Diretrizes para Obtenção

de Classificação Nível A para Edificações

Comerciais, de Serviços e Públicas

Comercial, de Serviço e Público

CB3E
Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações

INMETRO

PROCEL EDIFICA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Eletrobras

Diretrizes para Obtenção

de Classificação Nível A para Edificações

Comerciais, de Serviços e Públicas

Comercial, de Serviço e Público

2014

Com base na Portaria: nº 372/2010

Eletrobras/Procel

José da Costa Carvalho Neto
Presidente

Renata Leite Falcão
Superintendente de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone
Chefe do Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Chefe da Divisão de Eficiência Energética no Setor Privado

Equipe do Procel Edifica/ Eletrobras

Edison Alves Portela Junior

Elisete Alvarenga da Cunha

Estefânia Neiva de Mello

João Queiroz Krause

Lucas Mortimer Macedo

Luciana Dias Lago Machado

Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações - CB3e - UFSC
Núcleo de Edificações Comerciais

Roberto Lamberts
Coordenador

Pós-doutorandos:	Michele Fossati Veridiana Atanasio Scalco
Doutorandos:	Raphaela Walger da Fonseca
Mestrandos:	Elisa Beck
Iniciação Científica:	Gustavo Palladini Letícia Gabriela Eli Mirella Lenoir Improta

Sumário

1. INTRODUÇÃO 6

2. OBJETIVO 6

3. ESTRUTURA 7

3.1. Envoltória 7
3.2. Sistema de Iluminação 7
3.3. Condicionamento de Ar 7

4. PRÉ-REQUISITOS GERAIS 8

4.1. Circuitos Elétricos 8
4.2. Aquecimento de Água 8

5. BONIFICAÇÕES 9

6. PONTUAÇÃO TOTAL 10

7. ENVOLTÓRIA 11

7.1. Zona Bioclimática 1 12
7.1.1. Pré-requisitos Específicos 12
7.1.1.1. Transmitância Térmica 12
7.1.1.2. Cores e Absortância de superfícies 13
7.1.1.3. Iluminação Zenital 13
7.1.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 14

7.2. Zona Bioclimática 2 15
7.2.1. Pré-requisitos Específicos 15
7.2.1.1. Transmitância Térmica 15
7.2.1.2. Cores e Absortância de superfícies 16
7.2.1.3. Iluminação Zenital 16
7.2.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 17

7.3. Zona Bioclimática 3 18
7.3.1. Pré-requisitos Específicos 18
7.3.1.1. Transmitância Térmica 18
7.3.1.2. Cores e Absortância de superfícies 19
7.3.1.3. Iluminação Zenital 19
7.3.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 20

7.4. Zona Bioclimática 4 21
7.4.1. Pré-requisitos Específicos 21
7.4.1.1. Transmitância Térmica 21

7.4.1.2. Cores e Absortância de superfícies 22
7.4.1.3. Iluminação Zenital 22
7.4.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 24

7.5. Zona Bioclimática 5 25
7.5.1. Pré-requisitos Específicos 25
7.5.1.1. Transmitância Térmica 25
7.5.1.2. Cores e Absortância de superfícies 26
7.5.1.3. Iluminação Zenital 26
7.5.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 27

7.6. Zona Bioclimática 6 28
7.6.1. Pré-requisitos Específicos 28
7.6.1.1. Transmitância Térmica 28
7.6.1.2. Cores e Absortância de superfícies 29
7.6.1.3 Iluminação Zenital 29
7.6.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 30

7.7. Zona Bioclimática 7 31
7.7.1. Pré-requisitos Específicos 31
7.7.1.1. Transmitância Térmica 31
7.7.1.2. Cores e Absortância de superfícies 32
7.7.1.3. Iluminação Zenital 32
7.7.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 33

7.8. Zona Bioclimática 8 34
7.8.1. Pré-requisitos Específicos 34
7.8.1.1. Transmitância Térmica 34
7.8.1.2. Cores e Absortância de superfícies 35
7.8.1.3. Iluminação Zenital 35
7.8.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória 36

8. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO 37
8.1. Pré-Requisitos Específicos 37
8.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência 37
8.2.1. Método da Área do Edifício 38
8.2.2. Método das Atividades 40

9. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR 44
Sistemas de Condicionamento de Ar regulamentados pelo INMETRO 44
Sistemas de Condicionamento de Ar não regulamentados pelo INMETRO 44
9.1. Pré-Requisitos Específicos 45
9.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência 45
9.2.1. Sistemas de Condicionamento de Ar regulamentados pelo INMETRO 45
9.2.2. Sistemas de Condicionamento de Ar não regulamentados pelo INMETRO 46

10. NORMAS REFERENCIADAS 47

1. Introdução

O manual A é uma forma de apresentar o RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – de maneira resumida aos interessados em obter o nível A de eficiência energética.

Cabe ressaltar que este manual é um complemento ao RTQ-C, que não o substitui, nem mesmo traz todas as informações detalhadas para a obtenção da Etiqueta A.

2. Objetivo

O objetivo do Manual A é auxiliar na compreensão inicial dos requisitos considerados pelo RTQ-C para obtenção etiqueta nível A. Para tanto, o manual A possui exemplos visuais e explicações ou interpretações apresentados em quadros, diferentemente do Regulamento.

3. Estrutura

O manual está estruturado em: Pré-requisitos gerais, Bonificações, Pontuação Total, Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar.

3.1. Envoltória

A envoltória é avaliada de maneira diferenciada de acordo com a Zona Bioclimática, pois seu desempenho varia conforme o clima onde o edifício está inserido. Dentro de cada Zona Bioclimática foram dispostos exemplos de algumas cidades pertencentes àquele clima, tipos de coberturas, cores de paredes, além de quadros com algumas observações e pontos de destaque do Regulamento.

3.2. Sistema de Iluminação

O sistema de Iluminação pode ser avaliado por dois métodos: Método das Áreas e Método das atividades. Este capítulo mostra de maneira simplificada cada um deles e tem como objetivo auxiliar na escolha do método conforme o perfil da edificação.

3.3. Condicionamento de Ar

O sistema de condicionamento de ar pode ser de dois tipos: sistemas etiquetados pelo PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem - e não etiquetados. No caso dos não etiquetados, o manual descreve os padrões que este deve cumprir; no caso dos etiquetados, sistemas com aparelhos que possuam etiqueta nível A, receberão etiqueta A para o sistema de condicionamento de ar, desde que cumpridos os pré-requisitos.

4. Pré-requisitos Gerais

Para o edifício tornar-se elegível à etiqueta nível A, é necessário que ele cumpra os seguintes pré-requisitos:

4.1. Circuitos Elétricos

A edificação deve possuir circuito elétrico separado por uso final ou possuir equipamento instalado que possibilite a medição por uso final. A separação por uso final é feita de forma que se diferencie o circuito de cada uso, como por exemplo: a iluminação do sistema de condicionamento de ar e outros.

São exceções a este pré-requisito: Hotéis, que possuam desligamento automático para os quartos e edificações com múltiplas unidades autônomas de consumo e edificações cuja a construção seja anterior à junho de 2009.

4.2. Aquecimento de Água

Este pré-requisito deve ser cumprido em edificações que possuam um percentual de uso de água quente igual ou superior a 10% do consumo de energia ou edificações com elevada demanda de água quente como, por exemplo, academias, clubes, hospitais e restaurantes.

Para o nível A é necessário que a edificação comprove que 100% da sua demanda de água quente é atendida por um ou mais dos sistemas a seguir, além de atender as condições de isolamento das tubulações presente no item 2.3.2.4 do RTQ-C.

- **Sistema de Aquecimento Solar**
- **Aquecedores a Gás do tipo Instantâneo**
- **Sistemas de aquecimento de água por Bombas de Calor**
- **Caldeiras a Gás**

5. Bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência energética da edificação poderão receber até 1 ponto na classificação geral, desde que justificadas e comprovada a economia por essas geradas. Essas podem ser:

- **Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água**
- **Sistemas ou fontes renováveis de energia**
- **Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas**
- **Edifícios com elevadores que atingirem o nível A (0,5 pontos)**

Informações sobre os sistemas acima citados são encontrados no RTQ-C.

Atenção!

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

6. Pontuação Total

O RTQ-C especifica a classificação do nível de eficiência de edificações, dividida nesses três sistemas individuais, conforme as metodologias descritas nos itens correspondentes:

- **Envoltória**
- **Sistema de Iluminação**
- **Sistema de Condicionamento de Ar**

A tabela a seguir mostra os métodos que podem ser utilizados em cada sistema.

Envoltória	**Sistema de Iluminação**	**Sistema de Condicionamento de Ar**	**Ventilação Natural**
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

Tabela 2.1 do RTQ-C.

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos, distribuídos da seguinte forma:

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

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos, um número de pontos correspondente a determinada eficiência, no caso da classificação A o equivalente numérico correspondente é 5.

A classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Equação 2.1 do RTQ-C:

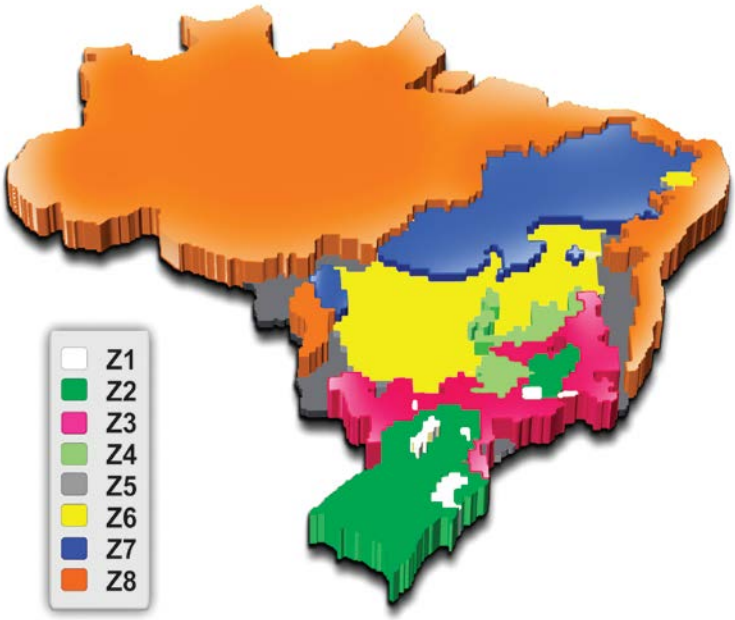
$$PT = 0{,}30.\left\{\left(EqNumEnv.\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}+0{,}30.\left(EqNumDPI\right)+0{,}40.\left\{\left(EqNumCA.\frac{AC}{AU}\right)+\left(\frac{APT}{AU}.5+\frac{ANC}{AU}.EqNumV\right)\right\}+\delta_{0}^{1}$$

Eq. 2.1 do RTQ-C

Na classificação geral, o nível de Eficiência A, é aquele em que o PT esteja no intervalo: ≥4,5 a 5 A

7. Envoltória

A envoltória é avaliada de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se insere.isso ocorre pois as oito zonas bioclimáticas brasileiras possuem características bastante distintas. Complementar ao regulamento RTQ-C para envoltória, que avalia estratégias para uma maior eficiência energética da edificação, existe na NBR15220 alternativas de conforto ambiental dentro de cada zona bioclimática. Essas alternativas também são destacadas neste manual, porém devem ser consideradas como conteúdo complementar.



7.1. Zona Bioclimática 1

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Poços de Calda (MG), Curitiba (PR), Palmas (PR), Lages (SC), Caxias do Sul (RS)

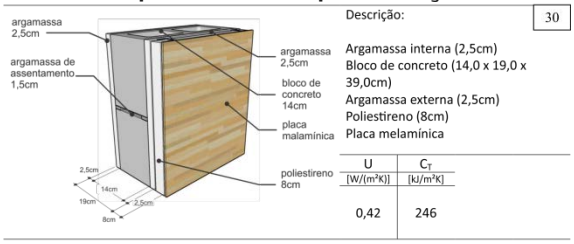
Por serem regiões mais frias, apresentam desconforto bioclimático principalmente devido ao frio, pelo motivo de não ter restrições quanto ao aquecimento, não apresentam limites quanto ao uso da cor devido a absortância.

7.1.1. Pré-requisitos Específicos

7.1.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
			(ambientes condicionados artificialmente)	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**	U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

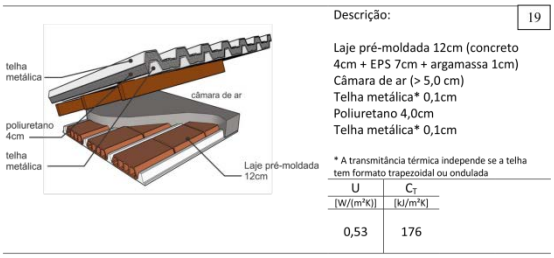
São exemplos desta especificação:



Descrição: 30

Argamassa interna (2,5cm)
Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm)
Argamassa externa (2,5cm)
Poliestireno (8cm)
Placa melamínica

U [W/(m²K)]	C_T [kJ/m²K]
0,42	246

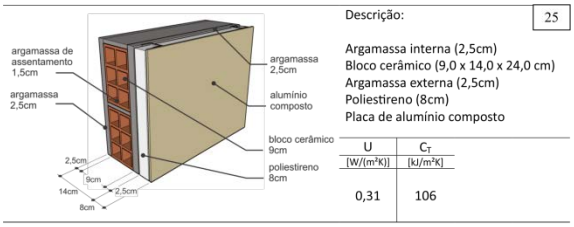


Descrição: 19

Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)
Câmara de ar (> 5,0 cm)
Telha metálica* 0,1cm
Poliuretano 4,0cm
Telha metálica* 0,1cm

* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

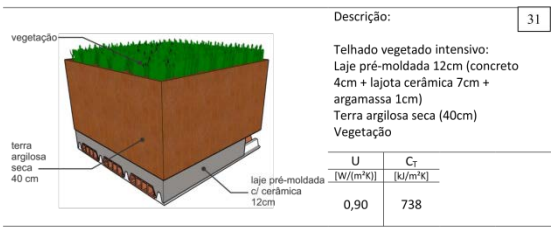
U [W/(m²K)]	C_T [kJ/m²K]
0,53	176



Descrição: 25

Argamassa interna (2,5cm)
Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm)
Argamassa externa (2,5cm)
Poliestireno (8cm)
Placa de alumínio composto

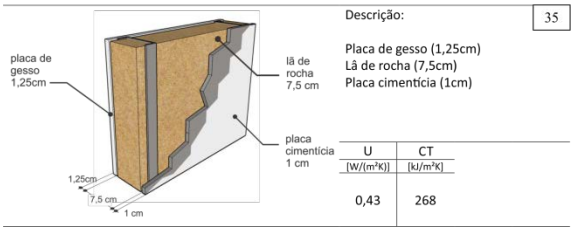
U [W/(m²K)]	C_T [kJ/m²K]
0,31	106



Descrição: 31

Telhado vegetado intensivo:
Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)
Terra argilosa seca (40cm)
Vegetação

U [W/(m²K)]	C_T [kJ/m²K]
0,90	738



Descrição: 35

Placa de gesso (1,25cm)
Lã de rocha (7,5cm)
Placa cimentícia (1cm)

U [W/(m²K)]	CT [kJ/m²K]
0,43	268

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.1.1.2. Cores e Absortância de superfícies

No caso da zona bioclimática 1, não há limite de cor para a absortância de superfícies.

7.1.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.1.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar o Limite de Fator Forma Mínimo.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.3; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.4.
h) Para a Eq. 3.3, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,60; enquanto que a Eq. 3.4 apresenta um limite de Fator de Forma mínimo de 0,17.

$A_{pe} \leq$ 500 m² - $FF_{máximo} =$ 0,60

$$IC_{env} = -43{,}0.FA - 316{,}62.FF + 16{,}83.PAF_T + 7{,}39.FS - 0{,}20.AVS + 0{,}20.AHS + \\ + 132{,}5.\frac{FA}{FF} - 77.FA.FF - 0{,}92.FF.PAF_T.AHS + 182{,}66 \qquad \text{Eq. 3.3}$$

$A_{pe} >$ 500 m² - $FF_{mínimo} =$ 0,17

$$IC_{env} = 10{,}47.FA + 298{,}74.FF + 38{,}41.PAF_T - 1{,}11.FS - 0{,}11.AVS + 0{,}24.AHS \\ - 0{,}54.PAF_T.AHS + 47{,}53 \qquad \text{Eq. 3.4}$$

7.2. Zona Bioclimática 2

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Machado (MG), Jaguariaiva(PR), Nova Friburgo (RJ), Alegrete (RS) e Araranguá (SC).

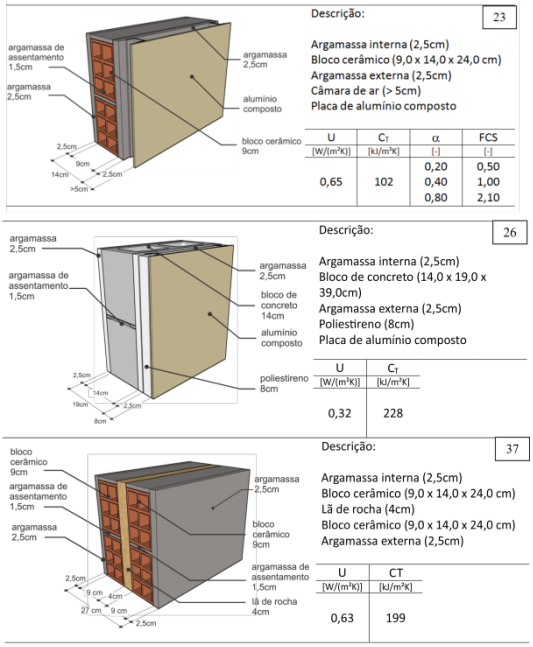
Regiões mais ao Sul do país com clima variando de ameno a frio, com estações bem definidas. A presenta, como estratégias bioclimáticas de conforto: Ventilação cruzada, aquecimento solar da edificação e uso de paredes internas pesadas, que ajudam o interior a se manter aquecido.

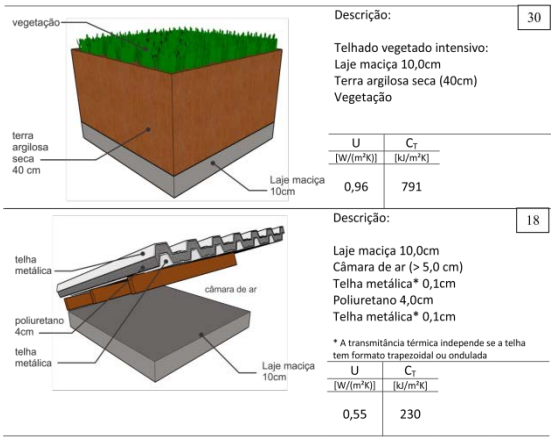
7.2.1. Pré-requisitos Específicos

7.2.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**		*(ambientes condicionados artificialmente)*	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
		U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.2.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	41		Erva doce	21,9
	42		Flamingo	46,8
	43		Laranja	39,9
	44		Marfim	29,7
	45		Palha	28,5
	46		Pérola	25,7
	47		Pêssego	39,5

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.2.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.2.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar o Limite de Fator Forma Mínimo.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.5; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.6.
h) Para a Eq. 3.5, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,70; enquanto que a Eq. 3.6 apresenta um limite de Fator de Forma mínimo de 0,15.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}70$

$$IC_{env} = -175{,}30.FA - 212{,}79.FF + 21{,}86.PAF_T + 5{,}59.FS - 0{,}19.AVS + 0{,}15.AHS + 275{,}19.\frac{FA}{FF} + 213{,}35.FA.FF - 0{,}04.PAF_T.FS.AVS - 0{,}45 PAF_T.AHS + 190{,}42 \quad \text{Eq 3.5}$$

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = 0{,}15$

$$IC_{env} = -14{,}14.FA - 113{,}94.FF + 50{,}82.PAF_T + 4{,}86.FS - 0{,}32.AVS + 0{,}26.AHS - \frac{35{,}75}{FF} - 0{,}54.PAF_T.AHS + 277{,}98 \quad \text{Eq 3.6}$$

7.3. Zona Bioclimática 3

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Belo Horizonte (MG), Juiz de Fora (MG), Foz do Iguaçu (PR), Petrópolis (RJ), Florianópolis (SC).

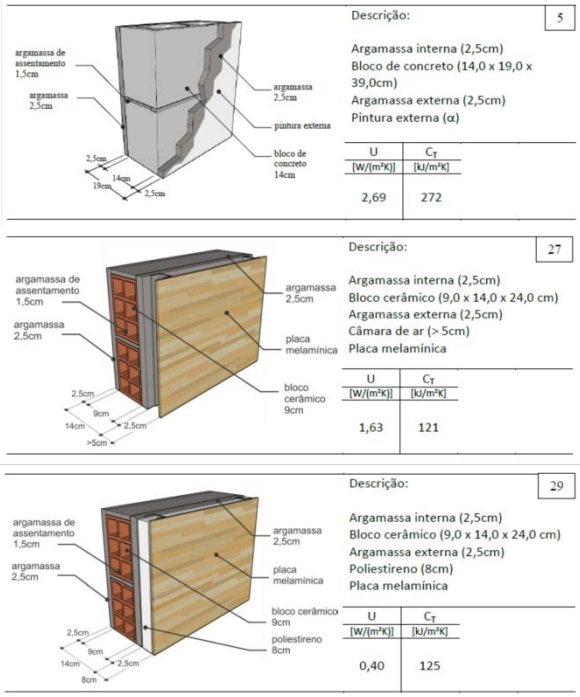
Zona de clima mais ameno, com verão e inverno bem marcados. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: ventilação cruzada, aquecimento solar da edificação e vedação interna pesada.

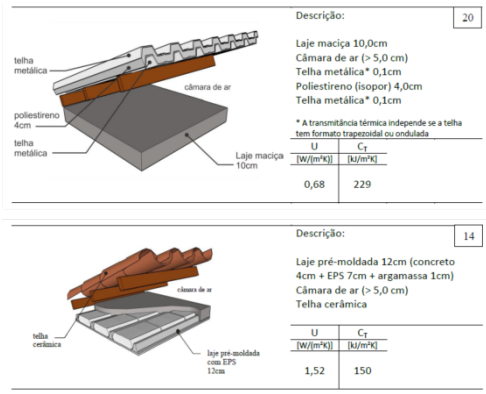
7.3.1. Pré-requisitos Específicos

7.3.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
			(ambientes condicionados artificialmente)	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**	U ≤ 3,70	U ≤ 1,00	U ≤ 2,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.3.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	10		Flamingo	49,5
	12		Marfim	33,6
	13		Palha	36,7
	14		Pérola	33,0
	15		Pêssego	42,8

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.3.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.3.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar o Limite de Fator Forma Mínimo.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.5; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.6.
h) Para a Eq. 3.5, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,70; enquanto que a Eq. 3.6 apresenta um limite de Fator de Forma mínimo de 0,15.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}70$

$$IC_{env} = -175{,}30.FA - 212{,}79.FF + 21{,}86.PAF_T + 5{,}59.FS - 0{,}19.AVS + 0{,}15.AHS + 275{,}19.\frac{FA}{FF} + 213{,}35.FA.FF - 0{,}04.PAF_T.FS.AVS - 0{,}45PAF_T.AHS + 190{,}42$$

Eq 3.5

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = 0{,}15$

$$IC_{env} = -14{,}14.FA - 113{,}94.FF + 50{,}82.PAF_T + 4{,}86.FS - 0{,}32.AVS + 0{,}26.AHS - \frac{35{,}75}{FF} - 0{,}54.PAF_T.AHS + 277{,}98$$

Eq 3.6

7.4. Zona Bioclimática 4

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Sete Lagoas (MG), Brasília (DF), Luziânia (GO), Franca (SP), Ribeirão Preto (SP).

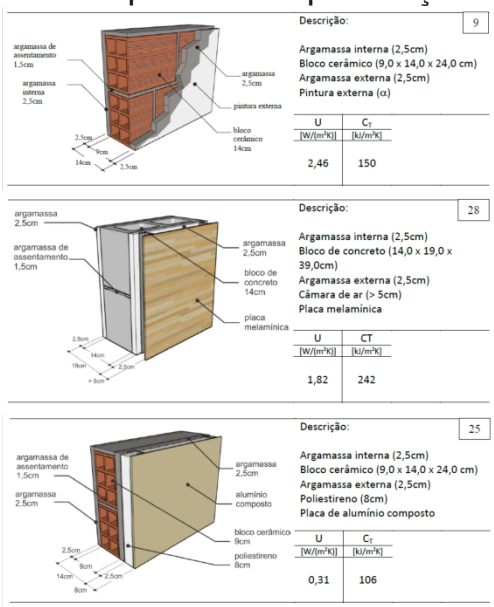
Essas regiões, normalmente apresentam-se com um clima mais árido, onde a amplitude térmica varia mais durante o dia do que durante o ano, possuindo uma grande variação de temperatura entre o dia e a noite. Para essas regiões são indicadas como estratégias bioclimáticas de conforto iniciativas como: resfriamento evaporativo e massa térmica de resfriamento, ventilação seletiva (utilizada quando a temperatura interna ultrapassa a externa), aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (devido a inercia térmica do material que retarda o ganho de calor da parede interna).

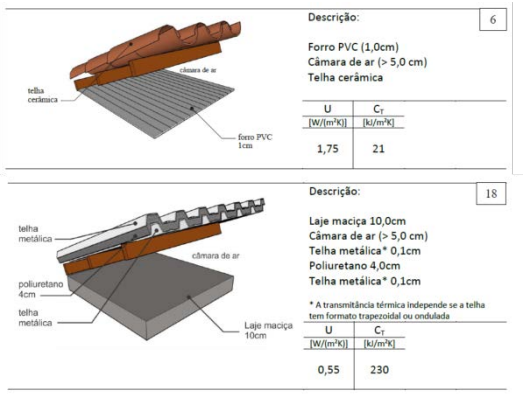
7.4.1. Pré-requisitos Específicos

7.4.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**		*(ambientes condicionados artificialmente)*	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
		U ≤ 3,70	U ≤ 0,50	U ≤ 2,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.4.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2
	63		Areia	35,7
	65		Branco Neve	16,2
	66		Branco Gelo	28,1
	70		Flamingo	44,4
	71		Marfim	24,5
	72		Palha	26,4
	73		Pérola	22,9
	74		Pêssego	29,8

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.4.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.4.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar os Limites de Fator Forma.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.7; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.8.
h) Para a Eq. 3.7, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,75; enquanto que a Eq. 3.8 não apresenta limite de Fator de Forma.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}75$

$$IC_{env} = 105{,}39.FA - 207{,}12.FF + 4{,}61.PAF_T + 8{,}08.FS - 0{,}31.AVS - 0{,}07.AHS - 82{,}34FF.FA + 3{,}45.PAF_T.FS - 0{,}005PAF_T.FS.AVS.AHS + 171{,}27 \quad \text{Eq 3.7}$$

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = livre$

$$IC_{env} = 511{,}12.FA + 0{,}92.FF - 95{,}71.PAF_T - 99{,}79.FS - 0{,}52.AVS - 0{,}29.AHS - 380{,}83.FF.FA + \frac{4{,}27}{FF} + 729{,}20.PAF_T.FS + 77{,}15 \quad \text{Eq 3.8}$$

7.5. Zona Bioclimática 5

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Vitória da Conquista (BA), Pedra Azul (MG), Cidade Vera (MT), Niterói (RJ), São Francisco do Sul (SC).

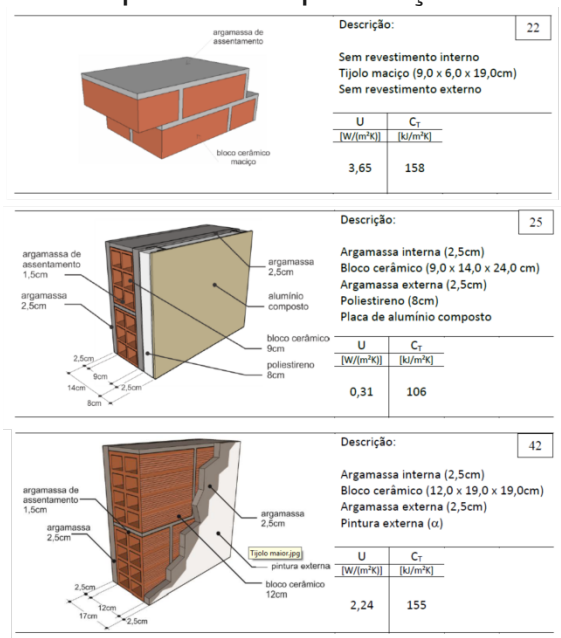
Zona de clima ameno, com verão e inverno bem marcados. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: ventilação cruzada e vedação interna pesada.

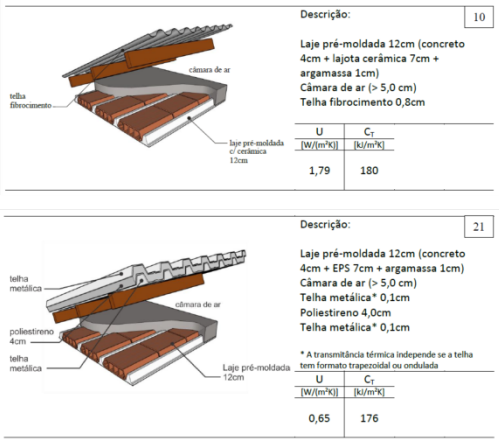
7.5.1. Pré-requisitos Específicos

7.5.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
			(ambientes condicionados artificialmente)	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**	U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.5.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	49		Azul bali	48,9
	50		Branco Neve	10,2
	51		Branco Gelo	29,7
	56		Mel	41,8
	57		Palha	27,2
	58		Pérola	22,1
	59		Pêssego	35,0

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.5.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.5.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar os Limites de Fator Forma.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.7; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.8.
h) Para a Eq. 3.7, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,75; enquanto que a Eq. 3.8 não apresenta limite de Fator de Forma.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}75$

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

Eq 3.7

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = livre$

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

Eq 3.8

7.6. Zona Bioclimática 6

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Bom Jesus da Lapa (BA), Goiânia (GO), Campo Grande (MS), Meruri (MT), Andradina (SP).

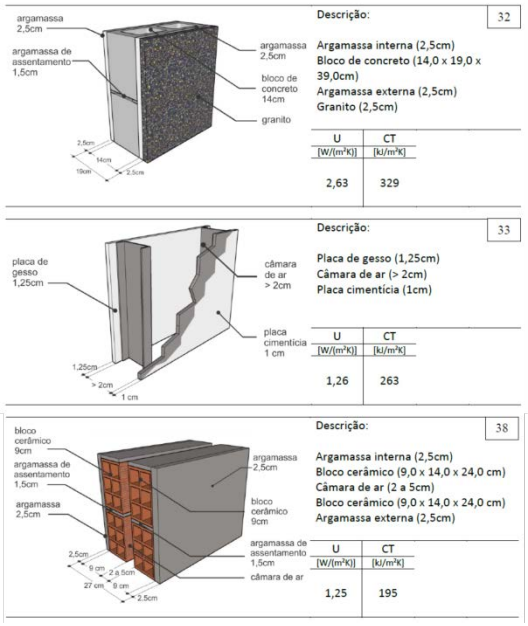
Regiões de baixas amplitudes anuais, normalmente localizadas no interior. Apresentam como estratégias bioclimáticas de conforto: resfriamento evaporativo e massa térmica de resfriamento, ventilação seletiva (utilizada quando a temperatura interna ultrapassa a externa), aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (devido a inercia térmica do material que retarda o ganho de calor da parede interna).

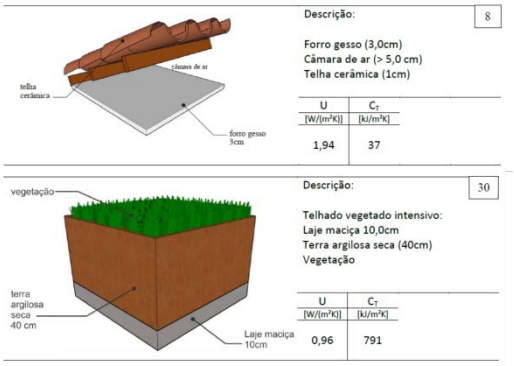
7.6.1. Pré-requisitos Específicos

7.6.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
			(ambientes condicionados artificialmente)	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**	U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.6.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	10		Flamingo	49,5
	12		Marfim	33,6
	13		Palha	36,7
	14		Pérola	33,0
	15		Pêssego	42,8

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.6.1.3 Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.6.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar os Limites de Fator Forma.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.11; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.12.
h) Para a Eq. 3.11, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,48; enquanto que a Eq. 3.12 há um limite de Fator de Forma mínimo de 0,17.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}48$

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

Eq 3.11

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = 0{,}17$

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

Eq 3.12

7.7. Zona Bioclimática 7

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Paratinga (BA), Sobral (CE), Goiás (GO), Caxias (MA), Bom Jesus do Piauí (PI).

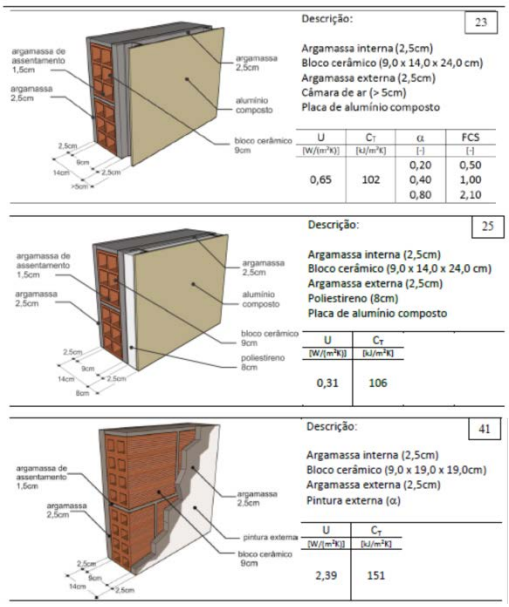
Caracterizam-se por clima quente, com pouca variação ao longo do ano, onde as estações são definidas como de seca e de chuva. Têm como estratégias bioclimáticas de conforto: resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva (utilizada quando a temperatura interna ultrapassa a externa).

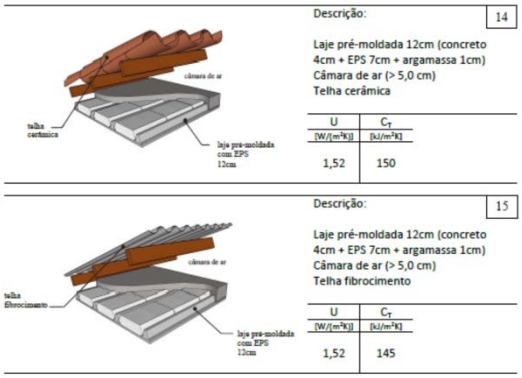
7.7.1. Pré-requisitos Específicos

7.7.1.1. Transmitância Térmica

1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**	**Paredes externas**	**Cobertura**	
			(ambientes condicionados artificialmente)	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
		U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.7.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2
	63		Areia	35,7
	65		Branco Neve	16,2
	66		Branco Gelo	28,1
	70		Flamingo	44,4
	71		Marfim	24,5
	72		Palha	26,4
	73		Pérola	22,9
	74		Pêssego	29,8

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.7.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.7.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes parâmetros:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
a) Cálculo da absortância térmica de superfícies
b) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
c) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
d) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
e) Calcular a área total da edificação e analisar os Limites de Fator Forma.
f) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.9; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.10.
g) Para a Eq. 3.9, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,60; enquanto que a Eq. 3.10 há um limite de Fator de Forma mínimo de 0,17.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}60$

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

Eq 3.9

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = 0{,}17$

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

Eq 3.10

7.8. Zona Bioclimática 8

Pertencem a esta zona bioclimática cidades como: Cruzeiro do Sul (AC), Maceió (AL), Manaus (AM), Linhares (ES), Belém (PA).

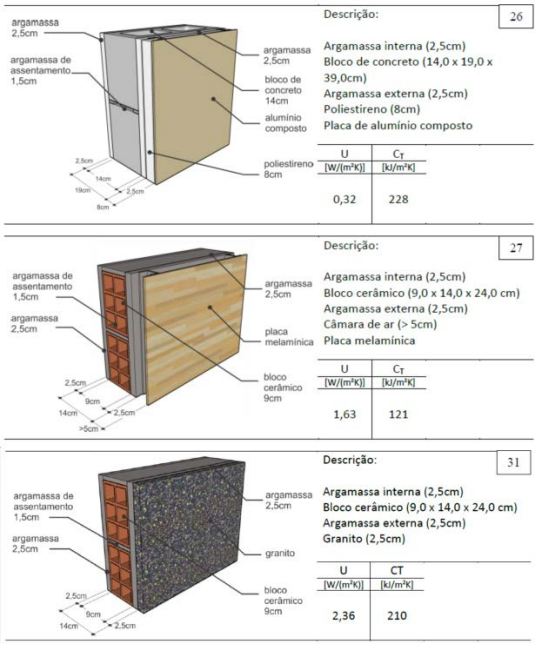
Regiões marcadas pelo clima quente úmido, onde normalmente opta-se por alternativas que facilitem a ventilação cruzada e desumidifiquem o ambiente, para o conforto bioclimático. Nessas regiões são marcadas por possuírem graus-dia de aquecimentos nulos.

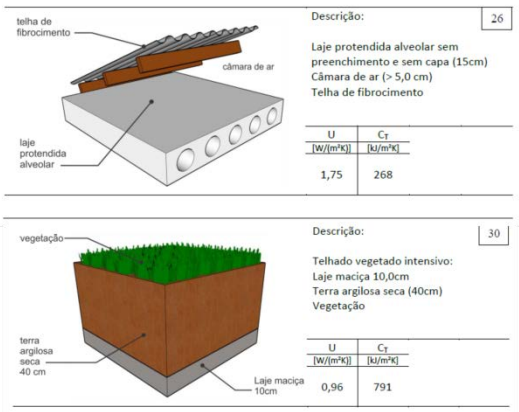
7.8.1. Pré-requisitos Específicos

7.8.1.1. Transmitância Térmica

		Paredes externas	Cobertura	
1	**Transmitância térmica [W/(m²K)]**		*(ambientes condicionados artificialmente)*	*(ambiente não condicionados artificialmente)*
		U ≤ 1,00	U ≤ 0,50	U ≤ 1,00

São exemplos desta especificação:





Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

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

Exceção!

7.8.1.2. Cores e Absortância de superfícies

2	**Cores e absortância de superfícies (adimensional)**	**Paredes Externas**	**Cobertura**
		α ≤ 0,50	α ≤ 0,50*

São exemplos desta especificação:

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	41		Erva doce	21,9
	42		Flamingo	46,8
	43		Laranja	39,9
	44		Marfim	29,7
	45		Palha	28,5
	46		Pérola	25,7
	47		Pêssego	39,5

Estes e outros exemplos podem ser encontrados no Anexo V do RAC.

7.8.1.3. Iluminação Zenital

No calculo para a iluminação zenital são estabelecidos dois limites o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) e o Fator Solar (FS).

- PAZ representa o quanto da cobertura é uma abertura, para ser considerado abertura zenital o RTQ-C estabelece que a abertura zenital pode variar de 60º à 0º com o plano horizontal, valores acima de 60º entram no cálculo do percentual de Abertura da Fachada.
- FS representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Esse fator depende das transmitâncias do material, da sua absortância e sua resistência superficial externa.

Esses limites foram estabelecidos e devem ser utilizados em combinação de maneira que quando há um PAZ grande deve-se compensar com um FS baixo.

Quando a edificação possuir aberturas zenitais, ela deverá atender ao fator solar máximo do vidro ou sistema de abertura para os PAZ descritos na tabela a seguir. Se o PAZ for maior que 5%, deve ser utilizada a simulação computacional.

3	**Iluminação Zenital**	**PAZ**	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
	(PAZ < 5%)	**FS**	0,87	0,67	0,52	0,3

Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital.

7.8.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência da Envoltória

Para obter a determinação da envoltória (IC_{env}), é necessário determinar os seguintes fatores:

a) Cálculo da transmitância térmica da parede e da cobertura
b) Cálculo da absortância térmica de superfícies
c) Cálculo do Fator Forma e Fator Altura
d) Determinar o Percentual de Abertura na Fachada
e) Determinar o Ângulo Horizontal de Sombreamento e o Ângulo Vertical de Sombreamento
f) Calcular a área total da edificação e analisar os Limites de Fator Forma.
g) Caso a edificação em análise possua Área de Projeção do Edifício menor ou igual que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.11; caso a Área de Projeção do Edifício seja maior que 500 m² deve-se utilizar a eq. 3.12.
h) Para a Eq. 3.11, há um limite de Fator de Forma máximo de 0,48; enquanto que a Eq. 3.12 há um limite de Fator de Forma mínimo de 0,17.

$A_{pe} \leq 500\ m^2$ - $FF_{máximo} = 0{,}48$

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

Eq 3.11

$A_{pe} > 500\ m^2$ - $FF_{mínimo} = 0{,}17$

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

Eq 3.12

8. Sistema de Iluminação

8.1. Pré-Requisitos Específicos

Para classificação do sistema de iluminação ser A, deverão ser atendidos três pré-requisitos específicos:

- Divisão de circuitos;
  Ambientes fechados por paredes ou divisórias até o teto deverão possuir um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente.
- Contribuição da luz natural;
  Visando maior aproveitamento da iluminação natural, a fileira de iluminarias mais próximas à abertura deverá ter controle instalado independente. Exceção: meios de hospedagem.
- Desligamento automático do sistema de iluminação.
  Ambientes maiores de 250m² deverão ter dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.

Para maiores informações deverá ser consultado o RTQ-C na página 39, item 4.1.

8.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência

Visa estabelecer o limite de potência de iluminação interna para os espaços internos dos edifícios, esse limite é avaliado utilizando um dos seguintes métodos:

- Método da área do edifício, ou
- Método das atividades do edifício.

Esses dois métodos diferem pela complexidade. Enquanto no método da área é considerado o edifício como um todo, sendo avaliadas somente as suas atividades principais (no máximo três), no método das atividades é avaliada cada atividade separadamente e no fim somadas suas DPI. Nos subtítulos a seguir serão dadas mais algumas informações sobre cada método, mas caso seja necessário deverá ser consultado o RTQ-C, a partir da página 41, itens 4.2.1 e 4.2.2.

- Importante resaltar que devem ser excluídos do cálculo da potência instalada da iluminação os sistemas que forem complementares da iluminação geral e com controle independente, tais sistemas vão desde iluminação de equipamentos até expositores. Na página 41, item 4.2 do RTQ-C está uma lista completa desses sistemas excluídos.

Exceção!

8.2.1. Método da Área do Edifício

O método da área do edifício calcula os limites de potência em iluminação para as edificações como um todo e deve ser aplicado somente em casos em que a edificação possua no máximo três atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício.

Assim sendo, por considerar a edificação (ou os 30% da edificação em que as atividades ocupam) como um todo, ele acaba sendo mais simplificado e na maioria dos casos gerando uma classificação melhor para o edifício, visto que atividades secundárias, mais eficientes ou não do ponto energético, são desconsideradas.

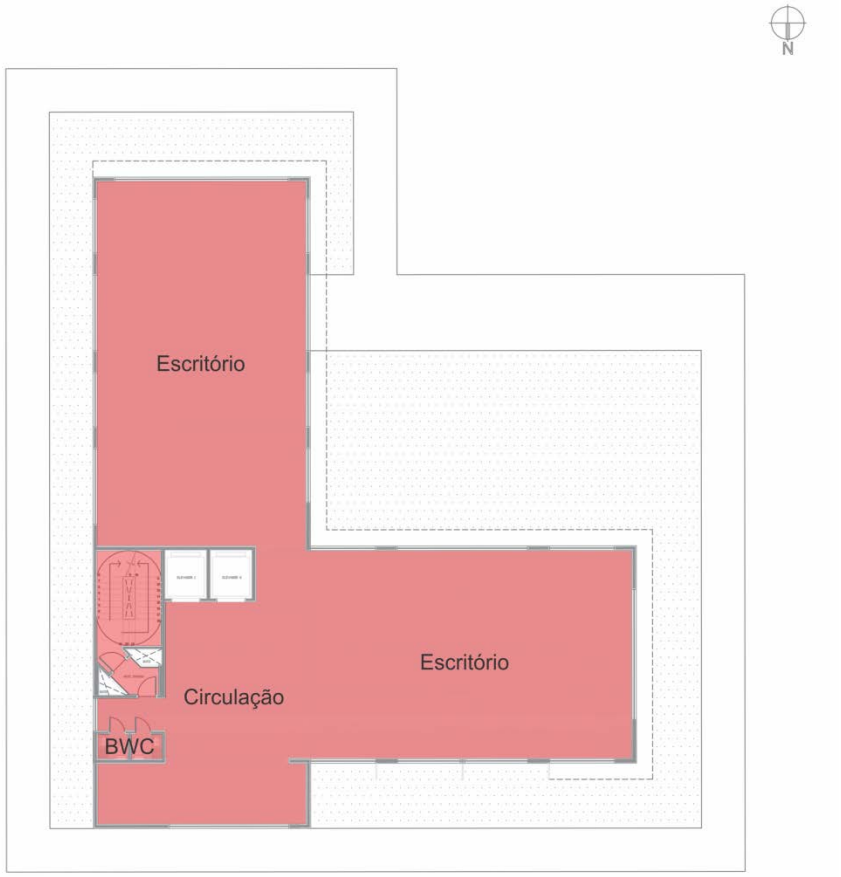
Na tabela a seguir são definidas algumas atividades e sua densidade de potência de iluminação limite (DPI_L- W/m²), somente para exemplo. A tabela completa é encontrada na página 43 do RTQ-C, como tabela 4.1.

É importante destacar que caso as atividades não estejam na tabela, deverão ser consideradas atividades semelhantes às existentes na edificação.

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de Esportes	8,4	9,7	10,9	12,2

Tabela 4.1 do RTQ-C.

A figura a seguir exemplifica o método da áreas de forma que é possível perceber que em todos os ambientes (banheiro, circulação e escritório) é utilizado uma única DPI. Neste caso a DPI de escritório.



PLANTA BAIXA - 1o e 2o PVTO

8.2.2. Método das Atividades

O método das atividades do edifício avalia separadamente cada ambiente do edifício e deverá ser utilizado para edificações em que o método das áreas não pode ser aplicado.

Esse método é mais complexo, pois ele considera todas as atividades existentes nas edificações, sendo elas mais ou menos eficientes do ponto de vista energético. Isso pode impactar na classificação, pois em alguns casos pode diferir do obtido no método das áreas.

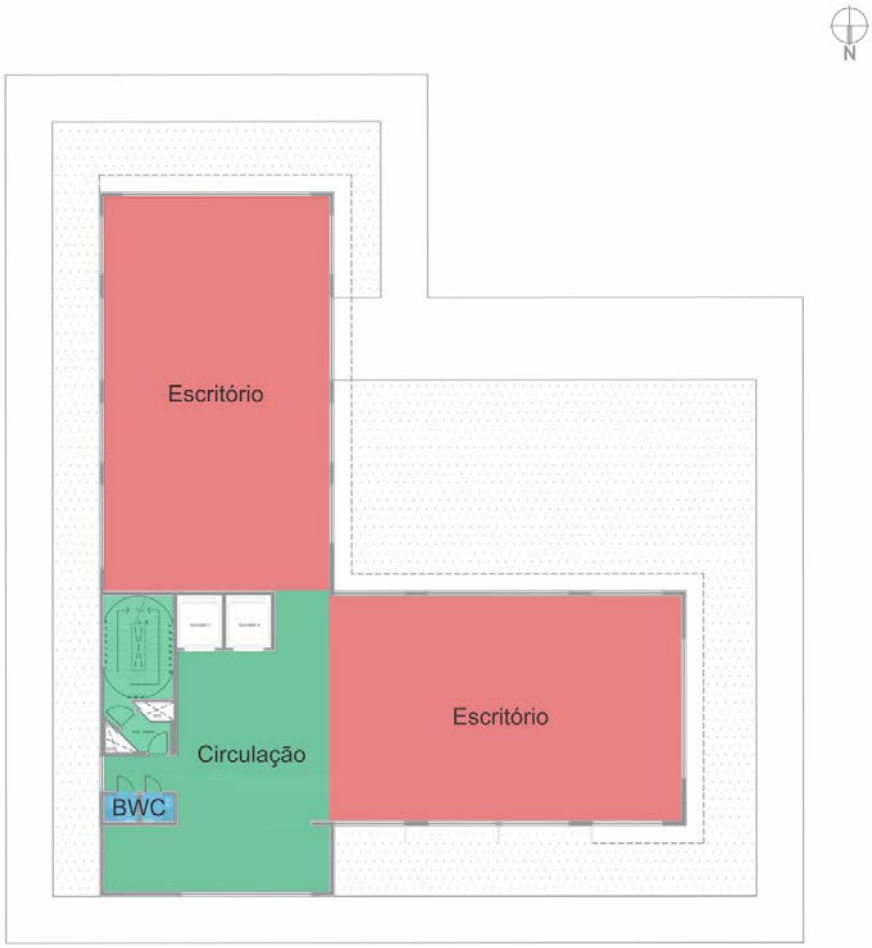
Na tabela a seguir são definidas algumas atividades e sua densidade de potência de iluminação limite (DPI_L- W/m^2), somente para exemplo. A tabela completa é encontrada na página 46 do RTQ-C, como tabela 4.2.

É importante destacar, como no método da área, que caso as atividades não estejam na tabela, deverão ser consideradas atividades semelhantes às existentes na edificação.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI_L Nível A (W/ m^2)	DPI_L Nível B (W/m^2)	DPI_L Nível C (W/m^2)	DPI_L Nível D (W/m^2)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,4	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Átrio – por metro de altura						
Até 12,20 m de altura	-	-	0,30[1]	0,36[1]	0,42[1]	0,48[1]
Acima de 12,20 m de altura	-	-	0,20[1]	0,24	0,28[1]	0,32[1]
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório – Área de atividades bancárias	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções – Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,6	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios - Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80

Tabela 4.2 do RTQ-C.

A figura a seguir representa o modo como se comporta o método das atividades em planta baixa, onde a planta é separada em atividades (banheiro, circulação e escritório), e cada uma é avaliada de acordo com a sua DPI.



PLANTA BAIXA - 1o e 2o PVTO

Outro diferencial do método das atividades é a possibilidade de ser utilizado o índice de ambiente (K) e o *Room Cavity Ratio* (RCR) para a avaliação. Eles funcionam da seguinte maneira:

Se o K da atividade que está sendo avaliada for menor ou o RCR for maior do que os valores definidos na tabela 4.2 da página 46 do RTQ-C, esse ambiente poderá ter um aumento de até 20% na sua densidade de potência de iluminação limite (DPIL), sem que isso prejudique a classificação final. Vale lembrar que esta vantagem deverá ser utilizada somente nos cálculos para este ambiente.

Seguem as equações para o cálculo do K e do RCR:

$$K = \frac{A_t A_{pt}}{A_p}$$

Onde:
K: índice de ambiente (adimensional);
A_t*: Área de teto (m²);*
A_{pt}*: Área do plano de trabalho (m²);*
A_p*: Área da parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m²).*

$$RCR = \frac{2{,}5 \; x \; H_p \; x \; P}{A}$$

Onde:
RCR: Room Cavity Ratio (adimensional);
H_p*: Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m²);*
P: Perímetro do ambiente (m²);
A: Área do ambiente (m²).

Quando existirem ambientes que utilizem este recurso (K/RCR), o EqNum será encontrado através da ponderação dos equivalentes numéricos destes ambientes e do edifício por suas potências.

9. Sistema de Condicionamento de Ar

Existem dois tipos de sistema de condicionamento de ar, aqueles que utilizam aparelhos já etiquetados pelo PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem - e aqueles que não possuem etiqueta:

Sistemas de Condicionamento de Ar regulamentados pelo INMETRO

Os sistemas de condicionamento de ar regulamentados pelo INMETRO são os que possuem a etiqueta. A etiqueta indica o consumo médio do aparelho por mês, considerando padrões de testes em determinadas condições de laboratório.

Eles podem ser:

- Janela
- Split

Para consultar a etiqueta atribuída ao sistema deve-se conhecer a marca e o modelo do equipamento. Em seguida basta consultar no link:
http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp

Sistemas de Condicionamento de Ar não regulamentados pelo INMETRO

Os sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO são os que não possuem a etiqueta.

Aqueles como:

- sistemas centrais de condicionamento de ar

Os dois tipos de sistema devem seguir os seguintes

9.1. Pré-Requisitos Específicos

Para classificação A do sistema de condicionamento de ar, deverão ser atendidos dois pré-requisitos específicos:

- **Espessura mínima dos isolantes dos dutos,** conforme as tabelas 5.1 e 5.2

> • Para maiores informações sobre este pré-requisito e visualização das tabelas deve-se consultar o RTQ-C, item 5.1 do Sistema de Condicionamento de Ar.
>
> **Atenção!**

- Se o sistema possui condicionamento de ar por **aquecimento artificial,** ele deverá possuir as seguintes características:

  - **sistemas com bombas de calor** - devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/W através do método definido na norma AHRI 340/360;
  - **sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso** - devem apresentar um COP para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/W através do método definido na norma AHRI 340/360;
  - **aquecedores de acumulação a gás** – com eficiência mínima conforme tabela 5.3

> • Os edifícios podem ainda ter mais de um tipo de sistema por ambiente, conforme mostra a equação 5.2 para a ponderação de cada sistema e o exemplo 5.1.
>
> **Atenção!**

9.2. Procedimentos para Determinação da Eficiência

9.2.1. Sistemas de Condicionamento de Ar regulamentados pelo INMETRO

A eficiência é determinada pela etiqueta dos equipamentos e o atendimento ou não dos pré-requisitos.

9.2.2. Sistemas de Condicionamento de Ar não regulamentados pelo INMETRO

A eficiência é determinada inicialmente pelo atendimento aos requisitos mínimos das tabelas (especificadas abaixo por tipo de condicionador):

- devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.4;
- os condicionadores de ar tipo VRF (Fluxo de Refrigerante Variável) devem atender aos requisitos mínimos de eficiência das Tabelas 5.4A e 5.4B;
- os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.5;
- os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.6
- todo o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os requisitos estabelecidos nos itens 5.4.1 a 5.4.7

Além disso, o atendimento ou não dos **Pré-requisitos específicos** implicará na eficiência final do sistema. Abaixo estão listados todos os pré-requisitos que devem ser avaliados caso (nem sempre são aplicáveis em todos os casos):

- **Cálculo de Carga Térmica:** As cargas térmicas devem ser calculadas segundo manuais de aceitação de profissionais da área (item 5.4.1).
- **Controle de Temperatura por Zona:** Cada zona térmica deve ser controlada individualmente por termostatos que devem atender aos requisitos do Item 5.4.2.
- **Sistema de Desligamento Automático:** Os sistemas de condicionamento de ar devem possuir algum tipo de sistema de desligamento automático conforme 5.4.3.
- **Isolamento de Zonas:** Sistemas que servem a zonas distintas devem ser divididos em áreas isoladas com os requisitos do item 5.4.4
- **Controles e Dimensionamento do Sistema de Ventilação:** Sistemas com potencia total superior a 4.4 kW devem atender os requisitos do item 5.4.5
- **Controles e Dimensionamento dos Sistemas Hidráulicos:** Sistemas com sistema hidráulico servido com sistema de bombeamento com potencia maior que 7.5 kW devem atender os requisitos do item 5.4.6.
- **Equipamentos de Rejeição de Calor:** O equipamento de rejeição de calor deve ser usado conforme subitens de 5.4.7.

10. Normas Referenciadas

ABNT. NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 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.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – Anexo Geral V do RAC - Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/anexos-rac#>. Acesso em: 17 de julho de 2014.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – Manual para Aplicação do RTQ-C. Florianópolis, 2013.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA.- Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro, 2010.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações. Rio de Janeiro, 2013.

CB3E
Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações

INMETRO

PROCEL EDIFICA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Eletrobras