sombreamento: AOV, AHS e AVS.

Cada um deles deve ser calculado por zona térmica.

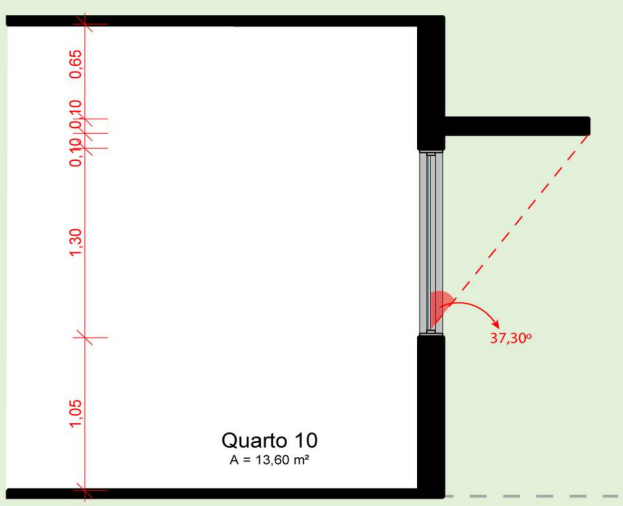
EXEMPLO: Ângulos de sombreamento

*Como o edifício exemplo não possui obstruções paralelas às janelas, o **AOV** de todas as zonas é igual a 0°.*

*Além disso, nenhuma abertura possui elemento de sombreamento ou obstrução vertical de sombreamento perpendicular à abertura. Portanto, o **AHS** de todas as zonas também é igual a 0°.*

*As aberturas orientadas a norte dos pavimentos tipo apresentam elemento de sombreamento horizontal de 1 m de profundidade, resultado em um **AVS**. Na Figura 18 é apresentado o elemento de sombreamento projetado para estas aberturas.*

Figura 18 – Representação em corte do elemento de sombreamento horizontal



Esse ângulo pode ser medido no projeto arquitetônico considerando:

- *distância horizontal entre a extremidade do elemento de sombreamento e a face interna da folha de vidro = 1,065 m (1,00 m do elemento somado a 0,065 m de colocação na parede).*
- *distância vertical entre o elemento de sombreamento e a parte inferior da janela = 1,40 m (0,10 m da distância do elemento à folha de vidro e 1,30 m de altura da folha de vidro).*

*Portanto, as aberturas das zonas térmicas Z10 e Z15 possuem **AVS equivalente a 37,3°.***

- ***Cargas internas***

As cargas internas das zonas térmicas incluem:

a) *Densidade de Potência de Iluminação (DPI),*
b) *Densidade de Potência de Equipamentos (DPE),*
c) *Densidade de ocupação,*
d) *Dias e horas diárias de ocupação anuais.*

*Estes valores são tabelados por tipologia, de acordo com as **Tabelas do Anexo A** e devem ser utilizados para as condições real e de referência, com exceção do item a. Caso o sistema de iluminação seja avaliado, a DPI da condição real deve ser obtida a partir da potência instalada do projeto de iluminação.*

Para o edifício exemplo, o levantamento da PI_T e da área iluminada foi realizado no capítulo 2 deste Manual.

EXEMPLO: DPI

- *$PI_{T,real}$ = 14.775,20 W*
- *Área iluminada = 2.001,16 m²*

$$DPI = \frac{P_{IT,real}}{AI}$$

DPI = 7,38 W/m²

3.4 Predição de carga térmica

*Para a **predição de carga térmica** do método simplificado deve ser utilizada a interface web.*

*A **predição de carga térmica** do método simplificado é obtida por meio da interface web: <pbeedifica.com.br/interface-ini-c>*

Para apoiar o uso da interface, é disponibilizada uma planilha, disponível para download no mesmo site.

Este Manual não contém instruções de preenchimento da planilha, mas apresenta o passo a passo para a obtenção das variáveis necessárias.

Com os parâmetros de entrada levantados, é possível preencher a planilha de apoio da interface web com os dados da envoltória. Após o preenchimento, deve-se realizar o upload da planilha na interface e clicar em "calcular".

O processamento dos dados é realizado pela interface e os resultados de carga térmica para cada zona térmica nas condições real e de referência serão baixados automaticamente.

Então, deve-se copiar os resultados das duas colunas da planilha de resultados, e colá-los na planilha de apoio no campo indicado na aba "Envoltória".

É importante conferir o número de repetições de pavimentos de acordo com o projeto. No caso do edifício exemplo, o pavimento tipo é repetido 3 vezes.

Após a determinação da carga térmica total anual da edificação para as condições real e de referência, calcula-se o percentual de redução de carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) com base no ***item B.I.1 da INI-C****.*

EXEMPLO: Cálculo do RedCgTT

- $CgTT_{ref}$ = 169.991 kWh/ano
- $CgTT_{real}$ = 100.664 kWh/ano

$$RedCgTT = ((CgTT_{ref} - CgTT_{real}) / CgTT_{ref}) \cdot 100$$

RedCgTT = 40,8%

3.5 Classificação de eficiência energética da envoltória

Para classificar a envoltória, deve-se seguir o ***item 8.2.1 da INI-C****.*

Inicialmente deve-se levantar o Coeficiente de Redução de Carga térmica Total anual da classificação D para a classificação A ($CRCgTT_{D-A}$) obtido nas ***Tabelas 8.12 a 8.19****.*

EXEMPLO: Cálculo do $CRCgTT_{D-A}$

Como o edifício exemplo tem tipologia de hospedagem, deve-se utilizar a ***Tabela 8.14 da INI-C****.*

Para consultar a tabela, é necessário comparar o Fator de Forma e a zona bioclimática do edifício.

- *FF = 0,272*
- *ZB = 3*

Com isso, tem-se que o ***$CRCgTT_{D-A}$ = 0,30***

Na sequência, calcula-se o valor que representa o intervalo (i) entre as classes de eficiência com base na ***Equação 8.10 da INI-C****.*

Esse cálculo consiste em dividir o $CRCgTT_{D-A}$ por três, e posteriormente multiplicar por 100 para transformá-lo em percentual.

Então, calculam-se os limites de redução de carga térmica para cada classe de eficiência energética.

EXEMPLO: i e Classificação da Envoltória

Com base na ***Equação 8.10 da INI-C****, tem-se:*

$$i = (CRCgTT_{D-A} \cdot 100) / 3$$

i = 10%

Com base na ***Tabela 8.11 da INI-C****, na Tabela 13 são representados estes limites, calculados com base no índice i:*

Tabela 13 – Intervalos e classificação

A	*RedCgTT ≥ 3i*	*RedCgTT ≥ 30%*
B	*3i > RedCgTT ≥ 2i*	*30% > RedCCgTT ≥ 20%*
C	*2i > RedCgTT ≥ i*	*20% > RedCgTT ≥ 10%*
D	*i > RedCgTT ≥ 0*	*10% > RedCgTT ≥ 0%*
E	*0 > RedCgTT*	*0% > RedCgTT*

Considerando que RedCgTT atingiu 40,8%, e o limite mínimo para a classificação A é 30%, a envoltória do edifício exemplo pode ser classificada como classe A.

A	**Envoltória**

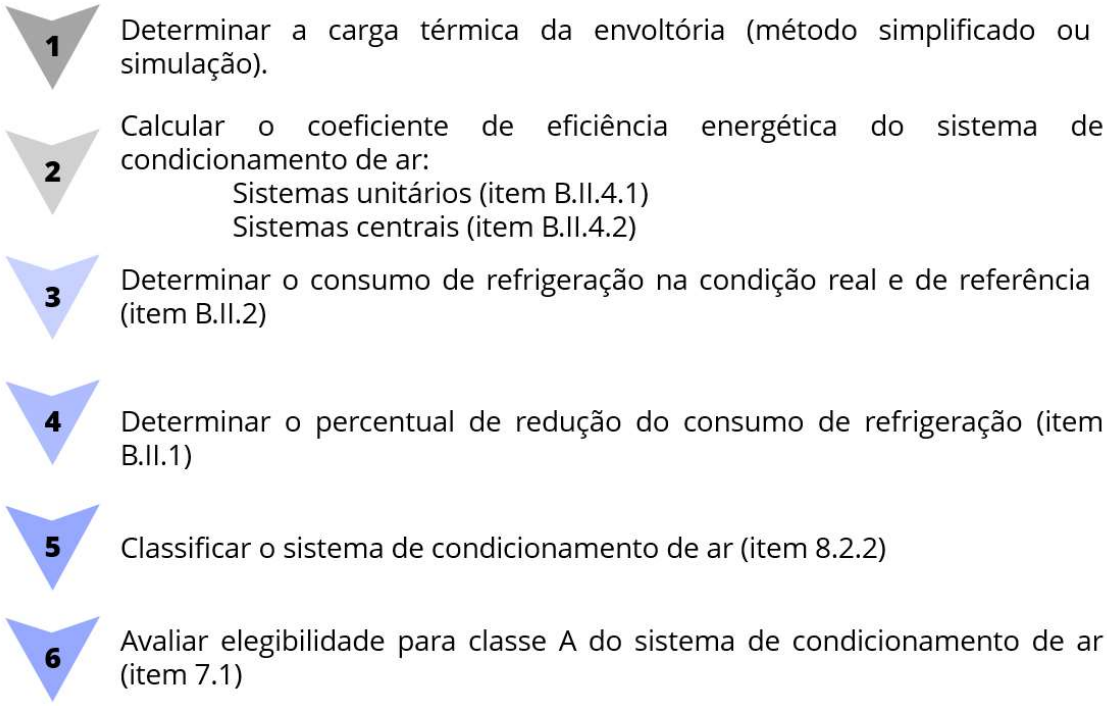
4 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

No método simplificado, a ***avaliação de sistemas unitários*** *leva em conta o desempenho de cada equipamento instalado, de acordo com sua capacidade de refrigeração. Para isso, são utilizados os índices de eficiência energética combinados de forma proporcional à participação de cada tipo de equipamento no sistema.*

> ***Encontre na INI-C***
>
> *O método simplificado para a avaliação do sistema de condicionamento de ar segue o* ***Anexo B.II****.*
>
> *Sua classificação é dada segundo o* ***item 8.2.2****.*
>
> *Caso o sistema obtenha classificação A, as condições de elegibilidade devem ser conferidas segundo o* ***item 7.1****.*

Para avaliar este sistema, este Manual segue o fluxo de trabalho apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Fluxo de aplicação do método simplificado de avaliação do sistema de condicionamento de ar



4.1 Edifício Exemplo – Condicionamento de ar

Na Tabela 14 são apresentados os dados dos equipamentos de condicionamento de ar por ambiente.

Tabela 14 – Especificação de equipamentos

Ambiente	Equipamento		Quantidade
Academia	Tipo 1	Split Hi-Wall 18.000 BTU	2
Recepção	Tipo 1	Split Hi-Wall 18.000 BTU	2
Quarto	Tipo 2	Split Hi-Wall 12.000 BTU	1
Restaurante	Tipo 3	Split piso-teto 60.000 BTU	1
Salão de Eventos	Tipo 3	Split piso-teto 60.000 BTU	1

4.2 Determinação da carga térmica da envoltória

Na avaliação pelo método simplificado, a carga térmica do edifício é determinada durante a avaliação da envoltória.

Para o edifício exemplo, esse cálculo foi realizado no item 3.4 deste Manual.

EXEMPLO: CgTT da envoltória

- $CgTT_{ref}$ = 169.991 kWh/ano

- $CgTT_{real}$ = 100.664 kWh/ano

4.3 Coeficiente de eficiência energética do sistema

Para calcular o coeficiente de eficiência energética (CEE) do sistema para a condição real, é necessário listar todos os equipamentos previstos em projeto.

Então, a capacidade de refrigeração (Cp) e o índice de eficiência energética (Iee) destes equipamentos devem ser consultados nas ***tabelas de eficiência energética do Inmetro****.*

> ***Tabelas de eficiência energética do Inmetro***
>
> *As tabelas estão disponíveis em: www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar*

Nesse Manual, será adotado o IDRS como Iee dos equipamentos. Mas é possível utilizar o ***CSPF****.*

> ***CSPF***
>
> *O CSPF é definido pela norma ISO 16358-1:2013 e corresponde à proporção entre a quantidade anual total de calor que o equipamento pode remover do ar interno, quando operado para refrigeração no modo ativo, e a quantidade anual total de energia consumida pelo equipamento durante o mesmo período.*
>
> *A interface web para a obtenção do CSPF está disponível em <pbeedifica.com.br/cspf>.*
>
> *Para calculá-lo, é necessário inserir o arquivo climático (em formato epw) do local onde o equipamento será instalado. Estes arquivos podem ser encontrados em <climate.onebuilding.org>.*
>
> *Além disso, são solicitados os seguintes dados do fabricante, disponíveis nas tabelas de eficiência energética do Inmetro:*
>
> *Carga Total em 35°C:*
>
> - *Capacidade total (W)*
> - *Consumo total (W)*
>
> *Carga Parcial em 35°C:*
>
> - *Capacidade parcial (W)*
> - *Consumo parcial (W)*

Carga Parcial em 29°C:

- *Capacidade parcial (W)*
- *Consumo parcial (W)*

Esse índice pode ser calculado utilizando a interface web.

EXEMPLO: Identificação de equipamentos, capacidades e Iee

O sistema de condicionamento de ar do edifício exemplo contém três tipos de equipamentos diferentes, todos sistemas unitários.

Na Tabela 15 são apresentados os ambientes, a quantidade de equipamentos, e as informações obtidas na tabela de eficiência energética do Inmetro.

Tabela 15 – Iee por equipamento

Equipamento	Qtd	Capacidade unitária (kW)	Capacidade total (kW)	Valor do Iee (IDRS)
1 - Academia e Recepção: Split Hi-Wall 18.000 BTU	4	5,27	21,088	6,2
2 - Quartos: Split Hi-Wall 12.000 BTU	56	3,51	196,828	3,03
3 - Restaurante e Salão de Eventos: Split piso-teto 60.000 BTU	2	17,57	35,148	6,2

O cálculo do coeficiente de eficiência energética dos sistemas unitários é realizado por meio de ponderação da capacidade total de refrigeração (multiplica-se a capacidade de refrigeração pela quantidade de equipamentos) pelo índice de eficiência energética. Este cálculo é dado pela ***Equação B.II.5 da INI-C****.*

EXEMPLO: Cálculo do CEE

A partir da Equação B.II.5 da INI-C, tem-se:

$$CEE_{R,sist,unit} = \frac{\sum(Cp_1 + Cp_2 + Cp_3)}{\sum[(\frac{Cp_1}{Iee_1}) + (\frac{Cp_2}{Iee_2}) + (\frac{Cp_3}{Iee_3})]}$$

$CEE_{R,sist,unit}$ = 3,42

4.4 Determinação do consumo de refrigeração

Para calcular o consumo de refrigeração, deve-se incluir o consumo gerado pelo sistema de renovação de ar.

EXEMPLO: Consumo do sistema de renovação de ar

Para o cálculo do consumo do sistema de renovação de ar, o projetista deve fornecer o Wvent. Esse valor é baseado na potência dos equipamentos levantada pelo projetista, na densidade de ocupação da tipologia (Tabela A.3 da INI-C) e na área total da edificação.

- *Potência equipamento de renovação = 8 W/pessoa*
- *Densidade de ocupação = 18 m²/pessoa*
- *Área condicionada = 1371,27 m²*

Portanto, para o exemplo aplicado o Wvent fornecido é 609,6 W.

Assim, têm-se o consumo do equipamento de renovação calculado por meio da ***Equação B.II.4 da INI-C****.*

- *Horas de ocupação (h) = 12 horas*
- *Dias de ocupação (Nano) = 365 dias*

$$C_{renov,ar} = \frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000}$$

$C_{renov,ar}$ = 2.670,05 kWh/ano

Como o edifício exemplo é composto somente de sistemas unitários, o cálculo do consumo de refrigeração da edificação na condição real é dado pela carga térmica real dividida pelo coeficiente de eficiência energética dos sistemas unitários e somado ao consumo do sistema de renovação, conforme a ***Equação B.II.2****.*

Já o cálculo do consumo de refrigeração na condição de referência é dado pela ***Equação B.II.3****, que adota um valor fixo de Iee, equivalente a 3,24.*

EXEMPLO: Consumo de refrigeração da condição real

- *$CgTT_{real}$ = 100.664 kWh/ano*
- *$CEE_{R,sist,unit}$ = 3,42*

$$C_{R,real} = \frac{CgTR_{real,sist,unit}}{CEE_{R,sist,unit}} + C_{renov,ar}$$

$C_{R,real}$ = 32.117,14 kWh/ano

EXEMPLO: Consumo de refrigeração da condição de referência

- *$CgTT_{ref}$ = 169.991 kWh/ano*
- *$CEE_{R,sist,unit}$ = 3,24*

$$C_{R,ref} = \frac{CgTR_{ref,sist,unit}}{CEE_{R,sist,unit}} + C_{renov,ar}$$

$C_{R,ref}$ = 55.135,69 kWh/ano

4.5 Percentual de redução do consumo

O percentual de redução do consumo de refrigeração da condição real comparada à de referência é dado pela ***equação B.II.1****.*

EXEMPLO: RedC_R

- *$C_{R,real}$ = 32.117,14 kWh/ano*
- *$C_{R,ref}$ = 55.135,69 kWh/ano*

$$RedC_R = ((C_{R,refD} - C_{R,real}) / C_{R,refD}) \cdot 100$$

RedC_R = 41,7%

4.6 Classificação de eficiência energética do sistema

Para determinar a classe de eficiência energética, é necessário obter o Coeficiente de Redução de Consumo da classificação D para a classificação A (CRC_{RD-A}) obtido nas ***Tabelas 8.21 a 8.28****.*

EXEMPLO: Cálculo do CRC_{RD-A}

Como o edifício exemplo tem tipologia de hospedagem, deve-se utilizar a ***Tabela 8.23 da INI-C****.*

Para consultar a tabela, é necessário comparar o Fator de Forma e a zona bioclimática do edifício.

- *FF = 0,272*
- *ZB = 3*

Com isso, tem-se que o **CRC_{RA-A} = 0,57**

Na sequência, calcula-se o valor que representa o intervalo (i) entre as classes de eficiência com base na ***Equação 8.11 da INI-C****.*

Esse cálculo consiste em dividir o CRC_{RD-A} por três, e posteriormente multiplicar por 100 para transformá-lo em percentual.

Então, calculam-se os limites de redução de consumo para cada classe de eficiência energética.

EXEMPLO: i e Classificação do Sistema de Condicionamento de ar

$$i = \frac{(CRC_{RD-A} \cdot 100)}{3}$$

i = 19%

*Com base na **Tabela 8.20 da INI-C**, calculam-se os limites de redução de consumo de refrigeração para cada classe de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar:*

Tabela 16 – Intervalos e classificação

A	*$RedC_R \geq 3i$*	*$RedC_R \geq 57\%$*
B	*$3i > RedC_R \geq 2i$*	*$57\% > RedC_R \geq 38\%$*
C	*$2i > RedC_R \geq i$*	*$38\% > RedC_R \geq 19\%$*
D	*$i > RedC_R \geq 0$*	*$19\% > RedC_R \geq 0\%$*
E	*$0 > RedC_R$*	*$0\% > RedC_R$*

Considerando que $RedC_R$ atingiu 41,7%, e o limite mínimo para a classificação A é 57%, o sistema pode ser classificado como classe B.

B	***Sistema de condicionamento de ar***

*A classificação do sistema de ar condicionado é B. Com isso, **não é necessário** avaliar os critérios de elegibilidade para classificação A.*

No entanto, esses critérios serão apresentados apenas para fins didáticos.

4.7 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A

Para que um sistema unitário de condicionamento de ar atinja a classificação A, duas condições de elegibilidade devem ser atendidas:

a) ***Eficiência mínima por equipamento** (**item 7.1.1 da INI-C**), conforme a **Tabela 7.1**.*

De acordo com a Tabela 7.1, sistemas unitários com capacidade inferior a 19 kW devem ter eficiência mínima de 5,50 IDRS até 31/12/2025 para serem classificados como A.

Além disso, essa condição deve ser atendida por um número mínimo de zonas térmicas, cuja capacidade somada corresponda a pelo menos 90% da capacidade instalada total da edificação.

*Como apresentado no Passo 2, os equipamentos instalados nos quartos **não atendem** ao critério de eficiência, uma vez que seu IDRS é menor que 5,50.*

*Como esses equipamentos representam 78% da capacidade instalada total da edificação, o **mínimo de 90% exigido não é atingido**.*

b) *Espessura mínima do isolamento térmico da tubulação* *(**item 7.1.2.1 da INI-C**), de acordo com a condutividade térmica do material e o diâmetro nominal da tubulação.*

*O edifício exemplo cumpre esse requisito, pois todos os equipamentos **possuem** isolamento térmico mínimo.*

Mesmo com o critério de isolamento térmico da tubulação sendo atendido, a limitação na eficiência dos equipamentos limitaria o sistema de condicionamento de ar do edifício exemplo à classificação B.

5 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

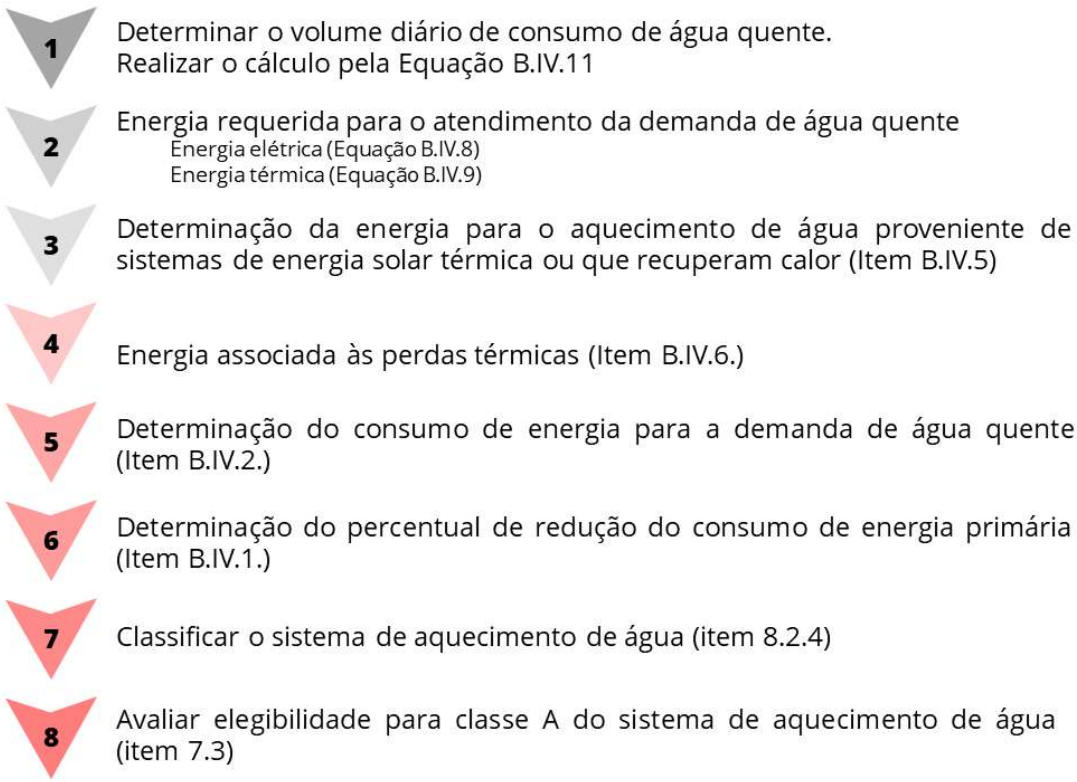
*A **avaliação do sistema de aquecimento de água** da edificação baseia-se na estimativa do consumo de energia térmica e elétrica separadamente para atender a demanda de água quente.*

Deve-se comparar o consumo de energia primária necessária para atender a esta demanda considerando a edificação na sua condição real e na condição de referência.

> ***Encontre na INI-C***
>
> *O método simplificado para a avaliação do sistema de aquecimento de água segue o **Anexo B.IV**.*
>
> *Sua classificação é dada segundo o **item 8.2.4**.*
>
> *Caso o sistema obtenha classificação A, as condições de elegibilidade devem ser conferidas segundo o **item 7.3**.*

Para avaliar este sistema, este Manual segue o fluxo de trabalho apresentado na Figura 20.

Figura 20 – Fluxo de aplicação do método simplificado de avaliação do sistema de aquecimento de água



5.1 Edifício Exemplo – Aquecimento de água

O edifício exemplo possui um sistema de pré-aquecimento de água por coletores solares, com sistema auxiliar a gás GLP de eficiência 83%.

Dados de projeto:

- *Temperatura de uso da água de 40°C*
- *Temperatura de armazenamento de 50°C*
- *Tubulações de distribuição de água quente com diâmetro interno de 0,022 m e isolamento térmico com espessura de 6,5 mm e condutividade térmica de 0,03 W/(m.K).*

Dados dos coletores solares:

- *40 coletores solares*
- *Área unitária de 2,08 m²*
- *Classificação de eficiência energética A*
- *Fator de eficiência óptica do coletor ($F_R(\tau\alpha)_n$) de 0,831*
- *Coeficiente global de perdas ($F_R U_L$) de 3,71 W/(m².K)*

Dados dos reservatórios:

- *8 reservatórios*
- *Volume unitário de 1.000 litros*
- *Perda térmica específica em standby de 4,83 kWh/dia*

5.2 Determinação do volume diário de consumo de água quente

*O volume diário de água quente (V_{diaT} ou V_{diaE}) é determinado de acordo com a tipologia da edificação, utilizando-se para isso os dados da **Tabela B.IV.1 da INI-C**. No caso da tipologia de hospedagem, considera-se o volume de água em litros por dia por leito.*

EXEMPLO: Cálculo do V_{diaT}

O edifício exemplo é composto por quatro pavimentos, cada um contendo 14 dormitórios, totalizando 56 dormitórios.

Considerou-se que cada dormitório possui 2 leitos. Portanto,

- *f = 112 pessoas*

*Segundo a **Tabela B.IV.1**, para tipologias de hospedagem de 1 a 3 estrelas com lavanderia, o volume diário de água quente é*

- *$V_{dia,f}$ = 100 L/dia/leito*

*Portanto, aplicando a **Equação B.II.5 da INI-C**, tem-se:*

$$V_{dia,T} = \frac{V_{dia,f} \cdot f}{1000}$$

V_{diaT} = 11,2 m³/dia

Para sistemas com acumulação, deve-se calcular o volume diário da parcela de água quente corrigido com base na ***Equação B.IV.11.b****. Esse cálculo leva em consideração que, nesses sistemas, há uma parcela de água quente que será misturada com água fria para atingir a temperatura de uso desejada.*

Esse cálculo inclui algumas variáveis relacionadas à temperatura de água:

- ***Temperaturas de uso ($\theta_{A,uso}$):*** *adota-se 40 °C para edificações localizadas nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil e 38 °C para as regiões norte e nordeste.*
- ***Temperatura de armazenamento ($\theta_{A,arm}$):*** *deve-se utilizar o valor definido pelo projetista para a condição real e adotar 50 °C para a condição de referência.*
- ***Temperatura da água fria ($\theta_{A,0}$):*** *dada pela* ***média anual da temperatura ambiente*** *da cidade onde a edificação está localizada.*

> ***Média anual da temperatura ambiente***
>
> *Os valores médios devem ser obtidos na tabela de temperaturas do ar externo, que utiliza os arquivos climáticos do INMET.*
>
> *Caso não haja informações sobre a cidade da edificação, deve-se adotar os dados da cidade mais próxima.*
>
> *A tabela está disponível em:*
>
> *pbeedifica.com.br/sites/default/files/Planilha%20A.IV%20-Temperatura_ar_mensal_anual.xlsx*

A edificação exemplo está localizada na cidade de São Paulo. O volume corrigido é calculado a seguir.

> ***EXEMPLO: Cálculo do $V_{corrigido}$***
>
> *As variáveis necessárias para a aplicação da* ***Equação B.II.5*** *são:*
>
> - *$V_{dia,T}$ = 11,2 m³/dia*
> - *$\theta_{A,uso}$ = 40 °C*
> - *$\theta_{A,0}$ = 19,6 °C*
> - *$\theta_{A,arm}$ = 50 °C*
>
> $$V_{corrigido} = \frac{V_{dia,T} \cdot (\theta_{A,uso} - \theta_{A,0})}{(\theta_{A,arm} - \theta_{A,0})}$$
>
> ***$V_{corrigido}$ = 7,52 m³/dia***

5.3 Determinação da energia requerida para o atendimento da demanda de água quente

Com o cálculo do volume, é possível obter a energia requerida para o atendimento da demanda de aquecimento de água (E_{AA}).

A E_{AA} consiste no somatório de energia térmica e elétrica presentes na edificação, conforme a ***Equação B.IV.10 da INI-C****.*

Como na edificação exemplo não está previsto sistema de aquecimento de água por fonte elétrica, a E_{AA} será igual à energia térmica (E_{AAT}) calculada.

*Para obter a E_{EAT}, deve-se aplicar a **Equação B.II.5 da INI-C**, que inclui duas variáveis fixas:*

- *massa específica da água (ρ), equivalente a 1 kg/L; e*
- *calor específico da água (C_p), equivalente a 4.180 kJ/g°C.*

EXEMPLO: Cálculo da energia requerida para o atendimento da demanda de aquecimento de água

Para o edifício exemplo, tem-se:

- *ρ = 1 kg/L*
- *C_p = 4.180 kJ/g°C*
- *$V_{corrigido}$ = 7,52 m³/dia*
- *$\theta_{A,0}$ = 19,6 °C*
- *$\theta_{A,arm}$ = 50 °C*

$$E_{AAT} = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V_{dia,T} \cdot (\theta_{A,arm} - \theta_{A,0})}{3600}$$

E_{AAT} = 265,52 kWh/dia

5.4 Determinação da energia para o aquecimento de água proveniente do sistema de energia solar térmica

A determinação da energia para o aquecimento solar de água ($E_{AA,sol}$) pode ser realizada por dois métodos:

a) ***método detalhado:** abrange os **itens B.IV.5.2.1 a B.IV.5.2.5 da INI-C**;*
b) ***método simplificado:** conforme o **item B.IV.5.2.6**.*

Neste exemplo, será adotado o método detalhado.

- ***Irradiância solar mensal incidente sobre a superfície dos coletores***

Deve-se iniciar pelo cálculo da irradiância solar mensal incidente sobre a superfície dos coletores ($EI_{mês,i}$).

*Para isso, é necessário obter os valores de irradiação solar diários (H_{dia}) incidentes no plano inclinado a partir do **Atlas Brasileiro de Energia Solar**.*

Atlas Brasileiro de Energia Solar

Esse atlas contém dados disponibilizado pelo INPE de irradiação global horizontal e irradiação na superfície inclinada à norte (azimute zero) para latitudes locais.

Os dados estão disponíveis em:

http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html

Os dados são expressos em Wh/m².dia e devem ser transformados em kWh/m².dia para uso na INI-C.

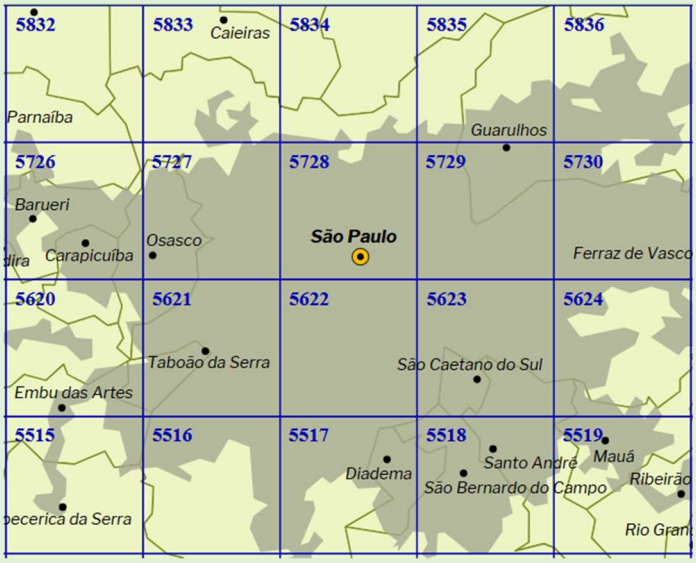
Para o edifício exemplo, o cálculo do $EI_{mês}$ é apresentado a seguir.

EXEMPLO: Cálculo da irradiância solar mensal incidente sobre a superfície dos coletores

A edificação exemplo está localizada no quadrante 5728 do Atlas Brasileiro de Energia Solar, como indicado na Figura 21.

Figura 21 – Recorte do Atlas Brasileiro de Energia Solar para a cidade de São Paulo.

Fonte: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html



A Tabela 17 apresenta os dados mensais dos planos inclinados a norte obtido no Atlas, em kWh/m².dia.

*A partir da **Equação B.IV.13 da INI-C**, tem-se:*

$$EI_{mês,i} = H_{dia} \cdot N_i$$

Tabela 17 – Cálculo do $EI_{mês}$

Mês	**H_{dia} (kWh/(m².dia))**	**N (dias)**	**$EI_{mês}$ (kWh/(m².mês))**
Janeiro	*4,760*	*31*	*147,56*
Fevereiro	*5,318*	*28*	*148,90*
Março	*4,961*	*31*	*153,79*
Abril	*4,877*	*30*	*146,31*
Maio	*4,319*	*31*	*133,89*
Junho	*4,158*	*30*	*124,74*
Julho	*4,216*	*31*	*130,70*
Agosto	*5,127*	*31*	*158,94*
Setembro	*4,645*	*30*	*139,35*
Outubro	*4,707*	*31*	*145,92*

Novembro	4,812	30	144,36
Dezembro	5,128	31	158,97

- ***Energia solar mensal absorvida pelos coletores***

A partir de $EI_{mês}$, calcula-se a energia solar mensal absorvida pelos coletores para cada um dos meses do ano ($E_{SAmês,i}$), aplicando-se a ***Equação B.IV.14 da INI-C****.*

EXEMPLO: Cálculo da energia solar mensal absorvida pelos coletores

No edifício exemplo foram considerados 40 coletores solares com área unitária de 2,08 m² e classificação de eficiência energética A e 8 reservatórios de 1.000 litros. Logo:

- *S_c = 40 x 2,08 m² = 83,20 m²*
- *V = 1.000 x 8 = 8.000 litros*

O fator adimensional deve ser calculado por meio da ***Equação B.IV.15****:*

- *$F'_R(\tau\alpha)$ = 0,758*

O fator de eficiência óptica do coletor é de

- *$F_R(\tau\alpha)n$ = 0,831*

A partir da ***Equação B.IV.14 da INI-C****, tem-se o $E_{SA,mês}$.*

Tabela 18 – Cálculo do $E_{SAmês}$

Mês	**$EI_{mês}$ (kWh/(m².mês))**	**$F'_R(\tau\alpha)$**	**$E_{SAmês}$ (kWh/mês)**
Janeiro	147,56	0,758	9304,39
Fevereiro	148,90		9389,13
Março	153,79		9697,28
Abril	146,31		9225,57
Maio	133,89		8442,36
Junho	124,74		7865,47
Julho	130,70		8241,03
Agosto	158,94		10021,76
Setembro	139,35		8786,71
Outubro	145,92		9200,79
Novembro	144,36		9102,61
Dezembro	158,97		10023,72

- ***Energia solar não aproveitada pelos coletores***

Na sequência, calcula-se a energia solar não aproveitada pelos coletores ($EP_{mês,i}$). Para isso, é necessário:

a) *calcular o fator de correção (F'_RU_L);*
b) *determinar a temperatura **média mensal ambiente** do local de instalação do coletor do mês i;*

> ***Média mensal do ambiente***
>
> *Os valores médios devem ser obtidos na tabela de temperaturas do ar externo, que utiliza os arquivos climáticos do INMET.*
>
> *Caso não haja informações sobre a cidade da edificação, deve-se adotar os dados da cidade mais próxima.*
>
> *A tabela está disponível em:*
>
> *www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Planilha%20A.IV%20-Temperatura_ar_mensal_anual.xlsx*

c) *calcular o fator de correção para armazenamento (K_1);*
d) *o fator de correção que relaciona as diferentes temperaturas no mês i ($K_{2,i}$).*

EXEMPLO: Cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores

a) *O fator de correção é calculado pela **Equação B.IV.17**, com atenção às unidades: como o coeficiente global de perdas foi fornecido pelo fabricante em W/(m².K), deve-se dividi-lo por mil para convertê-lo em kW/(m².K).*
- *F_RU_L = 0,00371kW/(m²K)*
- *F'_{R}/F_R = 0,95*

F'RUL = 0,0000035

b) *A temperatura média mensal ($\theta_{amb,i}$) da cidade de São Paulo foi obtida para cada mês, apresentado na Tabela 19.*

c) *O fator de correção para armazenamento é calculado pela **Equação B.IV.18**:*
- *V = 8000 L*
- *Sc = 83,2 m²*

K1 = 0,94

d) *O fator de correção que relaciona as diferentes temperaturas ($K_{2,i}$) foi calculado mês a mês pela **Equação B.IV.19**, apresentado na Tabela 19.*

*A partir da **Equação B.IV.16 da INI-C**, tem-se o $EP_{mês}$:*

$$EP_{mês,i} = S_c \,.\, F'_r U_L + (100 - \theta_{amb,i}) . \Delta_{t,i} . K_1 . K_{2,i}$$

Tabela 19 – Cálculo do $EP_{mês}$

Mês	F'_RU_L	$\theta_{amb,i}$ (°C)	Δ_T (horas)	K_1	$K_{2,i}$	$EP_{mês}$ (kWh/mês)
Janeiro	0,0000035	21,15	744	0,94	1,08	**17,49**
Fevereiro		22,34	672		1,06	**15,29**
Março		21,66	744		1,07	**17,25**
Abril		20,75	720		1,09	**17,11**
Maio		17,45	744		1,14	**19,25**
Junho		16,76	720		1,15	**18,95**
Julho		17,33	744		1,14	**19,31**
Agosto		18,28	744		1,13	**18,86**
Setembro		17,67	720		1,13	**18,53**
Outubro		20,50	744		1,09	**17,80**
Novembro		20,15	720		1,10	**17,39**
Dezembro		20,87	744		1,09	**17,63**

- ***Fração solar mensal***

*A partir da energia solar mensal absorvida e da energia solar não aproveitada pelos coletores, é possível determinar os valores de $D_{1,i}$ (**Equação B.IV.21**) e $D_{2,i}$ (**Equação B.IV.22**), necessários na determinação da fração solar mensal do sistema.*

EXEMPLO: Cálculo da fração solar mensal do sistema

*A partir da **Equação B.IV.20 da INI-C**, tem-se o f_i.*

Tabela 20 – Cálculo do f_i

Mês	D1,i	D2,i	fi
Janeiro	1,13	0,0021	**0,8808**
Fevereiro	1,26	0,0021	**0,9505**
Março	1,17	0,0021	**0,9028**
Abril	1,15	0,0021	**0,8919**
Maio	1,02	0,0023	**0,8173**
Junho	0,98	0,0024	**0,7932**
Julho	1,00	0,0023	**0,8053**
Agosto	1,21	0,0023	**0,9243**
Setembro	1,10	0,0023	**0,8639**
Outubro	1,11	0,0022	**0,8696**
Novembro	1,14	0,0022	**0,8864**
Dezembro	1,21	0,0021	**0,9243**

Por fim, determina-se a parcela de energia para o aquecimento de água proveniente de sistemas de aquecimento solar térmico.

EXEMPLO: Cálculo da $E_{AA,sol}$

*A partir da **Equação B.IV.23 da INI-C**, tem-se o $E_{AA,sol}$.*

Tabela 21 – Cálculo do E_{AAsol}

Mês	fi	E_{AA} (kWh/dia)	N (dias)	$E_{AA,sol}$ (kWh/dia)
Janeiro	0,8808	265,52	31	7250,08
Fevereiro	0,9505		28	7066,20
Março	0,9028		31	7431,45
Abril	0,8919		30	7104,49
Maio	0,8173		31	6727,67
Junho	0,7932		30	6318,34
Julho	0,8053		31	6628,91
Agosto	0,9243		31	7608,23
Setembro	0,8639		30	6881,60
Outubro	0,8696		31	7157,69
Novembro	0,8864		30	7060,46
Dezembro	0,9243		31	7608,31
TOTAL				**232,44**

5.5 Energia associada às perdas térmicas

*As perdas térmicas do sistema de aquecimento de água podem ocorrer devido a três fatores: distribuição de água (**item B.IV.6.1**), sistema de recirculação (**item B.IV.6.2**), ou pelo armazenamento água quente (**item B.IV.6.3**).*

- ***Tubulação do sistema de distribuição***

*Para calcular as perdas por meio da tubulação de distribuição, é necessário calcular o fator de perda (**Equação B.IV.26a** ou **Equação B.IV.26b**, de acordo com a previsão de isolamento térmico).*

EXEMPLO: Cálculo do Fator de Perdas da condição real

A tubulação do edifício exemplo possui tem diâmetro interno de 0,022 m e isolamento de 6,5 mm de espessura. Logo, seu diâmetro externo é de 0,035 m.

- *dR = 0,022 m*
- *dA = 0,0065 m + 0,022 m + 0,0065 m = 0,035 m*

*Como está previsto isolamento térmico na tubulação, deve-se adotar a **Equação B.III.26a** para o cálculo do fator de perdas.*

A condutividade térmica do isolante é de 0,03 W/(m.K), conforme indicado em projeto. O coeficiente de transferência de calor em tubulações com isolamento é de 8 W/(m².K).

- *λ = 0,03 W/(m.K)*
- *αA = 8 W/(m².K)*

Com isso, calcula-se o fator de perda:

$$F_{per,tub} = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \cdot ln\frac{d_A}{d_R} + \frac{1}{\alpha_A \cdot d_A}}$$

$F_{per,tub}$ = 0,28 W/mK

O projeto de água quente indica que a tubulação possui comprimento total de 1.000 m. Logo:

EXEMPLO: Cálculo das perdas térmicas pelo sistema de distribuição da condição real

- *$F_{per,tub}$ = 0,28 W/(m.K)*
- *$L_{tub,i}$ = 1.000 m*

O fator de horas de perdas se dá pelo cálculo:

- *$H_{per,dist}$ = = 2,083 x $V_{corrigido}$ = 15,66 h/dia*

As temperaturas da água foram obtidas para o cálculo do V_{diaT}.

- *θA,uso = 50 °C*
- *θA,0 = 19,6 °C*

$$E_{A,per,tub} = \sum_{i=}^{n} \left(\frac{H_{per,dist,i} \cdot F_{per,tub,i} \cdot L_{tub,i} \cdot \left(\theta_{A,arm} - \theta_{A,0}\right)}{1000} \right)$$

$E_{A,per,tub}$ = 132,31 kWh/dia

Para calcular as perdas térmicas na condição de referência, é necessário considerar as tubulações de distribuição com o mesmo diâmetro das tubulações reais. No entanto, deve-se adotar um isolamento térmico com 5 mm de espessura e condutividade térmica de 0,03 W/(m.K), conforme indicado nas tabelas do Anexo A. Portanto, tem-se que:

EXEMPLO: Cálculo do Fator de Perdas da condição de referência

Considera-se a mesma tubulação do edifício exemplo, com diâmetro interno de 0,022 m. O isolamento deve considerar 5 mm de espessura. Logo, seu diâmetro externo é de 0,032 m.

- *dR = 0,022 m*
- *dA = 0,005 m + 0,022 m + 0,005 m = 0,032 m*

*Por conter isolamento térmico, deve-se adotar a **Equação B.III.26a** para o cálculo do fator de perdas.*

A condutividade térmica do isolante é de 0,03 W/(m.K). O coeficiente de transferência de calor em tubulações com isolamento é de 8 W/(m².K).

- *λ = 0,03 W/(m.K)*
- *αA = 8 W/(m².K)*

Com isso, calcula-se o fator de perda:

$$F_{per,tub} = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \cdot ln\frac{d_A}{d_R} + \frac{1}{\alpha_A \cdot d_A}}$$

$F_{per,tub}$ = 0,31 W/mK

O comprimento da tubulação deve ser a mesma da condição real, assim como as temperaturas da água. Logo:

EXEMPLO: Cálculo das perdas térmicas pelo sistema de distribuição da condição de referência

- *$F_{per,tub}$ = 0,31 W/(m.K)*
- *$L_{tub,i}$ = 1.000 m*

O fator de horas de perdas se dá pelo cálculo:

- *$H_{per,dist}$ = = 2,083 x $V_{corrigido}$ = 15,66 h/dia*

As temperaturas da água foram obtidas para o cálculo do V_{diaT}.

- *θA,uso = 50 °C*
- *θA,0 = 19,6 °C*

$$E_{A,per,tub} = \sum_{i=}^{n} \left(\frac{H_{per,dist,i} \cdot F_{per,tub,i} \cdot L_{tub,i} \cdot (\theta_{A,arm} - \theta_{A,0})}{1000} \right)$$

$E_{A,per,tub}$ = 147,42 kWh/dia

- ***Tubulação do sistema de recirculação***

O sistema de aquecimento de água do exemplo não possui sistema de recirculação de água.

*No edifício exemplo, não há sistema de recirculação. Portanto, o **$E_{A,per,recirc}$** das condições real e de referência igual a 0.*

$E_{A,per,recirc}$

*Caso houvesse sistema de recirculação, o procedimento de cálculo seguiria o passo a passo realizado para o $E_{Aper,tub}$, porém considerando as **tubulações de recirculação** do projeto e substituindo a **Equação B.IV.25** pela **Equação B.IV.27**.*

- ***Reservatório de água quente***

Para a perda térmica do reservatório, é necessário obter a perda específica em standby dos reservatórios, fornecida pelo fabricante.

Para o edifício exemplo, o cálculo é apresentado a seguir. As perdas do reservatório são consideradas para a condição real e de referência.

> ***EXEMPLO: Perdas no reservatório de água quente***
>
> *A perda térmica específica de cada reservatório em standby fornecida pelo fabricante é:*
>
> - *EA,res,sby = 4,83 kWh/dia*
>
> *As temperaturas da água foram obtidas para o cálculo do V_{diaT}.*
>
> - *θA,arm = 50 °C*
> - *θA,0 = 19,58 °C*
>
> *Deve-se adotar a média da diferença de temperatura em testes com reservatório em standby de 29 °C, conforme especificado na INI-C.*
>
> - *ΔθA,res,sby = 29 °C*
>
> *Assim, com base na **Equação B.IV.28**, calcula-se:*
>
> $$E_{A,res} = \frac{\left(\theta_{A,arm} - \theta_{A,0}\right)}{\Delta\theta_{A,res,sby}} \cdot E_{A,res,sby}$$
>
> *$E_{A,res}$ = 5,07 kWh/dia*
>
> *Considerando que no edifício exemplo existem 8 reservatórios de 1.000 litros, tem-se que*
>
> ***$E_{A,res}$ = 40,53 kWh/dia***

- ***Perda térmica total***

A perda térmica total do sistema na condição real é o somatório de perdas térmicas provenientes do sistema de distribuição, de recirculação e do reservatório de água quente.

> ***EXEMPLO: Cálculo da perda térmica total da condição real***
>
> - *$E_{A,per,tub}$ = 132,31 kWh/dia*
> - *$E_{A,per,recirc}$ = 0 kWh/dia*
> - *$E_{A,res}$ = 40,53 kWh/dia*
>
> $$E_{A,per,tot} = E_{A,per,tub} + E_{A,per,recirc} + E_{A,res}$$
>
> ***$E_{A,per,tot}$ = 172,84 kWh/dia***

Já para a condição de referência, tem-se:

> ***EXEMPLO: Cálculo da perda térmica total da condição de referência***

- $E_{A,per,tub}$ = 147,42 kWh/dia
- $E_{A,per,recirc}$ = 0 kWh/dia
- $E_{A,res}$ = 40,53 kWh/dia

$$E_{A,per,tot} = E_{A,per,tub} + E_{A,per,recirc} + E_{A,res}$$

$E_{A,per,tot}$ = 187,95 kWh/dia

5.6 Determinação do consumo de energia para a demanda de água quente

*Conforme descrito, a edificação não possui demanda de energia elétrica, e, portanto, a energia consumida para suprir as perdas térmicas atribuídas à fonte elétrica é de 0 kWh/dia (**Equação B.IV.5**).*

*Além disso, o percentual de energia atendido por fontes elétricas é 0% (**Equação B.IV.7**).*

*Portanto, o consumo de energia térmica para aquecimento de água da edificação real será calculado a partir da **Equação B.IV.4**.*

EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia para a demanda de água quente da condição real

- N_{ano} = 365 dias
- E_{AAT} = 265,52 kWh/dia
- $E_{AA,recsol}$ = 232,44 kWh/dia
- $E_{per,T}$ = 172,93 kWh/dia
- raq_t = 83% ou 0,83

$$C_{AAT,real} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AAT} - E_{AA,rec,sol} + E_{per,t}}{r_{aq,t}}$$

$C_{AAT,real}$ = 90.557,84 kWh/ano

*Considerando o fator de conversão de energia térmica em energia primária, segundo a **Tabela 8.1 da INI-C**, e segundo a **Equação B.IV.2**, tem-se o $C_{AAT,real}$.*

- fc_T = 1,1

$$C_{AA,real} = (C_{AAT,real} \cdot fc_T)$$

$C_{AA,real}$ = 99.613,62 kWh/ano

*O consumo de energia elétrica da edificação na condição de referência é **sempre elétrico**. Ele deve ser calculado a partir da **Equação B.IV.3.2**.*

Deve-se considerar o mesmo número de dias no ano e a mesma demanda de água quente que a condição real.

*O coeficiente de rendimento equivalente ao sistema de aquecimento com acumulação deve ser o boiler elétrico. De acordo com a **Tabela B.IV.2 da INI-C**, sua eficiência é de 85%. Portanto:*

EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia para a demanda de água quente da condição de referência

- *N_{ano} = 365 dias*
- *E_{AAE} = 265,52 kWh/dia*
- *$E_{per,E}$ = 187,95 kWh/dia*
- *$raq_{,e}$ = 85% ou 0,85*

$$C_{AAE,ref} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AAE} + E_{per,e}}{r_{aq,e}}$$

$C_{AAE,ref}$ = 194.725,05 Wh/ano

*Transformando a energia térmica em energia primária, segundo a **Equação B.IV.2**, tem-se o $C_{AA,ref}$.*

- *fc_E = 1,6*

$$C_{AA,ref} = (C_{AAE,ref} \cdot fc_E)$$

$C_{AA,ref}$ = 311.560,08 kWh/ano

5.7 Percentual de redução de consumo de energia primária do sistema

*A determinação do percentual de redução do consumo de aquecimento de água se dá com base na **Equação B.IV.1 da INI-C**.*

Para tanto, é necessário o consumo da edificação na condição real e na condição de referência D.

EXEMPLO: $RedC_{AA}$

- *$C_{AA,ref}$ = 311.560,08 kWh/ano*
- *$C_{AA,real}$ = 99.613,62 kWh/ano*

$$RedC_{AA} = ((C_{AA,ref} - C_{AA,real}) / C_{AA,ref}) * 100$$

$RedC_{AA}$ = 68%

5.8 Classificação de eficiência energética do sistema

*Para classificar o sistema de aquecimento de água, é necessário criar a escala de classificação de eficiência energética, apresentada na **Tabela 8.30 da INI-C**.*

Visto que a edificação possui sistema com acumulação como dominante (atende a mais de 50% da demanda), e redução de 68%, conclui-se que sua classificação é A.

5.9 Avaliação das condições de elegibilidade para classificação A

*Como a edificação atingiu a classificação A, é necessário verificar se atende às condições de elegibilidade estabelecidas no **item 7.3**:*

a) Automação do sistema de recirculação *(item 7.3.1)*
O circuito de recirculação de água deve possuir um dispositivo de controle automático para o acionamento da recirculação de forma pré-programada.

> *Visto que não há sistema de recirculação, o requisito **não é aplicável**.*

b) Isolamento térmico das tubulações *(item 7.3.2)*
*A tubulação de distribuição e recirculação devem possuir isolamento térmico com espessura mínima e condutividade térmica determinadas de acordo com a **Tabela 7.14**.*

> *A tubulação de distribuição de água quente **não atende** ao requisito, uma vez que não possui isolamento superior a 13 mm.*

c) Reservatório de água quente *(item 7.3.3)*
*os reservatórios de água quente devem obedecer aos limites de perda específica de energia máxima descritos na **Tabela 7.15** ou da **Equação 7.2**.*

> *Os reservatórios de água quente possuem volume superior aos indicados na Tabela 7.15.*
>
> *Logo, deve-se adotar a Equação 7.2 para obter o limite de perdas. Dessa forma:*
>
> $$E_{A,res} = 0{,}0054 * V_{res} + 0{,}6936$$
>
> ***$E_{A,res}$ = 6,09 kWh/dia***
>
> *Como a perda específica em standby dos reservatórios especificados é inferior limite calculado, a condição é **atendida**.*

Mesmo com o critério do reservatório de água quente sendo atendido, o não atendimento da espessura mínima do isolamento das tubulações limita o sistema de aquecimento de água do edifício exemplo à classificação B.

B	**Sistema de Aquecimento de Água**

6 Classificação Geral

*A determinação da **classificação geral** de eficiência energética da edificação exemplo deve ser realizada com base na avaliação de todos os sistemas individuais.*

> ***Encontre na INI-C***
> *A classificação geral é dada segundo o **item 8.1**.*

- ***Consumo de equipamentos***

*A tipologia de hospedagem tem como densidade de potência de equipamentos (**Tabela A.3 do Anexo A**) o valor de 20 W/m².*

*O consumo estimado referente ao uso de equipamentos a partir da **Equação 8.6** para a edificação real e condição de referência será:*

> ***EXEMPLO: Cálculo do consumo de equipamentos***
>
> - *DPE = 20 W/m²*
> - *Área total = 2.308,6 m²*
> - *P_i = DPE x área total = 46.172,3 W*
> - *h = 12 horas*
> - *N_{ano} = 365 dias*
>
> $$C_{EQ} = (P_i \cdot h \cdot N_{ano}) \,/\, 1000$$
>
> ***C_{EQ} = 202.233,36 kWh/ano***

6.1 Condição real

- ***Consumo de energia térmica***

A edificação possui sistema de aquecimento de água com base em energia térmica.

Logo, o consumo total de energia térmica da edificação na condição real é equivalente ao consumo do sistema de aquecimento de água.

*Segundo a **Equação 8.7 da INI-C**, tem-se:*

> ***EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia térmica da condição real***
>
> - *$C_{AAT,real}$ = 90.557,84 kWh/ano*
>
> ***$C_{ET,real}$ = 90.557,84 kWh/ano***

- ***Consumo de energia elétrica***

O consumo total de energia elétrica da edificação na condição real consiste no somatório do consumo referente ao sistema de iluminação artificial, de condicionamento de ar e de equipamentos.

> ***EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia elétrica da condição real***
>
> - $C_{IL,real}$ = 64.715,4 kWh/ano
> - $C_{R,real}$ = 32.117,14 kWh/ano
> - $C_{AAE,real}$ = 0
> - C_{EQ} = 202.233,36 kWh/ano
>
> *Logo, segundo a **Equação 8.5**:*
>
> $$C_{EE,real} = C_{R,real} + C_{IL,real} + C_{AAE,real} + C_{EQ}$$
>
> ***$C_{EE,real}$ = 299.065,90 kWh/ano***

- ***Conversão em energia primária***

Por fim, deve-se converter o consumo da condição real em energia primária.

> ***EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia primária da condição real***
>
> - $C_{ET,real}$ = 90.557,84 kWh/ano
> - $C_{EE,real}$ = 299.065,90 kWh/ano
>
> *A edificação exemplo não possui geração de energia renovável, logo:*
>
> - *GEE = 0 kWh/ano*
>
> *Considerando o fator de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária, segundo a **Tabela 8.1 da INI-C**, tem-se:*
>
> - fc_E = 1,6
> - fc_T = 1,1
>
> *Assim, o consumo de energia primária da edificação na condição real é calculado a partir da **Equação 8.2**:*
>
> $$C_{EP,real} = (C_{EE,real} \,.\, fc_E) + (C_{ET,real} \,.\, fc_T) - (G_{EE} \cdot fc_E)$$
>
> ***$C_{EP,real}$ = 578.119,06 kWh/ano***

6.2 Condição de referência

- ***Consumo de energia elétrica***

O consumo total de energia elétrica da condição de referência será o somatório do consumo do sistema de iluminação, sistema de

condicionamento de ar, de aquecimento de água e o consumo de equipamentos.

EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia elétrica da condição de referência

- $C_{IL,ref}$ = 137.611,8 kWh/ano
- $C_{R,ref}$ = 55.135,69 kWh/ano
- $C_{AAE,ref}$ = 194.725,05 Wh/ano
- C_{EQ} = 202.233,36 kWh/ano

*Portanto, a partir da **Equação 8.5** tem-se que:*

$$C_{EE,real} = C_{R,real} + C_{IL,real} + C_{AAE,real} + C_{EQ}$$

$C_{EE,ref}$ = 589.705,90 kWh/ano

- ***Conversão em energia primária***

Por fim, deve-se converter o consumo da condição real em energia primária.

A edificação exemplo não possui geração de energia renovável. No entanto, para edificações com geração local, essa parcela não deve ser considerada no cálculo do consumo de energia primária da condição de referência.

EXEMPLO: Cálculo do consumo de energia primária da condição de referência

- $C_{EE,ref}$ = 589.705,90 kWh/ano

*Considerando o fator de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária, segundo a **Tabela 8.1 da INI-C**, tem-se:*

- fc_E = 1,6

*Assim, o consumo de energia primária da edificação na condição de referência é calculado a partir da **Equação 8.3**:*

$$C_{EP,real} = (C_{EE,ref} \,.\, fc_E)$$

$C_{EP,ref}$ = 943.529,44 kWh/ano

6.3 Percentual de redução de consumo de energia primária

*Por fim, calcula-se o percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação na condição real e condição de referência segundo a **Equação 8.1 da INI-C**.*

Entretanto, esse percentual deve ser calculado desconsiderando o consumo de equipamentos da edificação. Portanto:

EXEMPLO: Cálculo da Redução de Consumo de Energia Primária

- $C_{EP,real}$ = 578.119,06 kWh/ano
- $C_{EP,ref}$ = 589.705,90 kWh/ano
- C_{EQ} = 202.233,36 kWh/ano

Considerando o fator de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária, segundo a ***Tabela 8.1 da INI-C****, tem-se:*

- fc_E = 1,6

Assim, o percentual de redução de consumo é calculado a partir da ***Equação 8.1****:*

$$RedC_{EP} = \left\{ \frac{\left[C_{EP,ref} - (C_{EQ} \cdot fc_E)\right] - \left[C_{EP,real} - (C_{EQ} \cdot fc_E)\right]}{\left[C_{EP,ref} - (C_{EQ} \cdot fc_E)\right]} \right\}$$

RedC$_{EP}$ = 58,9%

6.4 Classificação geral de eficiência energética

Para classificar a edificação, deve-se seguir o ***item 8.1 da INI-C****. A classificação geral é obtida ao comparar o percentual de redução de energia primária da edificação real com os intervalos de classificação previamente definidos.*

Inicialmente deve-se levantar o Coeficiente de Redução de Consumo em energia primária da classificação D para a classificação A (CRC$_{EPD-A}$) obtido nas ***Tabelas 8.3 a 8.10****.*

EXEMPLO: Cálculo do CRC$_{EPD-A}$

Como o edifício exemplo tem tipologia de hospedagem, deve-se utilizar a ***Tabela 8.5 da INI-C****.*

Para consultar a tabela, é necessário comparar o Fator de Forma e a zona bioclimática do edifício.

- *FF = 0,272*
- *ZB = 3*

Com isso, tem-se que o ***CRC$_{EPD-A}$ = 0,53***

Na sequência, calcula-se o valor que representa o intervalo (i) entre as classes de eficiência com base na ***Equação 8.9 da INI-C****.*

Esse cálculo consiste em dividir o CRC$_{EPD-A}$ por três, e posteriormente multiplicar por 100 para transformá-lo em percentual.

Então, calculam-se os limites de redução de consumo para cada classe de eficiência energética.

EXEMPLO: i e Classificação Geral do edifício

Com base na ***Equação 8.9 da INI-C****, tem-se:*

$$i = (CRC_{EPD-A} \cdot 100) / 3$$

i = 17,7%

*Com base na **Tabela 8.11 da INI-C**, a tabela abaixo representa estes limites, calculados com base no índice i:*

Tabela 22 – Intervalos e classificação

A	$RedC_{EP} \geq 3i$	$RedC_{EP} \geq 53\%$
B	$3i > RedC_{EP} \geq 2i$	$53\% > RedC_{EP} \geq 35\%$
C	$2i > RedC_{EP}T \geq i$	$35\% > RedC_{EP} \geq 17,7\%$
D	$i > RedC_{EP} \geq 0$	$17,7\% > RedC_{EP} \geq 0\%$
E	$0 > RedC_{EP}$	$0\% > RedC_{EP}$

Considerando que o RedCEP obtido foi de 58,9%, e o mínimo para a classificação A é 53%, a classificação geral do edifício alcança classe A.

Essa classificação representa uma edificação eficiente energeticamente.

A	***Classificação Geral***