

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Klinsmann Langhans

**NÍVEL “A” DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO
CRITÉRIOS DO RTQ-R: ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE
ALTERAÇÕES EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR EM PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
dezembro 2015

KLINSMANN LANGHANZ

**NÍVEL “A” DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO
CRITÉRIOS DO RTQ-R: ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE
ALTERAÇÕES EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR EM PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
dezembro 2015

KLINSMANN LANGHANZ

**NÍVEL “A” DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO
CRITÉRIOS DO RTQ-R: ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE
ALTERAÇÕES EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR EM PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2015

Prof./ Luis Carlos Bonin
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD. pela University of Sheffield

Prof. Luis Carlos Bonin
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Juliana Al-Alam Pouey (LINSE)
Mestre pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho aos meus pais, Ildfonso e Lucinara,
e ao meu irmão, Estevão, minha família querida, com
quem vivi, e ainda vivo, meus momentos mais felizes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, por ter aceitado me auxiliar e por ter trazido diferentes pontos de vista nos debates que tivemos, me instigando a pensar além e projetar como podemos atuar de forma diferente e otimizada.

Agradeço à professora Carin pela dedicação que teve comigo ao longo da cadeira de TCC.

Agradeço à minha mãe, Lucinara, por ser meu norte, por ter sempre me encorajado, incentivado e me passado sua alegria, simplicidade, generosidade e carinho.

Agradeço ao meu pai, Ildfonso, em memória, por ter sido o grande exemplo de homem na minha vida, em quem me inspiro todos os dias e por quem busco melhorar cada vez mais.

Agradeço ao meu irmão, Estevão, por compartilhar das mesmas loucuras que eu, por ser meu parceiro de todas as horas e por não desistir das tentativas de me tirar de casa.

Agradeço ao Herr Fahrion, Herr Horn, Franziska e à Frau Härtwig, meus professores na Alemanha por terem sido tão compreensivos comigo e por terem me guiado tão bem em suas disciplinas.

Agradeço ao Ernani, à Karin e aos demais colegas de empresa que me ajudaram com a disponibilização dos projetos no qual embasei meu trabalho.

Agradeço ao Pablo, ao Tino e ao Duds, componentes do lendário quarteto da ZN, que, desde o início da faculdade, foram os meus colegas/amigos mais presentes.

Agradeço à Flavinha, Vi, Bruna, Sassa, Manu, Lili e a todos os outros colegas que estiveram ao meu lado ao longo do curso e que colaboraram para a conclusão do mesmo.

Agradeço aos meus treinadores Paulo, Alessandro, Rubem, Aníbal, Dênio e Felipinho que, por meio de suas condutas e através do esporte, me passaram valores que carrego comigo até hoje.

Nem sempre é possível fazer o que queremos,
mas é imprescindível que acreditemos no
que queremos antes mesmo de fazê-lo.
(Masashi Kishimoto)

RESUMO

Tendo em vista que as edificações de Porto Alegre-RS, de modo geral, não são projetadas visando o uso de estratégias passivas de ganho de energia, o presente trabalho tem por objetivo a aplicação da metodologia de cálculo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) em uma edificação residencial multifamiliar. Este regulamento faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) e visa classificar as edificações entre os níveis “E”, menos eficiente, e “A”, mais eficiente, referente ao seu consumo de energia. Aplicando a metodologia no projeto original foi verificada a obtenção do nível “C” de eficiência energética, sendo o objetivo a proposição de alterações no projeto original, visando receber a classificação nível “A”. Ao analisar os pontos críticos da edificação foi percebido que seu maior problema era o não atendimento aos pré-requisitos presentes no método, o que acabava por limitar o desempenho da edificação. As duas primeiras alterações foram relativas ao sistema de aquecimento de água. A edificação, que inicialmente entregava as unidades somente com as esperas das tubulações, deveria entregar já instalados os aquecedores de água, aliado a isso foi feita a especificação de aquecedores nível “A” que comportassem as vazões projetadas. A terceira alteração proposta foi a adequação dos tamanhos das esquadrias para o atendimento dos pré-requisitos relativos à iluminação natural e ventilação natural. A quarta alteração foi na absorvância (coloração do pigmento) da pintura aplicada no reboco das paredes externas. Por fim, a quinta alteração foi a especificação de esquadrias com venezianas nos ambientes de Estar/Jantar, o que possibilitaria o controle da iluminação do ambiente. Com estas alterações a edificação estaria apta a receber a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de Projeto nível “A”. Embora o método possua alguns aspectos que possam ser melhor apresentados e se precise de um melhor embasamento teórico do corpo para o tratamento do assunto, ele se mostra promissor, devido ao fato do consumidor já estar acostumado com o padrão de etiquetas gerado e por estimular o pensamento sustentável.

Palavras-chave: RTQ-R. Edificações Residenciais Multifamiliares. ENCE. PBE Edifica. Procel. Eficiência Energética em Edificações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – ENCE de aparelho de ar condicionado	24
Figura 2 – Etapas da pesquisa	29
Figura 3 – Transferência de calor por condução	34
Figura 4 – Transferência de calor por convecção	35
Figura 5 – Modelo de ventilação sem causa de incômodo ao usuário	37
Figura 6 – Exemplo de “orientação ideal” em termos de iluminação natural	38
Figura 7 – Linha do tempo	39
Figura 8 – ENCE de projeto da unidade habitacional autônoma	45
Figura 9 – ENCE de projeto das áreas de uso comum	45
Figura 10 – ENCE de projeto da edificação multifamiliar	46
Figura 11 – Resumo dos pré-requisitos	61
Figura 12 – Obtenção da PT para a edificação residencial multifamiliar	62
Figura 13 – Áreas para inserção de dados na planilha PBE Edifica	63
Figura 14 – Exemplo de pontuação final de uma UH pela planilha PBE Edifica	64
Figura 15 - Pavimento tipo	66
Figura 16 – Ambientes de permanência prolongada	68
Figura 17 – Orientação das fachadas	68
Figura 18 – Localização das esquadrias	69
Figura 19 – Resumo dos pré-requisitos não atendidos	71
Figura 20 - Esquema revestimentos externos	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo energético no setor residencial em 2014	25
Tabela 2 – Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência	47
Tabela 3 – Valores do coeficiente “a”	49
Tabela 4 – Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida	49
Tabela 5 – Pré-requisitos de absorvência solar, transmitância térmica e capacidade térmica para a zona bioclimática3	50
Tabela 6 – Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente	51
Tabela 7 – Áreas úteis dos ambientes	69
Tabela 8 – Propriedades das esquadrias	70
Tabela 9 – Áreas de parede e abertura para as unidades 01, 02, 03 e 04	70
Tabela 10 – Áreas de parede e abertura para as unidades 05, 06, 07 e 08	71
Tabela 11 – Propriedades físicas dos elementos construtivos	73
Tabela 12 – Ponderação das transmitâncias e capacidades térmicas das paredes	74
Tabela 13 – Verificação das capacidades térmicas dos ambientes	74
Tabela 14 – Pontuação final do projeto original da edificação	76
Tabela 15 – Correção dimensões J3 e J4	78
Tabela 16 – Pontuação final do projeto alterado	80

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Permanência Prolongada

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

LINSE – Laboratório de Inspeção de Eficiência Energética em Edificações

MME – Ministério de Minas e Energia

NBR – Norma Brasileira

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

OIA – Órgão de Inspeção Acreditado

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

UH – Unidade Habitacional

UHA – Unidade Habitacional Autônoma

ZB – Zona Bioclimática

LISTA DE SÍMBOLOS

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

a – coeficiente adotado de acordo com a região geográfica na qual a edificação está localizada;

$EqNumEnv$ – o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente

$EqNumAA$ – equivalente numérico do sistema de aquecimento de água

Bonificações – pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação

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

A_v – área de abertura para ventilação (m^2)

$A_{U_{amb}}$ – área útil do ambiente (m^2)

A_1 – somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m^2)

A_2 – somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m^2)

$EqNumEnv$ – equivalente numérico da envoltória da UH

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

$EqNumEnv_A$ – equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento

$EqNumEnv_{Refrig}$ – equivalente numérico da envoltória da UH para refrigeração

Q – potência útil do(s) aquecedor(es) (kW)

$m_{máxima}$ – vazão máxima de água demandada simultaneamente (L/h)

c – calor específico da água (1,00 cal/(g.°C))

$T_{consumo}$ – temperatura de consumo de utilização (°C)

$T_{\text{água fria}}$ – temperatura da água fria do local de instalação (°C)

b1 – bonificação referente à ventilação natural

b2 – bonificação referente à iluminação natural

b3 – bonificação referente ao uso racional de água

b4 – bonificação referente ao condicionamento artificial de ar

b5 – bonificação referente à iluminação artificial

b6 – bonificação referente a ventiladores de teto instalados na UH

b7 – bonificação referente a refrigeradores instalados na UH

b8 – bonificação referente à medição individualizada

P – profundidade do ambiente (m)

ha – distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	27
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	27
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	27
2.2.1 Objetivo principal	27
2.2.2 Objetivos secundários	27
2.3 PRESSUPOSTO	28
2.4 PREMISA	28
2.5 DELIMITAÇÕES	28
2.6 LIMITAÇÕES	28
2.7 DELINEAMENTO	28
3 CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	31
3.1 INTERAÇÃO ENTRE O HOMEM E O AMBIENTE	31
3.2 FATORES DETERMINANTES PARA O CONFORTO E PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES	32
3.2.1 Condução	33
3.2.2 Convecção	34
3.2.3 Radiação	35
3.2.4 Ventilação natural	36
3.2.5 Iluminação natural	37
4 ETIQUETA PBE EDIFICA	39
4.1 LINHA DO TEMPO	39
4.2 PROCESSO DE ETIQUETAGEM	43
4.2.1 Etiquetas para edificações comerciais, públicas e de serviço	44
4.2.2 Etiquetas para edificações residenciais	44
5 METODOLOGIA DE CÁLCULO PARA OBTENÇÃO DA ETIQUETA PBE EDIFICA	47
5.1 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O MÉTODO	47
5.2 ENVOLTÓRIA	49
5.2.1 Pré-requisitos da envoltória	49
5.2.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies ..	50
5.2.1.2 Ventilação natural	50
5.2.1.3 Iluminação natural	52

5.2.2 Determinação do equivalente numérico da envoltória	52
5.2.2.1 Eficiência quando naturalmente ventilada	53
5.2.2.2 Eficiência quando condicionada artificialmente	53
5.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	56
5.3.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	56
5.3.2 Procedimento para determinação da eficiência do sistema de aquecimento a gás	56
5.3.2.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás	57
5.3.2.2 Dimensionamento de aquecedor a gás do tipo instantâneo	57
5.3.2.3 Aquecedores a gás classificados pelo PBE	58
5.4 BONIFICAÇÕES	58
5.4.1 Ventilação natural	59
5.4.2 Iluminação natural	59
5.5 RESUMO	60
6 ESTUDO DE CASO	65
6.1 ESTUDO DA EDIFICAÇÃO NO PROJETO ORIGINAL	65
6.1.1 Orientação das fachadas	67
6.1.2 Áreas dos ambientes	68
6.1.3 Propriedades das esquadrias	69
6.1.4 Área de aberturas e área de paredes	70
6.1.5 Propriedades físicas dos componentes construtivos	72
6.1.6 Sistema de aquecimento de água	75
6.1.7 Bonificações	75
6.1.8 Classificação do projeto original	75
6.2 ALTERAÇÕES NO PROJETO E OBTENÇÃO DO NÍVEL “A”	76
6.2.1 Aquecimento de água	76
6.2.2 Envoltória	77
6.2.3 Obtenção do nível “A”	79
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	85
ANEXO A	105

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente expansão tecnológica e populacional experienciada ao longo do tempo, tem-se percebido o quão nociva ao meio ambiente pode ser a ação humana. Extração desenfreada de matérias-primas, uso de recursos naturais de forma desmedida e o culto ao curto prazo têm exemplificado bem o panorama mundial atual. De encontro a isso, a comunidade científica vem tomando medidas, juntamente ao setor privado, a fim de mitigar os efeitos dessas más práticas, contribuindo na manutenção do equilíbrio entre o homem e o seu habitat.

A indústria da construção civil é uma das mais invasivas na interface homem-ambiente, podendo ter sua atuação caracterizada entre direta e indireta. A atuação direta seria o intuito exploratório, de adentrar áreas virgens, visando expandir os limites metropolitanos. Já a atuação indireta se situa na manutenção e operação das edificações e no impacto energético de seu gerenciamento durante a vida útil da construção.

Um país reconhecido por desenvolver boas práticas, no que tange à eficiência energética das edificações, é a Alemanha. O autor, em uma oportunidade de estudos, foi capaz de obter contato com a metodologia de ensino alemã e com a importância com que é tratada a questão de eficiência e desempenho das edificações no país. Fazem parte do currículo obrigatório de graduação disciplinas como desempenho energético de edificações e conforto térmico em edificações, diferentemente do modelo brasileiro. Além disso, os fornecedores e *softwares* disponibilizam um vasto banco de dados com as propriedades físicas dos produtos, o que facilita o trabalho dos estudantes e profissionais e ajuda a disseminar o conhecimento. Esta significativa diferença serviu como força motriz para que se pesquisasse como o assunto vinha sendo tratado no Brasil.

A pesquisa feita culminou em dados que evidenciam a crescente preocupação do Brasil com a questão energética e um histórico de medidas que vêm sendo tomadas, visando uma padronização na medição e caracterização da eficiência energética em diversos segmentos. Um modelo hoje em dia já consolidado é o de avaliação de aparelhos eletrodomésticos por nivelamento de eficiência. Comumente relacionada a refrigeradores e aparelhos de ar condicionado, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE, tem por objetivo

Nível “A” de eficiência energética segundo critérios do RTQ-R: análise e proposição de alterações em uma edificação residencial multifamiliar em Porto Alegre

classificar os aparelhos em níveis de “A” a “E”, sendo “E” o nível de menor eficiência energética e “A” o nível de maior eficiência energética (figura 1).

Figura 1 – ENCE de aparelho de ar condicionado



(fonte: elaborado pelo autor)

A ENCE é uma iniciativa do Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, um programa do governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobras. Este modelo foi incorporado à análise das edificações, o que possibilitou a criação, em 2003, do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica. Este, posteriormente, aliou-se ao Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, originando o PBE Edifica. A ENCE específica para edificações, chamada de Etiqueta PBE Edifica, é regulamentada por documentos distintos e possui critérios específicos para a avaliação das edificações, sendo estas divididas em residenciais, comerciais, públicas ou de serviço.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2015), do total de energia consumida no ano de 2014 pelo setor residencial, 45,8% corresponde à energia elétrica (tabela 1). Com uma parcela

tão expressiva do consumo sendo energia elétrica, justifica-se o fato de buscar alternativas que aumentem a eficiência das edificações e diminuam o desperdício. O documento específico para avaliar esse tipo de edificação é o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R.

Tabela 1– Consumo energético no setor residencial em 2014

FONTES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	% SOURCES
GÁS NATURAL	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	1,3	NATURAL GAS
LENHA	37,7	37,5	35,1	33,9	32,6	30,9	28,0	27,2	24,2	24,6	FIREWOOD
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	26,2	25,8	26,5	26,6	26,4	26,7	27,4	26,9	27,5	26,4	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
QUEROSENE	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
ELETRICIDADE	32,8	33,4	35,1	36,2	37,4	39,1	41,4	42,6	45,3	45,8	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	2,4	2,3	2,3	2,3	2,5	2,2	2,1	2,0	1,7	1,9	CHARCOAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

(fonte: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015, p. 79)

Visando entender como esta análise é feita, será aplicada no projeto de uma edificação residencial multifamiliar a metodologia descrita no RTQ-R. O objetivo do trabalho é, após a classificação do projeto no seu estado original e o entendimento do método, propor alterações que condicionem a emissão da Etiqueta PBE Edifica nível “A” para a edificação avaliada.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais parâmetros ou diretrizes de projeto devem ser alterados na edificação residencial em estudo a fim de enquadrá-la no nível de eficiência energético “A” segundo os critérios do RTQ-R?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a proposição de alterações que adequem a edificação residencial em questão ao nível “A” de eficiência energética de acordo com as premissas do RTQ-R.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição dos parâmetros de avaliação do RTQ-R.
- b) levantamento de dados das propriedades da edificação.
- c) obtenção do nível energético resultante da análise do projeto original.
- d) análise crítica do método.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a metodologia e os resultados obtidos pelos critérios do RTQ-R para obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia são efetivos no que tange à otimização energética de edificações residenciais multifamiliares.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem a premissa de que, em Porto Alegre, as edificações residenciais não são, em parte, projetadas utilizando-se recursos ou práticas a fim de obter-se uma boa eficiência energética e que é função do engenheiro compreender esse tipo de situação para propiciar melhoras na concepção e execução de projetos futuros.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise da eficiência energética de uma edificação residencial multifamiliar em Porto Alegre.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) será aplicado somente o método prescritivo do RTQ-R.
- b) não será estimado o custo das alterações aplicadas.
- c) serão divulgados apenas as imagens de projeto permitidas pela construtora concedente.
- d) não será alterada a volumetria do projeto original.

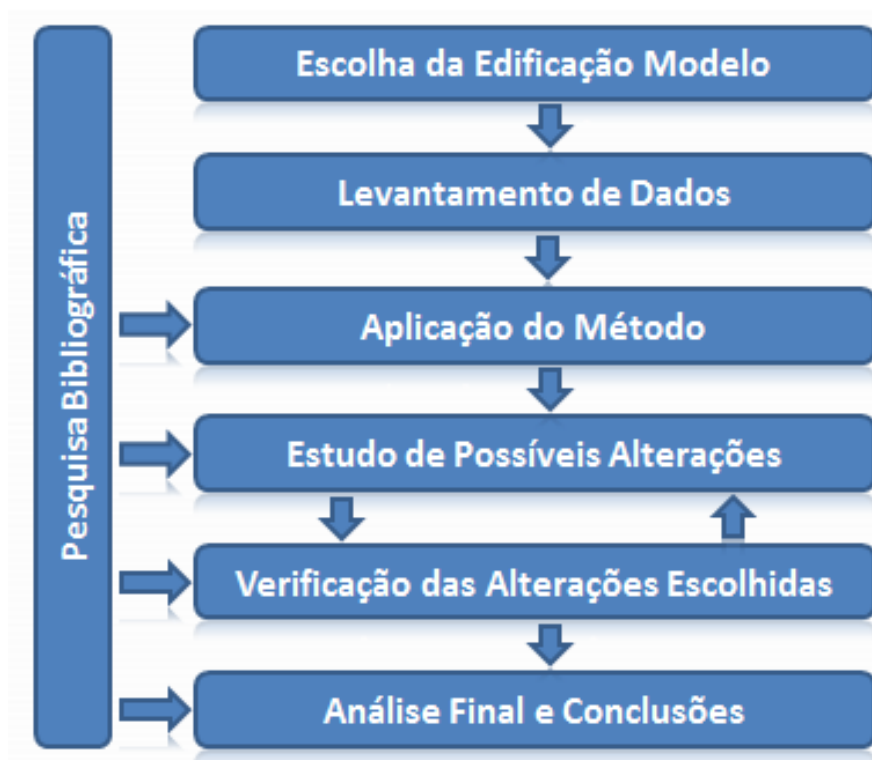
2.7 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 2, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) escolha da edificação modelo
- c) levantamento de dados;

- d) aplicação do método;
- e) estudo de possíveis alterações;
- f) verificação das alterações escolhidas;
- g) análise final e conclusões.

Figura 2 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

- a) pesquisa bibliográfica: etapa inicial do trabalho. Responsável por obter referência de estudos já realizados, segue paralelamente às outras etapas até a conclusão do trabalho;
- b) escolha da edificação modelo: etapa na qual se determina o objeto de estudo. Fase de procura de uma edificação com características passíveis de análise levando-se em consideração o escopo do trabalho;
- c) levantamento de dados: etapa na qual se fazem todas as medições de áreas e cálculos das propriedades térmicas dos elementos construtivos que irão alimentar as equações de regressão múltipla do regulamento;

- d) aplicação do método: etapa na qual serão seguidos os critérios de cálculo do método prescritivo do RTQ-R para posterior compilação de resultados e conversão dos mesmos em um nível energético para a edificação no seu estado original;
- e) estudo de possíveis alterações: etapa na qual, partindo-se do nível energético inicial, são avaliados os pontos em desacordo com o nível “A” de eficiência energética e onde se projetam possíveis mudanças para aumentar a eficiência da edificação;
- f) verificação das alterações escolhidas: etapa complementar ao “estudo de possíveis alterações”, as quais, juntas, formam um processo iterativo que será truncado ao atingir o nível de eficiência energética desejado;
- g) análise final e conclusões: últimas constatações e fechamento do trabalho proposto.

3 CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

3.1 INTERAÇÃO ENTRE O HOMEM E O AMBIENTE

O ato de construir talvez seja uma das práticas mais antigas da raça humana. Ao decidir sair de seu abrigo natural, o homem primitivo se viu em uma situação na qual deveria criar, com as próprias mãos, sua proteção contra as ameaças da natureza. As primeiras construções eram feitas de forma bastante grosseira e os materiais utilizados eram aqueles que se adequassem à função desejada, quaisquer que fossem. Assim se iniciava uma gradual transição, onde o homem passava a ter uma posição mais interativa com seu habitat.

A Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, foi um marco na história da humanidade em termos de produtividade. Isso acarretou, por parte dos produtores, em uma corrida contra o tempo, onde se necessitava cada vez mais de matéria-prima para produzir e estar apto a competir pelos clientes.

Com um ambiente tão competitivo se estabelecendo era necessário energia adicional para concluir as tarefas. A força de trabalho manual já não supria mais a demanda da produção, sendo esta substituída pela automatização das máquinas a vapor. Isso acarretou em um pico de exploração na época, sendo a extração do carvão mineral um exemplo desta prática. Ele, além de matéria-prima propriamente dita, é também o elo entre a exploração de substrato e o consumo de energia. Mascaró (1985, p: 17) relaciona o consumo de energia com a configuração das construções, afirmando que “Hoje já resultam evidentes as relações entre a ENERGIA e o HABITAT, entre arquitetura e ambiente, demonstrando (independentemente da crise energética) como essas relações determinam a morfologia dos edifícios e suas instalações.”.

A partir dessa afirmativa se faz necessária uma breve explanação sobre como o homem interage com o meio que o circunda. Rivero (1986, p. 11) enumera três fatores que viabilizam a atividade humana em ambientes hostis: a vestimenta, a envolvente e a cidade. :

A vestimenta [...] é a primeira tentativa para criar ao seu redor um meio adequado; Na maioria dos casos, em que a temperatura é a variável mais importante, lhe permite movimentar-se por outros ecossistemas mais hostis, como as montanhas ou as regiões muito frias, ampliando assim a dimensão do meio habitável. O progresso tecnológico tornou possível a confecção de roupas que criam ao redor de si uma fina camada na qual se obtêm todas as condições exigidas. Elas permitem ao homem sair ao espaço extraterrestre e descer às profundidades do mar.

A vestimenta não é uma solução satisfatória para realizar a maioria das funções humanas. Aparece então a envolvente [...] que amplia o espaço acondicionado onde podem desenvolver suas atividades muitas pessoas simultaneamente. O submarino, o laboratório espacial e o edifício são exemplos de envolventes que formam meios habitáveis de dimensões variáveis, dentro dos meios hostis.

A última etapa desta evolução é a cidade [...], se bem que atualmente se apresenta como um conjunto de envolventes separadas. Os espaços intermediários continuam sendo inapropriados, pelo que o homem deve recorrer a vestimentas especiais. Um projeto adequado [...] permitiria melhorar sensivelmente suas condições de habitabilidade.

Sabendo que para cada tipo de ambiente ou configuração climática há uma forma mais adequada de se construir, no próximo item serão apresentados alguns conceitos básicos nos quais o engenheiro deve se basear ao projetar uma edificação.

3.2 FATORES DETERMINANTES PARA O CONFORTO E PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

Com o passar do tempo, o ser humano começou a dominar a arte da construção e a ter mais conhecimento sobre os impactos causados por elas em si mesmo e no meio ambiente. A área de conforto em edificações começou a ser melhor explorada à medida em que novas tecnologias foram surgindo. Segundo Aulicemis e Szokolay (2007, p. 5, tradução nossa):

A tecnologia de aquecimento progrediu do final do século XVIII em diante e o resfriamento mecânico se tornou uma possibilidade no início do século XX. [...] O ímpeto pela pesquisa sobre conforto veio dos engenheiros: agora era possível superaquecer ou arrefecer construções, então se fez necessário estabelecer temperaturas de projeto.

Para desenvolver níveis de tolerância admissíveis para o conforto nas edificações, foi necessário o estudo de quais variáveis compunham este problema e como isso se refletia no meio ambiente. Aulicemis e Szokolay (2007, p. 8, tradução nossa) categorizam estas variáveis em três grupos:

- a) **ambientais**: temperatura do ar, movimento do ar, umidade e radiação;
- b) **pessoais**: taxa metabólica (atividade) e vestimenta;

- c) **fatores de contribuição:** alimentação, aclimatização, forma do corpo, gordura subcutânea, idade e gênero e estado de saúde.

Focando-se mais nas características da construção, Mascaró (1985, p. 17) lista uma série de fatores importantes para o desempenho térmico dos edifícios:

A taxa de ganhos ou perdas de calor do edifício depende de um conjunto de fatores, tais como:

- diferença entre a temperatura interior e exterior. O ganho (ou perda) de calor radiante também está vinculado às características do material e da cor das superfícies que constituem o envolvente do edifício;
- localização, orientação (ao sol e aos ventos), forma e altura do edifício;
- características do entorno natural e construído (sítio);
- ação da radiação solar térmica e conseqüentemente, das características isolantes térmicas do envolvente do edifício;
- ação do vento sobre as superfícies interiores e fachadas e nos locais do edifício;
- desenho e proteção das aberturas para iluminação e ventilação, assim como sua adequada proteção;
- localização estratégica dos equipamentos de climatização artificial, tanto dentro como fora do edifício, assim como dos principais aparelhos eletrodomésticos.

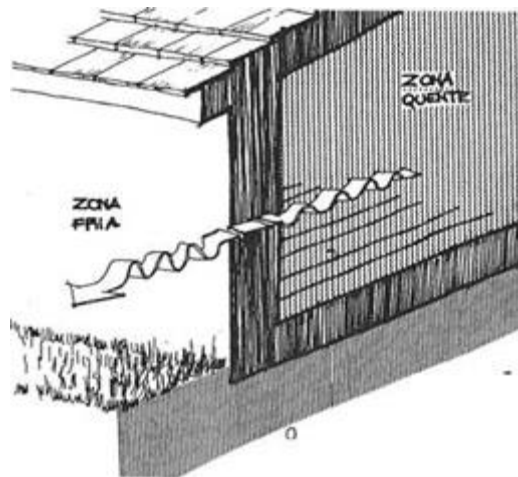
A seguir serão explicados os processos de transmissão de calor (condução, convecção e radiação), iluminação natural e ventilação natural, pois são os fatores mais influentes para o recebimento da etiqueta de eficiência energética de acordo com o RTQ-R.

3.2.1 Condução

Mascaró (1985) afirma que, nas transferências por condução, o calor pode se transmitir de uma parte para outra de um objeto, como quando se aquece uma frigideira e seu cabo vai gradativamente se esquentando. O fluxo de calor parte da região quente em direção à região mais fria, como na figura 3. Rivero (1986, p. 22) define:

[...] A transmissão de calor por condução se realiza por contato entre as moléculas ou partículas dos corpos. Isto ocorre tanto nos sólidos quanto nos líquidos e gasosos. Mas quando um deles é um fluido ocorrem, de imediato, fenômenos convectivos que alteram o processo original. Por esta razão, todos os casos que se estudam na transmissão de calor por condução estão referidos aos sólidos, incluindo-se, no entanto, os fluidos, quando neles não se verifiquem movimentos convectivos; isto ocorre com o ar contido nos pequenos intervalos que têm alguns materiais como a cortiça e o poliuretano, ou o que se encontra entre as fibras das lãs e madeiras

Figura 3 – Transferência de calor por condução



(fonte: MASCARÓ, 1985, p. 46)

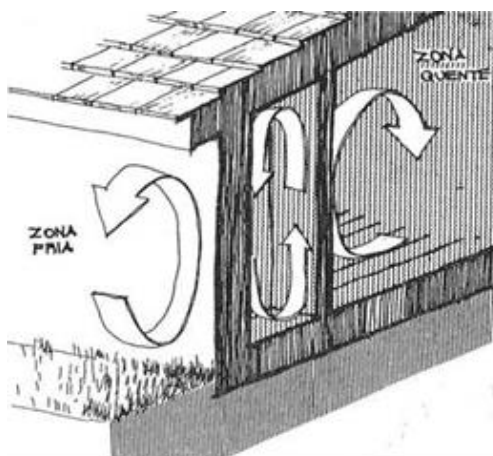
3.2.2 Convecção

De acordo com Rivero (1986, p. 22) “A transmissão do calor por convecção se verifica quando os corpos estão em contato molecular e um deles, pelo menos, é um fluido.”, daí a fundamental diferença entre os processos de condução e convecção. Rivero (1986, p. 22) ainda explica:

O processo possui duas fases: na primeira o calor se transmite por contato ou por condução; na segunda, a alteração sofrida pela temperatura do fluido modifica sua densidade pelo que adquirirá um movimento convectivo ascendente ou descendente, conforme tenha sido a troca de temperatura. Este deslocamento do fluido introduz uma variação fundamental na transmissão de calor por condução que origina procedimentos de cálculo diferentes. No nosso caso os problemas que devemos considerar sofrem uma grande simplificação já que eles se referem à transmissão por convecção entre um único fluido, o ar, e o corpo humano e os sólidos que compõem os edifícios.

Mascaró (1985, p. 46) exemplifica: “O calor pode ser transmitido por um fluido em movimento como o ar, por exemplo. Num espaço onde as paredes não são adequadas do ponto de vista térmico, o ar, em contato com a parede exterior, ganha calor na estação quente e o perde na estação fria.”, como na figura 4.

Figura 4 – Transferência de calor por convecção



(fonte: MASCARÓ, 1985, p. 46)

3.2.3 Radiação

De acordo com Mascaró (1985, p. 47) “Qualquer objeto pode radiar calor da mesma forma que o sol. Ao colocar a mão perto de uma lâmpada acesa, sente-se o calor irradiado por ela. Essa sensação térmica pode ser amenizada pondo-se um pedaço de papel entre a mão e a lâmpada.”.

O mesmo autor ainda afirma que, em caso da não adequação da composição dos elementos construtivos (paredes, coberturas e aberturas) ou da falta de proteção necessária, facilmente se perde ou se ganha calor. A radiação a que estão submetidas edificações e usuários podem ser divididas nas duas categorias a seguir (MASCARÓ, 1985, p. 47):

- a) radiação visível e infravermelha de onda curta, chamada radiação solar porque se origina no sol;
- b) radiação infravermelha de onda longa, chamada de radiação térmica, resultante da diferença de temperatura entre a superfície da pessoa e a dos objetos que a rodeiam, tais como a terra e os edifícios.

Rivero (1986, p. 22-23) também explica o processo de radiação:

A transmissão de calor por radiação tem lugar, [...] mediante uma dupla transformação da energia: uma parte do calor [...] se converte em energia radiante que chega até o outro corpo, onde é absorvida numa proporção que depende das propriedades da superfície receptora. sendo transformada novamente em calor. Um maior estudo do tema nos mostraria que o balanço final deste processo depende das temperaturas dos corpos, entre outras variáveis. Se elas são iguais o balanço será nulo, mantendo-se a mesma quantidade inicial de energia; caso contrário, o de

menor temperatura a aumentará às custas do outro corpo. Para esclarecer os conceitos digamos que só neste último caso teremos transmissão de calor por radiação. Quando as temperaturas são iguais haverá intercâmbio de energia radiante, mas não haverá transferência ou cessão de energia de um corpo a outro; ambos os sólidos estão em equilíbrio térmico.

3.2.4 Ventilação natural

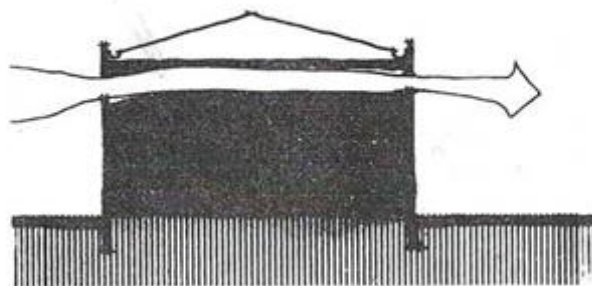
Aulicemis e Szokolay (2007, p. 44, tradução nossa) citam o complexo fenômeno da dissipação de calor feito pela superfície do corpo. Dizem que este é dependente da quantidade de vestimenta, da atividade metabólica, da umidade relativa do ar e da temperatura resultante da pele. A transpiração vai saturando a camada de ar em contato com a pele, tornando-se inviável, depois de um certo tempo, a evaporação do suor. Aí se faz necessária a movimentação do ar para renovar essa camada saturada e renovar a sensação de conforto do indivíduo.

Mascaró (1985, p.68) afirma que a diferença de temperatura entre camadas de ar, assim como diferenças de pressão, são processos naturais e responsáveis pela circulação do ar, onde geram caminhos preferenciais para o seu deslocamento. Lamberts et al.(2013) comenta um outro conceito, o de ventilação cruzada, para melhor circulação do ar no ambiente: “A ventilação cruzada é uma das técnicas mais eficazes de ventilação num ambiente, pois exige, basicamente, duas aberturas em paredes diferentes e certo conhecimento da orientação dos ventos desejáveis nos períodos quentes.”, prática essa que geraria uma ventilação passiva, sem o gasto adicional de energia.

Mascaró (1985, p.68) cita a necessidade de haver ventilação constante em climas quente-úmidos e nos compostos por estação fria, além de enumerar três importantes funções sobre a necessidade dessa constante ventilação:

1. A de dar conforto ao usuário do edifício, chamada de ventilação de conforto. Ela é necessária nos climas quente-úmidos e na estação quente dos climas compostos úmidos, e sua função é a de retirar a umidade do corpo, facilitando a troca térmica entre o usuário e seu entorno através da convecção.
2. A de manter a qualidade do ar. Esta não só é necessária nos climas quente-úmidos, mas também nos climas compostos úmidos por estação fria, durante o inverno. É chamada de ventilação higiênica e sua função é renovar o ar do local. Deve ser produzida na parte superior do local (onde está o ar aquecido), longe do usuário para lhe evitar desconforto [figura 5].
3. Resfriamento das superfícies interiores do local (especialmente do forro) por convecção, durante o período quente dos climas úmidos

Figura 5 – Modelo de ventilação sem causa de incômodo ao usuário



(fonte: MASCARÓ, 1985, p. 68)

3.2.5 Iluminação natural

Lamberts et al. (2013, p. 151) cita a facilidade de adaptação de um ambiente com iluminação artificial às necessidades de conforto do usuário, mas afirma também que as soluções adotadas certamente incrementariam os gastos com energia elétrica e manutenção e que, essa prática, seria contrária às soluções integradas oriundas de conceitos bioclimáticos.

Em relação aos climas frios e temperados possuímos uma vantagem na exposição à radiação solar, fator esse que contribui para uma iluminação passiva, sem o gasto adicional de energia. A orientação das fachadas que possuem janelas é fundamental nesse aspecto, já que, se bem projetada, pode propiciar altos ganhos de iluminação, figura 6.

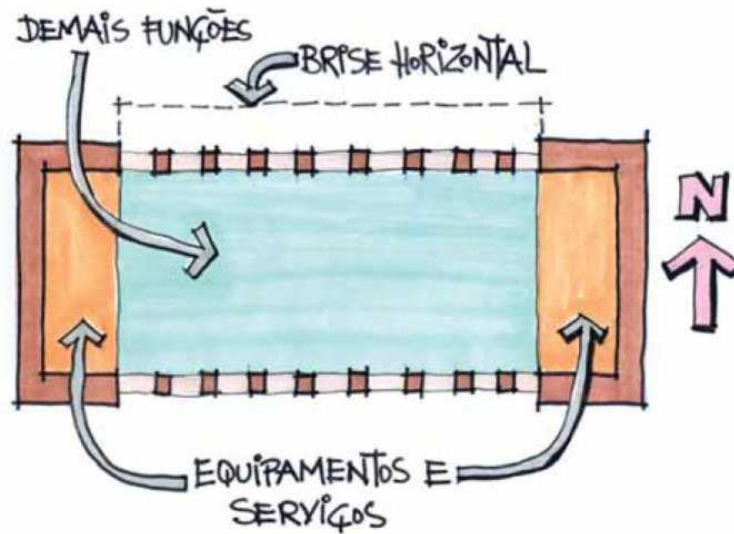
Lamberts et al. (2013, p. 158) comenta algumas características das possíveis orientações solares:

A melhor orientação para a iluminação natural é a NORTE, devido à incidência mais frequente da luz solar direta. Apesar do calor que acompanha a luz solar estar sempre presente, é muito fácil sombrear as aberturas nesta orientação.

A segunda melhor orientação para a iluminação natural é a SUL, devido à constância da luz. Embora a quantidade de luz possa ser baixa, a qualidade é alta quando se precisa de uma luz branca fria. Esta orientação também é a que menos recebe a luz solar direta, tendo menos problemas de ofuscamento. Também é muito fácil projetar proteções solares para o Sul.

As piores orientações são então a LESTE e a OESTE. Isso porque elas recebem a luz solar direta com maior intensidade no verão e com menor intensidade no inverno, dificultando o projeto de proteções solares, que devem considerar ângulos muito baixos de altura solar.

Figura 6 – Exemplo de “orientação ideal” em termos de iluminação natural



(fonte: LAMBERTS et al., 2013, p. 158)

Concluindo o pensamento geral sobre o uso da energia que nos é oferecida, temos:

O interesse deve dirigir-se a uma relação correta entre fatores climáticos e soluções arquitetônicas, ou seja, ao emprego do uso passivo da energia, concretizado mais por meio de técnicas construtivas do que por meio de instalações (uso ativo da energia) (MASCARÓ, 1985, p: 17).

Em um cenário onde a preocupação com o desempenho das edificações se intensifica a cada dia, surge a necessidade de se criar formas de avaliar as edificações, tanto para comparar umas com as outras quanto para saber em que patamar nosso padrão de construção se encontra. Assim sendo, segue no próximo capítulo um panorama de como esse assunto vem se desenvolvendo no Brasil nos últimos anos.

4 ETIQUETA PBE EDIFICA

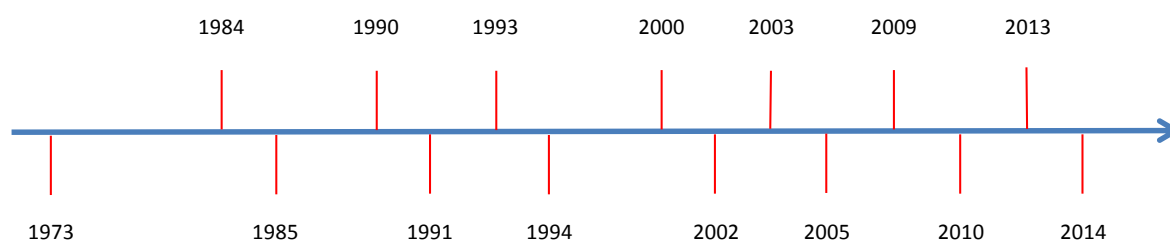
4.1 LINHA DO TEMPO

Hoje em dia vem ganhando força, no Brasil, um padrão de análise de eficiência energética em edificações análogo ao aplicado em eletrodomésticos. Este padrão é atribuído a diversos segmentos como edificações comerciais, residenciais, públicas ou de serviço, e visa emitir a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, que categoriza as edificações de acordo com o seu desempenho e consumo energético.

As ENCE's ficaram amplamente conhecidas na avaliação de refrigeradores, micro-ondas, condicionadores de ar (*split*), entre outros. Hoje em dia, com este modelo já estabelecido, os clientes conseguem desfrutar de produtos mais eficientes e de uma cadeia produtiva mais preocupada com a qualidade de seu produto final.

O setor construtivo possui, também, um histórico no assunto e vem se adequando a esse cenário de economia e desempenho. Segue, na figura 7, uma linha do tempo contemplando os anos de alguns dos marcos na área de eficiência energética em edificações¹, seguido de suas explicações.

Figura 7 – Linha do tempo



(fonte: elaborado pelo autor)

¹ A linha do tempo, bem como seus acontecimentos, foi adaptada da versão exposta no VIII Curso de Formação de Consultores em Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas - RTQ-C, ministrado entre 24/09/2015 e 23/10/2015 em Porto Alegre - RS, pelo Laboratório de Inspeção de Eficiência Energética em Edificações - LINSE.

Nível "A" de eficiência energética segundo critérios do RTQ-R: análise e proposição de alterações em uma edificação residencial multifamiliar em Porto Alegre

1973 – Criação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que tem como alguns de seus objetivos verificar a observância das normas técnicas e legais e planejar e executar as atividades de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios.

1984 – Criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo Inmetro, responsável por fornecer informações sobre o desempenho dos produtos, a fim de influenciar a escolha dos consumidores para que tomem decisões de compra mais conscientes.

1985 – Criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel. Programa do Governo Federal vinculado ao Ministério das Minas e Energia, executado pela Eletrobras, com a missão de articular o setor elétrico e a sociedade, visando fomentar a eficiência energética e o uso racional de energia, em benefício da própria sociedade.

1990 – Ocorre o 1º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, realizado em Gramado, no Rio Grande do Sul, onde se discutiu a necessidade de ser desenvolvida uma normalização sobre o desempenho térmico e energético de edificações adequada à realidade brasileira.

1991 – Ocorre o 1º Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, com o intuito de se definirem diretrizes básicas para o desenvolvimento da normalização brasileira e sua compatibilização com as normas argentinas e uruguaias.

1993 – Ocorre o 4º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC, que propõe itens básicos a serem inseridos na norma de desempenho térmico e energético de edificações:

- a) definição, símbolos e unidades;
- b) cálculo da transmitância térmica de elementos e componentes;
- c) procedimentos para tratamento de dados climáticos;
- d) zoneamento bioclimático brasileiro;
- e) desempenho térmico e energético de edifícios residenciais;
- f) desempenho térmico e energético de edifícios comerciais;
- g) métodos de ensaio.

1994 – Elaboração da metodologia para criação do Zoneamento Bioclimático Brasileiro para Fins de Edificação.

2000 – Decreto Federal nº 3330, dispondo sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos da Administração Pública Federal.

2002 – Decreto Federal nº 4131, dispondo sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal, dentre elas (BRASIL, 2002, p. 01):

Art. 2º [...] diagnosticar o grau de eficiência energética dos imóveis sob sua administração, com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projeto de redução do consumo de energia elétrica.

Art. 3º Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços, deverão ser adotadas especificações que atendam aos requisitos inerentes à eficiência energética.

Art. 4º As disposições ...aplicadas, ..., às licitações em andamento para aquisição de equipamentos que consumam energia, bem como de obras e serviços de engenharia e arquitetura.

Art. 5º [...] a conscientização dos servidores com relação à necessidade de redução do consumo de energia elétrica e à adequada utilização de iluminação e equipamentos.

2003a – Criação do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica, com o objetivo de construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações brasileiras.

2003b – Criação do Programa de Capacitação de Laboratórios de Conforto, parceria entre o Procel Edifica e a Eletrobrás, visando a capacitação de laboratórios para auxiliar na etiquetagem de edificações.

2005 – Publicação da NBR 15.220 – Desempenho Térmico de Edificações.

2009 – Publicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C.

2010 – Publicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais RTQ-R.

2013 – Publicação do Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações – RAC.

2014a – 05/06/2014 - Publicada no Diário Oficial a Instrução Normativa que, ao contrário do panorama atual para edificações residenciais e comerciais, torna obrigatória a Etiquetagem de Edificações Públicas Federais (BRASIL, 2014, p. 103):

Art. 5º Os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe A.

Parágrafo único. Após a obtenção da ENCE Geral de Projeto classe A, a construção da nova edificação deve ser executada ou contratada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe A.

2014b – Selo Procel e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)– Equivalência que torna possível projetos com Selo Procel Edificações estarem de acordo com as exigências do pré-requisito de Energia e Atmosfera da certificação LEED, que trata do desempenho energético mínimo no sistema de classificação LEED BD & C de 2009².

2014c – Acreditação do terceiro Organismo de Inspeção Acreditado – OIA, pelo Inmetro para conceder a ENCE de Projeto de Edifícios pelo RTQ-C.

Essa linha do tempo explicita como o assunto vem se intensificando no país. Embora o INMETRO, o PBE e o PROCEL existam há aproximadamente trinta anos, durante muito tempo não se encarou como prioridade a configuração energética das edificações e sua grande contribuição para o consumo total nacional. No início da década de noventa o cenário começou a agir mais intensamente, sendo que no ENTAC de 1993, impulsionado pelo 1º Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações de 1991, fora proposta uma lista de medidas que, anos mais tarde, se tornaria a base para as diretrizes de projeto em âmbito nacional. Grande parte destes apontamentos se transformaram nas cinco partes constituintes da NBR 15220 de 2005, vigente até hoje.

Duas partes do proposto pelo ENTAC de 93, no entanto, tiveram um tratamento um pouco diferente: desempenho térmico e energético de edifícios residenciais e desempenho térmico e energético de edifícios comerciais. Essas duas partes culminaram, posteriormente, na

² Disponível em <http://linse-ufpel.com.br/detalhe.php?id=8> Acessado em 25/10/2015.

publicação do RTQ-C e do RTQ-R. Esses documentos contêm a metodologia para analisar as edificações e enquadrá-las em níveis de eficiência energética de “E”, menos eficiente, a “A”, mais eficiente. Este nível de eficiência é comprovado mediante a emissão da ENCE e depende do tipo de análise feita na edificação.

4.2 PROCESSO DE ETIQUETAGEM

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2013) as etiquetas para edificações podem ser emitidas em etapa de projeto (ENCE de Projeto) ou, posteriormente, para as edificações já construídas (ENCE de Edificação Construída). Além do método de cálculo ser diferenciado entre o RTQ-C e o RTQ-R, há também a divisão entre o método de simulação, onde a edificação em estudo é lançada em um modelo virtual e então verificados os seus parâmetros mais detalhadamente, e o método prescritivo, foco do presente trabalho, onde as características do projeto são convertidas em dados de entrada que, após aplicadas algumas equações, irão resultar na sua classificação.

Para edificações residenciais há a possibilidade de se emitir a ENCE para cada Unidade Habitacional Autônoma (UH) (casas e apartamentos) ou para a Edificação Multifamiliar como um todo (edifício), onde se avaliam o desempenho da envoltória no inverno e no verão e o sistema de aquecimento de água. Pode ser emitida ainda a ENCE para as Áreas de Uso Comum, onde são avaliadas as áreas de uso frequente e as áreas de uso eventual.

Para as edificações comerciais, públicas ou de serviço a certificação pode ser feita para um pavimento somente ou para conjuntos de pavimentos, no caso de uma empresa querer qualificar somente suas salas. Nestes casos serão analisados individualmente os sistemas de condicionamento de ar e iluminação dos pavimentos em questão, no entanto a envoltória avaliada será a da edificação completa.

Tendo esse espectro de possibilidades, algumas combinações são possíveis. Seguem abaixo as opções de etiqueta tanto para edificações comerciais, públicas e de serviço quanto para edificações residenciais.

4.2.1 Etiquetas para edificações comerciais, públicas e de serviço

Existem oito tipos de ENCE, quatro para cada etapa de inspeção:

ENCE Geral –para projetos de edificações, pavimento(s) ou conjunto de ambientes contemplando os três sistemas (envoltória construída e sistema de iluminação e condicionamento de ar);

ENCE Parcial –para o projeto da Envoltória;

ENCE Parcial –para o projeto da Envoltória e do Sistema de iluminação;

ENCE Parcial –para o projeto da Envoltória e do Sistema de condicionamento de ar.

ENCE Geral –para edificações, pavimento(s) ou conjunto de ambientes contemplando os três sistemas (envoltória construída e sistema de iluminação e condicionamento de ar implementados);

ENCE Parcial –para Envoltória construída;

ENCE Parcial –para Envoltória construída e Sistema de iluminação implementado;

ENCE Parcial –para Envoltória construída e Sistema de condicionamento de ar implementado.

4.2.2 Etiquetas para edificações residenciais

Existem seis tipos de ENCE, três para cada etapa de inspeção:

ENCE - Projeto da Unidade Habitacional Autônoma;

ENCE - Projeto da Edificação Multifamiliar;

ENCE - Projeto das Áreas de Uso Comum.

ENCE - Unidade Habitacional Autônoma Construída;

ENCE - Edificação Multifamiliar Construída;

ENCE - Áreas de Uso Comum Construídas.

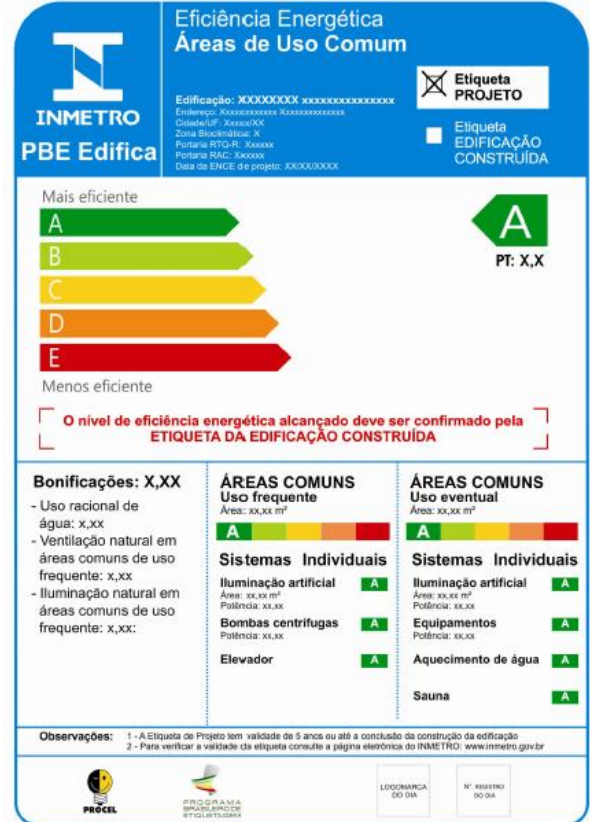
Seguem exemplos de ENCE's de Projeto para Unidades Habitacionais Autônomas (figura 8) e para Áreas de Uso Comum (figura 9).

Figura 8 – ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma



(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013, p. 60))

Figura 9 – ENCE de Projeto das Áreas de Uso Comum

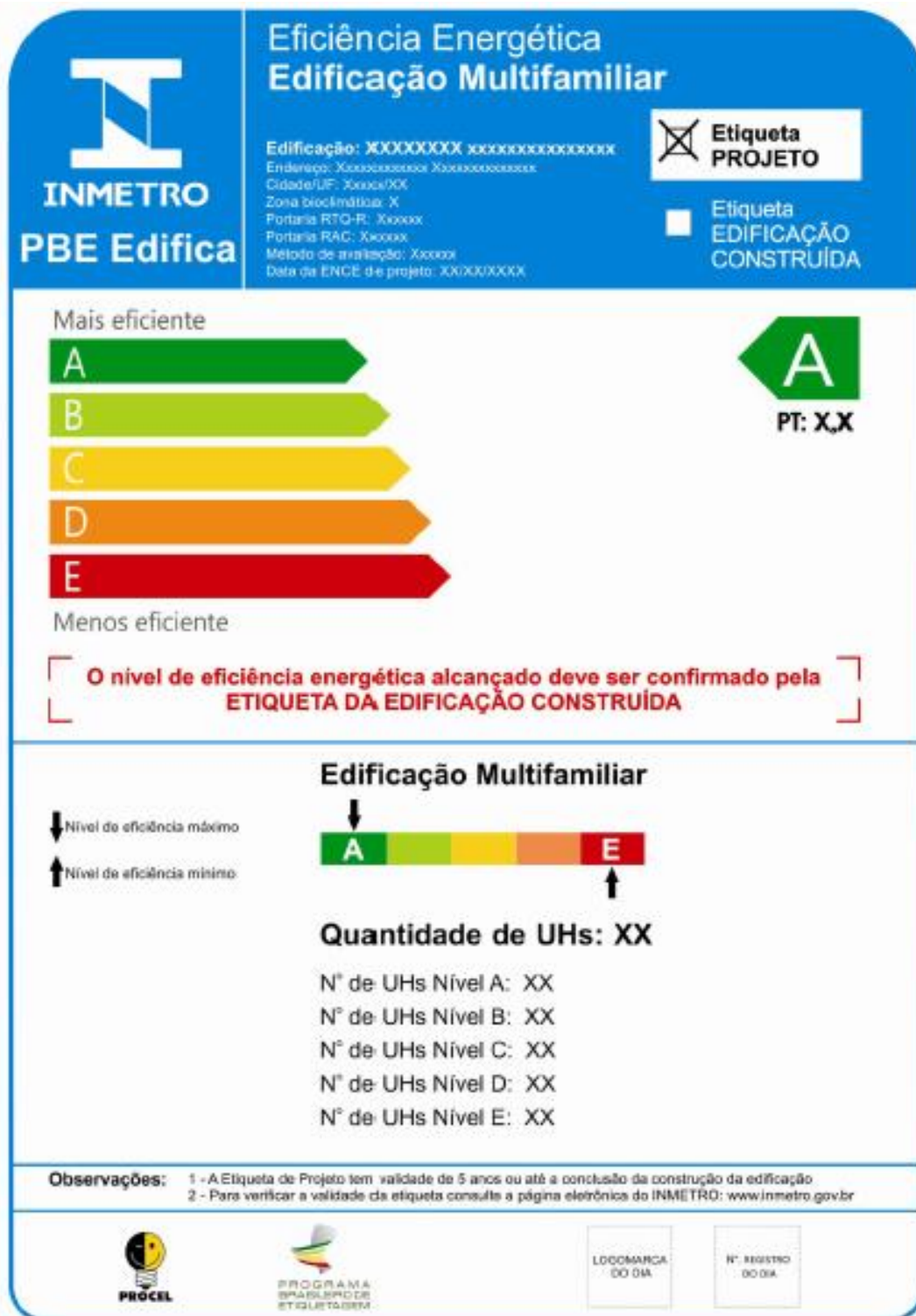


(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013, p. 62))

A metodologia para obtenção da ENCE de Projeto para a Edificação Multifamiliar (figura 10) será explicada no capítulo a seguir.

Nível “A” de eficiência energética segundo critérios do RTQ-R: análise e proposição de alterações em uma edificação residencial multifamiliar em Porto Alegre

Figura 10 – ENCE de Projeto da Edificação Multifamiliar



(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA;
QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013, p. 61)

5 METODOLOGIA DE CÁLCULO PARA OBTENÇÃO DA ETIQUETA PBE EDIFICA

5.1 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE O MÉTODO

A metodologia empregada na análise de eficiência energética da edificação será baseada no método prescritivo do RTQ-R, Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012), sendo o caminhamento e as equações presentes no capítulo 5, no capítulo 6 e no Anexo A todos oriundos deste documento.

A metodologia não será descrita na sua totalidade. Somente serão apresentados os itens pertinentes à edificação em questão e aqueles que influenciaram na análise da edificação, no capítulo 6, para evitar uma transcrição quase que completa do RTQ-R.

O método do RTQ-R é predominantemente quantitativo, no qual a configuração da edificação (orientação, composição dos fechamentos, sistema de aquecimento de água, etc) é convertida em uma pontuação, sendo “E” o menos eficiente e “A” o mais eficiente energeticamente. Após a classificação da envoltória (item 5.2) e do sistema de aquecimento de água (item 5.3) o nível obtido é convertido em um equivalente numérico (EqNum) conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 16)

Pode-se dizer também que, implicitamente, o método possui um cunho qualitativo, quando, a partir de pré-requisitos, restringe a máxima pontuação da edificação pela não observância de algumas diretrizes.

A classificação do nível de eficiência para edificações residenciais é atribuída às categorias abaixo conforme prescrições específicas:

- a) unidades habitacionais autônomas: são avaliados quesitos relativos ao desempenho térmico da envoltória no verão e no inverno e ao sistema de aquecimento de água;
- b) edificações unifamiliares: como no item anterior, são avaliados quesitos relativos ao desempenho térmico da envoltória no verão e no inverno e ao sistema de aquecimento de água;
- c) edificações multifamiliares: segue o procedimento de avaliação para unidades habitacionais autônomas, porém o resultado final da edificação será a ponderação dos resultados individuais de cada unidade pelas áreas úteis das mesmas.

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2012, p. 15) inicia citando o pré-requisito geral de desempenho para obtenção do nível energético da edificação: “Para que se obtenham os níveis de eficiência A ou B, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, estas devem possuir medição individual de eletricidade e água.”, estando excluídas deste pré-requisito as edificações construídas até a publicação do RTQ-R.

A classificação das Unidades Habitacionais Autônomas (UHA), onde se pondera o desempenho da envoltória e do sistema de aquecimento de água, é dada pela fórmula 1 e os coeficientes dados pela tabela 3.

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

Onde:

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

a: coeficiente da tabela 3 adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada;

$EqNumEnv$: o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente, descrito no item 5.1.2.1 (método prescritivo) e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória (item 5.1.1);

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, conforme item 5.4;
Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Tabela 3 – Valores do coeficiente “a”

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA;
QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 18)

A pontuação final após a aplicação das bonificações e da ponderação irá definir a classificação final da edificação multifamiliar, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA;
QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 17)

5.2 ENVOLTÓRIA

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

5.2.1 Pré-requisitos da envoltória

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

5.2.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies

Os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza, conforme a tabela 5. Em caso de não atendimento o máximo nível atribuído aos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$) é C ($EqNum= 3$)

Tabela 5 – Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para a zona bioclimática 3

Zona Bioclimática	Componente	Absorvância solar [adimensional]	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
ZB 3	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

(fonte: adaptado de INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 23)

5.2.1.2 Ventilação natural

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

- a) Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação

Ambientes de permanência prolongada devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação, conforme a tabela 6. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C ($EqNum = 3$) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$).

Tabela 6 – Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso
	ZB 3
Ambientes de permanência prolongada	A ≥ 8%

(fonte: adaptado de INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 23)

O percentual de abertura para ventilação (A) é calculado de acordo com a fórmula 2.

$$A = 100 \times \left(\frac{A_v}{AU_{amb}} \right) \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

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

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

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

Para a UH atingir nível A, pelo menos 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, deve possuir ventilação natural. O não atendimento a este pré-requisito implica em obtenção de no máximo nível B ($EqNum = 4$) no equivalente numérico da envoltória da UH ($EqNumEnv$).

b) Ventilação cruzada

Nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8, a UH deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas compreendido pelas aberturas externas e internas. Portas de acesso principal e de serviço não serão consideradas como aberturas para ventilação. O projeto de ventilação natural deve promover condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene.

Nível “A” de eficiência energética segundo critérios do RTQ-R: análise e proposição de alterações em uma edificação residencial multifamiliar em Porto Alegre

As aberturas devem atender à proporção indicada na fórmula 3. Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$).

$$\left(\frac{A_2}{A_1}\right) \geq 0,25 \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

A_1 : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m^2);

A_2 : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m^2).

5.2.1.3 Iluminação natural

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

5.2.2 Determinação do equivalente numérico da envoltória

No método prescritivo o desempenho térmico da envoltória da UH é determinado pelo seu equivalente numérico ($EqNumEnv$), estabelecido através das equações de regressão múltipla para unidades habitacionais autônomas, de acordo com a Zona Bioclimática (ZB) em que a edificação está localizada.

O método se estende a todas as Zonas Bioclimáticas brasileiras, sendo usados aqui somente os critérios referentes à zona bioclimática 3, onde se insere Porto Alegre, de acordo com a NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

O equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória a ser utilizado para o cálculo da pontuação geral da UH (fórmula 1) deve ser o referente à eficiência quando naturalmente ventilada, cujo cálculo está presente no Anexo A e após verificados os pré-requisitos da envoltória, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada.

O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente (Anexo A) é de caráter informativo. A obtenção do nível A de eficiência neste item é obrigatória caso se deseje obter a bonificação de condicionamento artificial de ar.

5.2.2.1 Eficiência quando naturalmente ventilada

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

a) Cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento

Calcula-se o indicador de graus-hora para resfriamento (GHR) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. Por definição este indicador representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura de base de 26°C para resfriamento. O cálculo desse parâmetro para a Zona Bioclimática 3 está referenciado no Anexo A.

b) Cálculo do consumo relativo para aquecimento

Calcula-se o consumo relativo anual para aquecimento (CA) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. Por definição este indicador é o consumo anual de energia (em kWh/m^2) necessário para aquecimento do ambiente durante o período de 21h às 8h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22°C . O cálculo desse parâmetro para a Zona Bioclimática 3 está referenciado no Anexo A.

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

Determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) e o equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento

(EqNumEnvAmb_A) de cada ambiente de permanência prolongada da UH, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. O cálculo desse parâmetro para a Zona Bioclimática 3 está referenciado no Anexo A.

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

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

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

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

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

Para a ZB3, o equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) é obtido por meio da fórmula 4

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 \times EqNumEnv_A \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da UH;

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

EqNumEnv_A: equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento.

5.2.2.2 Eficiência quando condicionada artificialmente

O nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é de caráter informativo, mas deve ser calculado para qualquer edificação, mesmo que naturalmente ventilada. A obtenção do nível A de eficiência neste item é obrigatória para obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar. O procedimento para obtenção do nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente é descrito nos itens “a” a “c”.

a) Cálculo do consumo relativo para refrigeração

Calcula-se o consumo relativo anual para refrigeração (C_R) de cada dormitório (excluindo dormitórios de serviço) através de equações, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. Por definição este indicador é o consumo anual de energia (em kWh/m²) necessário para refrigeração do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 24°C

O cálculo desse parâmetro para a Zona Bioclimática 3 está referenciado no Anexo A.

b) Determinação do equivalente numérico dos ambientes para refrigeração

Determina-se o equivalente numérico da envoltória do ambiente para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$) dos dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) da UH, através das faixas estabelecidas nas tabelas, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada. O cálculo desse parâmetro para a Zona Bioclimática 3 está referenciado no Anexo A.

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

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

5.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Neste item serão descritos os critérios para avaliação da eficiência de sistemas de aquecimento de água.

5.3.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água

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

Como pré-requisito para os níveis A e B, o projeto de instalações hidrossanitárias deve comprovar que para as tubulações não metálicas de água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0 cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK.

5.3.2 Procedimento para determinação da eficiência do sistema de aquecimento a gás

O sistema de aquecimento de água deve ter sua eficiência estabelecida através do equivalente numérico obtido na Tabela 2.1, utilizando os resultados do método descrito abaixo.

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

Observação: O baixo nível de eficiência atribuído a UHs que não possuem sistema de aquecimento de água se justifica, pois caso o usuário queira aquecer a água para o banho fica restrito à instalação de chuveiro elétrico. O nível D atribuído às regiões Norte e Nordeste equivale ao nível máximo possível de ser atingido por sistemas de aquecimento elétrico. Nas demais regiões não é aceitável a ausência de sistema de aquecimento de água instalado na UH, portanto, nestes casos, é atribuído o menor nível possível (nível E).

5.4.2.1 Pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás

Para obtenção do nível A, os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem possuir ENCE A ou B. Os aquecedores a gás e reservatórios térmicos devem atender aos requisitos das normas técnicas brasileiras aplicáveis. Na ausência destas, devem ser atendidas as normas internacionais aplicáveis.

Os aquecedores devem estar instalados em lugares protegidos permanentemente contra intempéries, com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência e instalados conforme a NBR 13103 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

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

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

5.3.2.2 Dimensionamento de aquecedor a gás do tipo instantâneo

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

A potência do aquecedor a gás do tipo instantâneo é determinada de acordo com a fórmula 5.

$$Q = \frac{m_{máxima} \times c \times (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{860} \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

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

$m_{m\acute{a}xima}$: vazão máxima de água demandada simultaneamente (litros/h);

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

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

$T_{\acute{a}gua\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (°C).

5.3.2.3 Aquecedores a gás classificados pelo PBE

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

5.4 BONIFICAÇÕES

Iniciativas que aumentem a eficiência da UH poderão receber até 1 (um) ponto na classificação geral da UH somando os pontos obtidos por meio das bonificações. Para tanto, estas iniciativas devem ser justificadas e comprovadas. A bonificação total alcançada é a somatória das bonificações obtidas em cada item, de acordo com a fórmula 6.

$$\text{Bonificações} = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8 \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

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

b1: bonificação referente à ventilação natural (item 5.5.1), cuja pontuação varia de zero a 0,40 pontos;

b2: bonificação referente à iluminação natural (item 5.5.2), cuja pontuação varia de zero a 0,30 pontos;

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

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

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

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

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

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

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

5.4.1 Ventilação natural

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

- utilização de dispositivos especiais (como venezianas móveis, peitoris ventilados, torres de vento e outros), que favoreçam o desempenho da ventilação natural mas permitam o controle da luz natural, da incidência de chuvas e dos raios solares e a manutenção da privacidade (0,16 pontos);

- existência de aberturas externas (janelas, rasgos, peitoris ventilados, etc.) cujo vão livre tenham o centro geométrico localizado entre 0,40 e 0,70 m medidos a partir do piso (0,06 pontos);

- na Zona Bioclimática 8, as aberturas intermediárias (portas, rasgos, etc.) devem apresentar permeabilidade em relação à circulação do ar, quer seja na própria folha da esquadria, quer na forma de bandeiras móveis ou rasgos verticais. A área livre desses componentes deve corresponder a, no mínimo, 30% da área da abertura intermediária quando a mesma estiver fechada e devem ser passíveis de fechamento (0,06 pontos).

5.4.2 Iluminação natural (até 0,30 pontos)

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

A maioria dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia (50% mais 1) com iluminação natural lateral deve ter profundidade máxima calculada através da fórmula 7. Caso existam aberturas em paredes diferentes em um mesmo ambiente, é considerada a menor profundidade.

$$2,4 \times h_a \geq P \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

P: profundidade do ambiente (m);

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

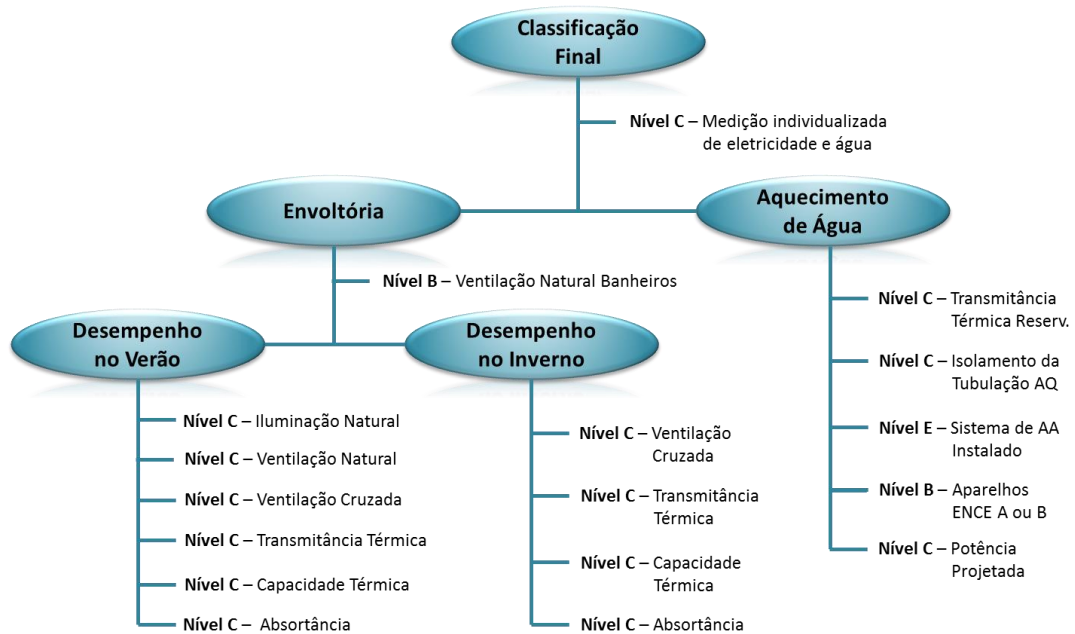
b) Refletância do teto (0,10 pontos)

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

5.5 RESUMO

Após essa extensa itemização, segue, na figura 11, um esquema dos pré-requisitos presentes no método com o intuito de esclarecer como eles limitam o desempenho da edificação. Estão listados em azul os diferentes equivalentes numéricos e, logo abaixo, o nível máximo obtido naquele quesito quando não atendido o pré-requisito mencionado ao lado.

Figura 11 – Resumo dos pré-requisitos

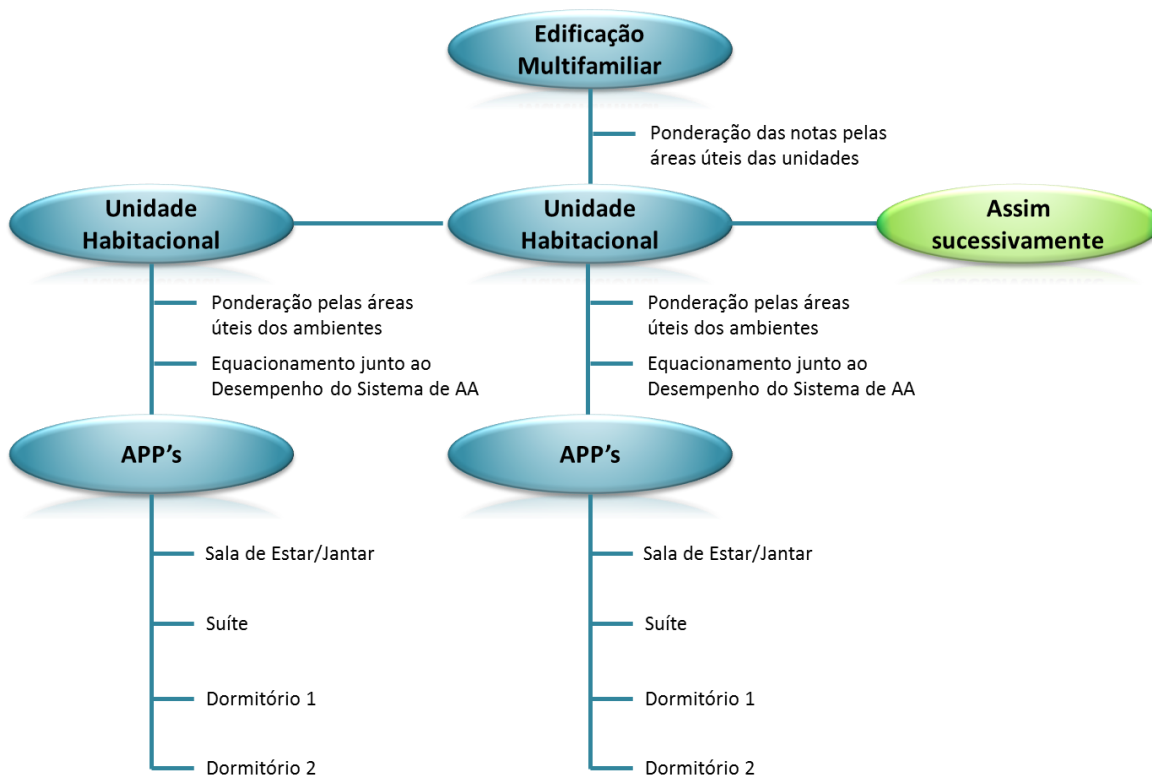


(fonte: elaborado pelo autor)

Seguindo a mesma proposta, segue na figura 12, um modelo gráfico sobre o conceito de equações de regressão múltipla mencionado no RTQ-R. A lógica por trás dos cálculos é a de se analisar individualmente cada APP. Após se obter os equivalentes de desempenho no inverno e no verão e do sistema de aquecimento de água, estes valores são ponderados pelas áreas úteis dos ambientes, gerando a pontuação final da UH.

Aplicando mais uma vez este mesmo caminamento, após todas as UH's terem sido analisadas é feita a ponderação das notas de cada uma delas por suas áreas úteis totais. Esse processo resulta na pontuação final da edificação como um todo, onde foram levadas em consideração proporcionalmente a contribuição de cada ambiente e de cada unidade na composição da nota final da edificação.

Figura 12 – Obtenção da pontuação final da edificação residencial multifamiliar



(fonte: elaborado pelo autor)

Em posse desses dados é possível fazer a análise da edificação. Para facilitar a aplicação equações presentes no Anexo A, foi utilizada a tabela “Planilha de cálculo do desempenho da UH”³ Nessa planilha são inseridos todos os dados da unidade avaliada, ambiente por ambiente (figura 13).

³ Tabela disponível no site <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. É uma tabela disponibilizada para uso, de forma livre, pelo PBE Edifica.

Figura 13 – Áreas para inserção de dados na planilha PBE Edifica



Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais

TERMO DE RESPONSABILIDADE (passe o mouse)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	24,06
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0
	Contato com solo	adimensional	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00
	acob	adimensional	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00
	qpar	adimensional	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	10,23
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
Áreas de Aberturas Externas	OESTE	m ²	0,00
	NORTE	m ²	6,22
	SUL	m ²	0,00
	LESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00
	Fvent	adimensional	0,50
	Somb	adimensional	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25
	Pé Direito	m	2,75
	C altura	adimensional	0,114
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0
	vid	binário	0
	Uvid	W/m ² .K	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A 473
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B 7,130
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica 0,000

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Ao final a tabela retorna as notas parciais da edificação (desempenho no verão, desempenho no inverno e aquecimento de água) já considerando o caso de não atingimento dos pré-requisitos. Por fim, após tendo sido ponderadas as notas dos ambientes, é gerada a pontuação final da UH, junto de sua classificação, como na figura 14.

Figura 14 – Exemplo de pontuação final de uma UH pela planilha PBE Edifica



Análise da classificação final da UH
RTQ - Edificações Residenciais

Pontuação Total	Identificação	Unidade 01 Pav. Tipo
	Envoltória para Verão	C 3,00
	Envoltória para Inverno	B 3,58
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	C 3,21
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 2,74
	Bonificações	0,30
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	2,74

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Esse caminamento exemplifica o cálculo das pontuações finais das UH's com base nos seus ambientes de permanência prolongada. De forma análoga, devem ser ponderadas as notas de cada UH pelas suas áreas úteis a fim de se obter a pontuação final da edificação residencial multifamiliar.

6 ESTUDO DE CASO / CASO ESTUDADO

Este capítulo tem por finalidade tratar dos dados obtidos na análise inicial do projeto e propor as alterações que levarão o projeto a atingir o nível “A” de eficiência energética.

6.1 ESTUDO DA EDIFICAÇÃO NO PROJETO ORIGINAL

Antes da exposição da metodologia propriamente dita, será apresentada a edificação estudada, a fim de mostrar suas principais características.

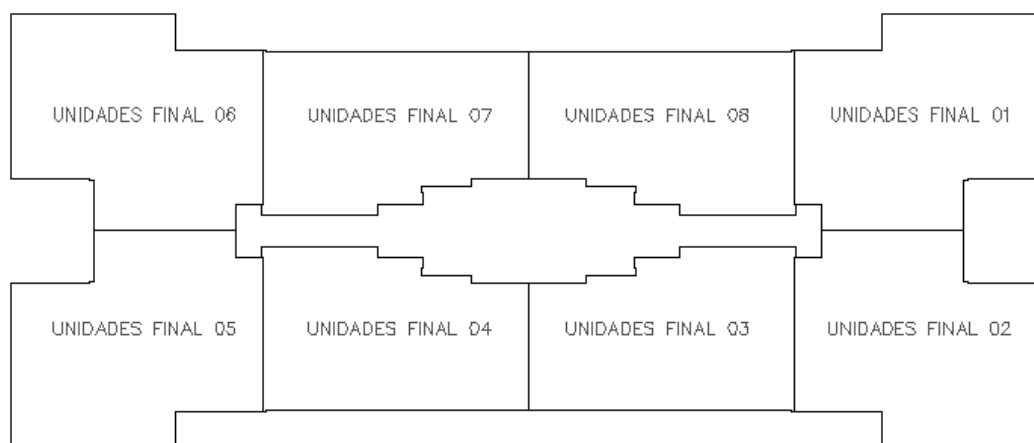
Primeiramente, em contato com uma construtora de Porto Alegre – RS, foi exposta a proposta do presente trabalho, onde houve o questionamento da possibilidade da concessão de alguns projetos para análise pela metodologia do RTQ-R. Com a permissão concedida, foi escolhida uma edificação representativa dentre as existentes na empresa. Foi acordado que seria somente apresentada uma planta baixa do pavimento, sem fachadas, para não expor a edificação. Seguem abaixo informações pertinentes para a análise do projeto:

- localização: Porto Alegre-RS;
- categoria: residencial
- área construída: 14.819,19 m²;
- número de pavimentos: 16;
- unidades habitacionais autônomas por pavimento: 8 un;
- pé-direito: 2,65 m;
- sistema de aquecimento de água: à gás, aquecedor de passagem (somente infraestrutura);
- tipo de gás: gás natural;
- tubulação de água quente: PPR sem isolamento;

- paredes externas: bloco de concreto rebocado pintado e bloco de concreto rebocado com pastilha cerâmica;
- paredes internas: drywall;
- tipo de abertura das esquadrias: de correr;
- tipo de vidro: simples sem isolamento.

Todos os pavimentos seguem a mesma configuração quanto à disposição das suas unidades (figura 15).

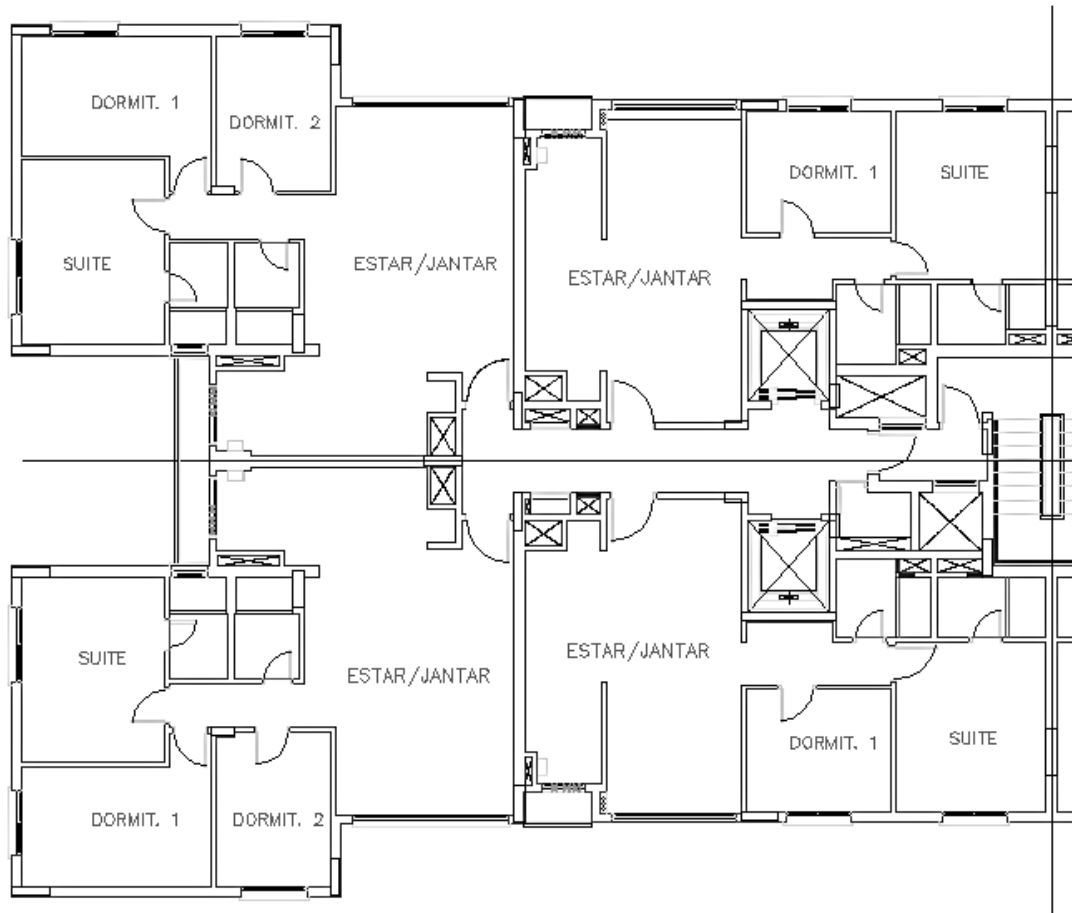
Figura 15 - Pavimento tipo



(fonte: elaborado pelo autor)

A disposição dos ambientes também se mantém a mesma em todos os pavimentos. Quando visto em planta, o projeto do pavimento tipo apresenta eixos de simetria tanto na direção horizontal quanto na vertical. Segue, na figura 16, o quadrante das unidades com final 04, 05, 06 e 07, onde se representa com mais detalhes o interior do projeto. Estão representados e nomeados os Ambientes de Permanência Prolongada (APP) que serão utilizados posteriormente para a análise da edificação. Devido à simetria do projeto, a mesma configuração se repete no outro quadrante da edificação, onde se situam as unidades 01, 02, 03 e 08.

Figura 16 – Ambientes de permanência prolongada

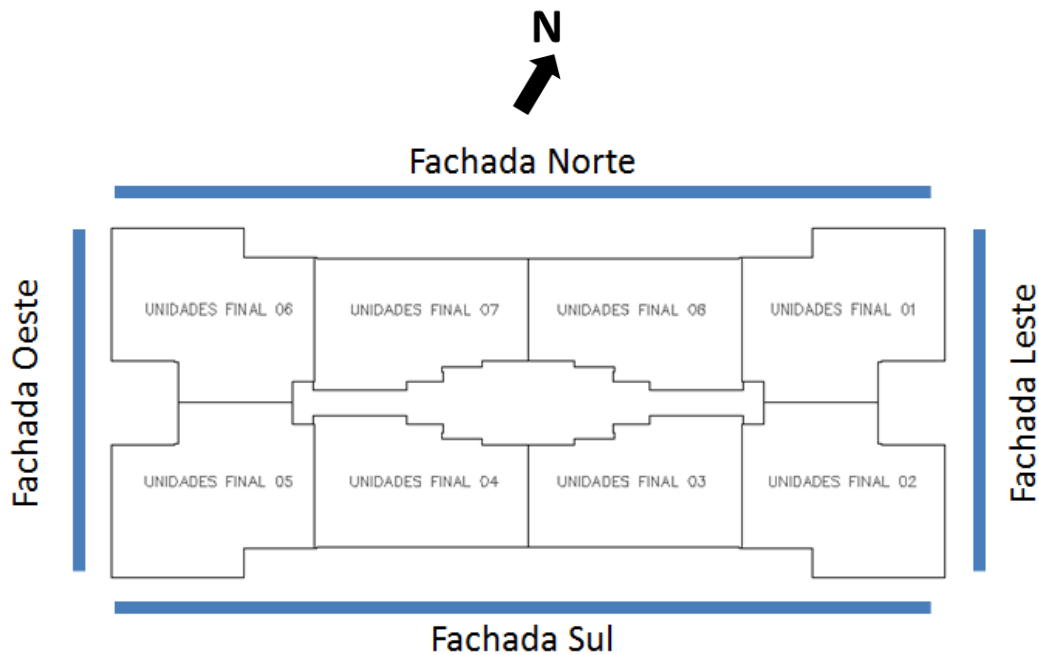


(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.1 Orientação das fachadas

O primeiro item a ser definido, e que reflete fortemente nas outras variáveis, é a orientação das fachadas. De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2012, p.11), a fachada norte é a “Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 0° a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45° a + 45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Norte.”. Por possuir um desvio de 34° com o norte geográfico, a fachada norte é definida pelo plano no qual pertencem as unidades 01, 08, 07 e 06, conforme figura 17.

Figura 17 – Orientação das Fachadas



(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.2 Áreas dos ambientes

Como todos os pavimentos possuem o mesmo layout, as variáveis foram calculadas para todos os ambientes de cada unidade e então replicadas nos demais pavimentos. A análise das áreas úteis foi em parte facilitada pelo fato da edificação possuir dois eixos de simetria. Na tabela 7 foram agrupadas as áreas dos ambientes de acordo com sua localização, sendo as APP's grifadas em verde.

Tabela 7 – Áreas úteis dos ambientes

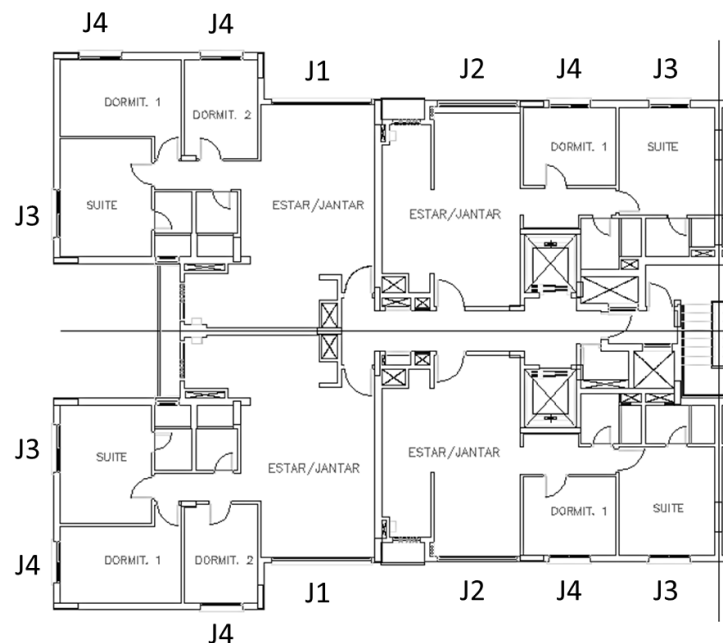
Unidades 01, 02, 05 e 06		Unidades 03, 04, 07 e 08	
Ambiente	Área (m ²)	Ambiente	Área (m ²)
Estar/Jantar	24,06	Estar/Jantar	18,86
Dorm. 2	8,05	-	-
Dorm. 1	10,93	Dorm. 1	8,09
Suíte	12,05	Suíte	11,81
Banho	2,83	Banho	2,69
Circ.	2,67	Banho	3,02
Banho	2,77	Circ.	3,66
Cozinha/Lavanderia	8,18	Cozinha/Lavanderia	8,26
Área Total (m²)	71,54	Área Total (m²)	56,39

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.3 Propriedades das esquadrias

No levantamento das esquadrias apenas quatro modelos estão localizados em ambientes de permanência prolongada, e, portanto, contabilizam as áreas de abertura para o cálculo da pontuação da UH. Estas esquadrias e suas respectivas localizações encontram-se abaixo, na figura 18.

Figura 18 – Localização das Esquadrias



(fonte: elaborado pelo autor)

Na tabela 8 constam as dimensões e as informações sobre iluminação e ventilação de cada esquadria.

Tabela 8 – Propriedades das esquadrias

	J1	J2	J3	J4
Largura (cm)	340	268	167	147
Altura (cm)	183	183	133	133
Área do vão (m²)	6,22	4,90	2,22	1,96
F Vent. (%)	31%	31%	40%	38%
Área vent. (m²)	1,96	1,51	0,76	0,65
F Ilum. (%)	70%	68%	70%	80%
Área ilum. (m²)	4,41	3,34	1,33	1,14

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.4 Área de aberturas e área de paredes

Com os dados das esquadrias em mãos pode-se, então, calcular as áreas de parede externa e as áreas de abertura dos ambientes. As áreas de parede são mensuradas considerando-se um observador dentro do ambiente, ou seja, são medidas as áreas de fachada com os limites internos do ambiente e então descontadas as áreas das aberturas. Seguem nas tabelas 9 e 10 as medidas das áreas de parede e áreas de abertura dos APP's de cada unidade.

Tabela 9 – Áreas de parede e abertura para as unidades 01, 02, 03 e 04

		Unidade 01				Unidade 02				Unidades 03 e 04		
		Estar/Jantar	Dorm. 2	Dorm. 1	Suíte	Estar/Jantar	Dorm. 2	Dorm. 1	Suíte	Suíte	Dorm. 1	Estar/Jantar
Área de Parede (m²)	NORTE	4,01	4,73	9,15	0,00	0,00	0,00	0,00	8,66	0,00	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	0,00	8,66	4,01	4,73	11,11	0,00	6,77	6,48	3,21
	LESTE	0,00	0,00	6,96	8,92	0,00	0,00	5,00	8,92	0,00	0,00	0,00
	OESTE	0,00	4,26	0,00	0,00	0,00	4,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Área de Abertura (m²)	NORTE	6,22	1,96	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	0,00	0,00	0,00	0,00	6,22	1,96	0,00	0,00	2,22	1,96	4,90
	LESTE	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	1,96	2,22	0,00	0,00	0,00
	OESTE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 10 – Áreas de parede e abertura para as unidades 05, 06, 07 e 08

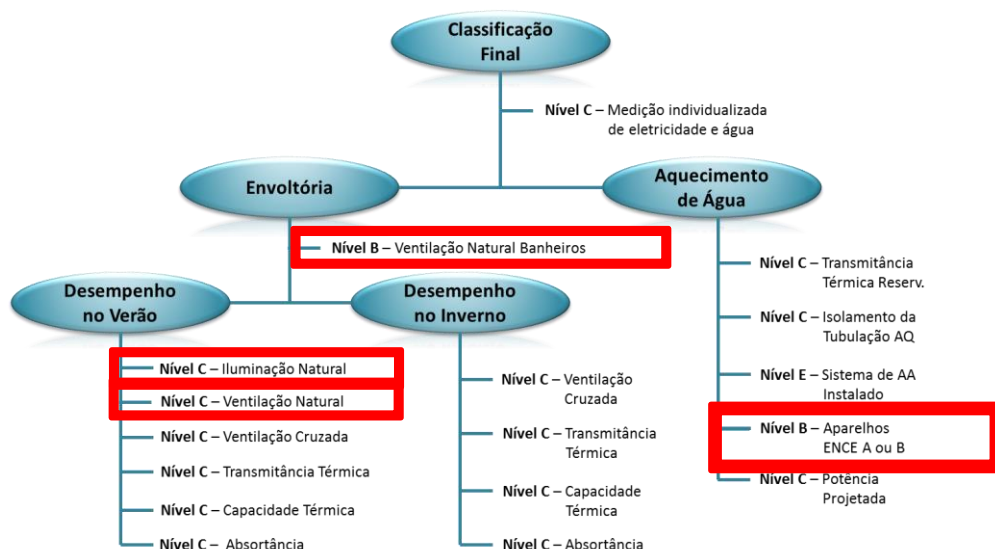
		Unidade 05				Unidade 06				Unidades 07 e 08		
		Estar/Jantar	Dorm. 2	Dorm. 1	Suíte	Estar/Jantar	Dorm. 2	Dorm. 1	Suíte	Suíte	Dorm. 1	Estar/Jantar
Área de Parede (m ²)	NORTE	0,00	0,00	0,00	8,66	4,01	4,73	9,15	0,00	6,77	6,48	3,21
	SUL	4,01	4,73	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	8,66	0,00	0,00	0,00
	LESTE	0,00	4,26	0,00	0,00	0,00	4,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	OESTE	0,00	0,00	5,00	8,92	0,00	0,00	6,96	8,92	0,00	0,00	0,00
Área de Abertura (m ²)	NORTE	0,00	0,00	0,00	0,00	6,22	1,96	1,96	0,00	2,22	1,96	4,90
	SUL	6,22	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	OESTE	0,00	0,00	1,96	2,22	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Comparando-se as áreas de abertura com as áreas úteis dos ambientes, evidencia-se o não atendimento aos pré-requisitos de ventilação natural (item 5.2.1.2) e o de iluminação natural (item 5.2.1.3) para todos os ambientes “Suíte” do empreendimento e para todos os “Dorm. 1” das unidades 01, 02, 05 e 06, limitando em C (EqNum = 3) o desempenho da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração nestes ambientes.

O pré-requisito que exige pelo menos metade dos banheiros com ventilação natural (item 5.2.1.2) não foi atendido para as unidades 03, 04, 07 e 08, visto que todos os banheiros possuem ventilação forçada. Com isso, o nível “B” é o máximo atingível para o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv = 4) nessas unidades. O resumo dos pré-requisitos não atendidos está apresentado na figura 19

Figura 19 – Resumo dos pré-requisitos não atendidos



(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.5 Propriedades físicas dos componentes construtivos

O primeiro item analisado referente às propriedades físicas dos elementos construtivos foi a disposição dos mesmos nas fachadas da edificação. Segue, na figura 20, uma exposição dos revestimentos externos, exemplificando onde são aplicadas pastilhas cerâmicas ou pintura.

Figura 20 - Esquema revestimentos externos

Fachadas Norte e Sul				Fachadas Leste e Oeste	
Pav. 16	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha
Pav. 15	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha
Pav. 14	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 13	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 12	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 11	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 10	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 9	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 8	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 7	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 6	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 5	Pintura	Pastilha	Pastilha	Pintura	Pintura
Pav. 4	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha
Pav. 3	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha
Pav. 2	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha	Pastilha

(fonte: elaborado pelo autor)

A transmitância térmica e a capacidade térmica dos elementos construtivos foram calculadas de acordo com a NBR 15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), sendo somente a Alvenaria 1 retirada do Anexo Geral V (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013). As absorptâncias dos elementos externos foram obtidas diretamente com os fornecedores. Essas propriedades estão indicadas na tabela 11.

Tabela 11 – Propriedades físicas dos elementos construtivos

Alvenaria 1	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Pintura	1,85	161,00	0,20
Reboco Externo (2,5cm)			
Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)			
Reboco Interno (2,5cm)			
Alvenaria 2	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Pastilha Cerâmica (1cm)	1,81	175,72	0,60
Reboco Externo (2,5cm)			
Bloco Cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm)			
Reboco Interno (2,5cm)			
Viga de concreto 1	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Pintura	3,68	423,67	0,20
Reboco Externo (2,5cm)			
Concreto Armado (15cm)			
Reboco Interno (2,5cm)			
Viga de concreto 2	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Pastilha Cerâmica (1cm)	3,54	438,39	0,60
Reboco Externo (2,5cm)			
Concreto Armado (15cm)			
Reboco Interno (2,5cm)			
Cobertura	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Proteção Mecânica (5cm)	1,07	323,59	0,20
Poliestireno Extrudado (2,5cm)			
Concreto Armado (10cm)			
Paredes Internas	U (W/m².K)	CT (kJ/m².K)	α
Placa de gesso (1,25cm)	1,29	263,00	-
Câmara de ar (10cm)			
Placa cimentícia (1cm)			

(fonte: elaborado pelo autor)

Como a fachada é composta por elementos distintos (vigas e alvenaria, além da distinção entre trechos de pintura e pastilha), afim de obter-se a transmitância e a capacidade térmica equivalentes para o ambiente como um todo, foi feita a ponderação das suas características pela porcentagem que ocupam na área total das paredes, de acordo com a tabela 12.

Tabela 12 – Ponderação das transmitâncias e capacidades térmicas das paredes

		Viga	Alvenaria	Total
Parede (Pintura)	Proporção	12,08%	87,92%	100%
	U (W/m ² .K)	3,68	1,85	2,07
	CT (kJ/m ² .K)	423,67	161,00	192,72
Parede (Pastilha)	Proporção	12,08%	87,92%	100%
	U (W/m ² .K)	3,54	1,81	2,02
	CT (kJ/m ² .K)	438,39	175,72	207,44

(fonte: elaborado pelo autor)

Com os valores finais calculados, percebe-se o atendimento a todos os pré-requisitos impostos à Zona Bioclimática 3 referente às propriedades físicas dos componentes construtivos (item 5.3.1).

Por fim, para posterior aplicação dos dados nas equações A1 a A5, foram ponderadas as capacidades térmicas dos ambientes, considerando as paredes externas, paredes internas e cobertura superior. Foi constatado que somente as unidades de cobertura possuem CT > 250 kJ/(m².K), conforme a tabela 13.

Tabela 13 – Verificação das capacidades térmicas dos ambientes

	Unidades 01, 02, 05 e 06				Unidades 03, 04, 07 e 08			
	Suíte	Estar/Jantar	Dorm. 1	Dorm. 2	Suíte	Estar/Jantar	Dorm. 1	CT (kJ/m ² .K)
Unidades Cobertura								
Área Par. Int. (m ²)	18,55	31,80	19,35	19,61	28,09	33,39	22,00	263,00
Área Par. Ext. (m ²)	17,58	4,01	16,11	8,99	6,77	3,21	6,48	207,43
Área Cob. Sup. (m ²)	12,05	24,06	10,93	8,05	11,81	18,86	8,09	328
CT Ponderado (kJ/m ² .K)	258,98	285,40	259,02	263,65	271,39	281,89	267,53	-
Unidades Pastilha								
Área Par. Int. (m ²)	18,55	31,80	19,35	19,61	28,09	33,39	22,00	263,00
Área Par. Ext. (m ²)	17,58	4,01	16,11	8,99	6,77	3,21	6,48	207,43
Área Cob. Sup. (m ²)	12,05	24,06	10,93	8,05	11,81	18,86	8,09	232,32
CT Ponderado (kJ/m ² .K)	235,05	246,95	236,47	242,63	247,18	249,35	246,36	-
Unidades Pintura								
Área Par. Int. (m ²)	18,55	31,80	19,35	19,61	28,09	33,39	22,00	263,00
Área Par. Ext. (m ²)	17,58	4,01	16,11	8,99	6,77	3,21	6,48	192,72
Área Cob. Sup. (m ²)	12,05	24,06	10,93	8,05	11,81	18,86	8,09	232,32
CT Ponderado (kJ/m ² .K)	229,68	245,96	231,36	239,02	245,04	248,50	243,76	-

(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.6 Sistema de aquecimento de água

Como o projeto prevê a entrega das unidades somente com esperas, sem aparelho instalado, a edificação se limita à obtenção do EqNumAA = 1, ou seja, nível “E” (item 5.4.2). Não se faz necessária, neste momento, a sequência do cálculo nem a validação dos pré-requisitos, já que este desempenho não pode ser melhorado.

6.1.7 Bonificações

As bonificações obtidas pela edificação foram as duas possíveis no quesito de iluminação natural. Por possuir pintura branca no teto das unidades (refletância 80%), recebeu 0,10 pontos e por no mínimo metade dos ambientes possuírem a profundidade obedecendo à fórmula 7, recebeu 0,20 pontos, totalizando 0,30 pontos de bonificação em todas as unidades.

6.1.8 Classificação do projeto original

Como a edificação possui dezesseis pavimentos (dos quais somente quinze possuem apartamentos) e oito unidades por pavimento, foram obtidas as pontuações finais de todas as 120 unidades. A partir dessas pontuações foram feitas as médias por unidades com o mesmo final e então ponderadas pelas áreas úteis das unidades. Este cálculo resultou em uma pontuação final igual a 2,90, ou seja, classificação “C” para a edificação (tabela 14).

Tabela 14 – Pontuação final do projeto original da edificação

	Unidade 01	Unidade 02	Unidade 03	Unidade 04	Unidade 05	Unidade 06	Unidade 07	Unidade 08
Pav. 16	2,74	2,92	2,76	2,76	2,92	2,74	2,85	2,85
Pav. 15	2,87	2,98	2,76	2,76	2,92	2,87	3,01	3,01
Pav. 14	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 13	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 12	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 11	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 10	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 9	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 8	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 7	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 6	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 5	3,01	2,98	2,76	2,76	2,98	3,01	2,81	2,81
Pav. 4	2,87	2,98	2,76	2,76	2,92	2,87	3,01	3,01
Pav. 3	2,87	2,98	2,76	2,76	2,92	2,87	3,01	3,01
Pav. 2	2,87	2,98	2,76	2,76	2,92	2,87	3,01	3,01
Ponderacao Unidades	2,95	2,98	2,76	2,76	2,96	2,95	2,87	2,87
Área (m²)	71,54	71,54	56,39	55,39	71,54	71,54	56,39	56,39
PT final	2,90							

(fonte: elaborado pelo autor)

6.2 ALTERAÇÕES NO PROJETO E OBTENÇÃO DO NÍVEL “A”

O ponto de partida para a melhoria da edificação foi o mapeamento de atingimento aos pré-requisitos, seguido das diferentes proposições de alteração em suas características. Essa etapa foi dividida em duas partes, iniciando pelo sistema de aquecimento de água e concluindo com a envoltória.

6.2.1 Aquecimento de água

De acordo com a fórmula 1, mantendo o nível “E” ($EqNumAA = 1$) para o sistema de aquecimento de água, ou seja, entregando as unidades somente com as esperas das instalações, o desempenho da envoltória para cada unidade deveria resultar em $EqNumEnv = 5,92$ para que a pontuação final da UH recebesse nota “A” ($PT_{UH} \geq 4,5$), já contabilizando os 0,3 adicionais pelas bonificações:

Este é um valor inatingível, visto que o máximo possível é $EqNumEnv = 5$. Então, como primeira alteração, foi definido que a edificação já deveria ser entregue com equipamento de aquecimento de água instalado.

Sabendo do não atendimento de um dos pré-requisitos de ventilação natural (item 5.2.1.2) em algumas UH's, foi definido que, para elevar a média final, o sistema de aquecimento de água deveria resultar em nível "A" ($EqNumAA = 5$).

A segunda alteração proposta foi que as tubulações de PPR que saem do aquecedor de passagem fossem envolvidas por uma camada isolante com condutividade térmica de 0,035 W/m.K de espessura de 1,0 cm, diferentemente da configuração inicial onde não havia proteção contra a perda de calor.

Não foi possível ter acesso aos dados de potência calculados pelo projetista, no entanto, no manual do proprietário, constava que o projeto de gás foi dimensionado para aquecedores com vazão de 18 L/min a 24 L/min. De acordo com a fórmula 5, utilizando uma diferença de temperatura de 20° e uma vazão de 24 L/min (1440 L/h) foi calculada a potência média para o sistema, resultando em 33,5kW.

Dada a variação permitida de 20%, poderia ser escolhido um aparelho cuja potência variasse de 26,8 kW a 40,2 kW. Na tabela resumo do Inmetro⁴, para aquecedores de passagem, foi escolhido o aparelho LZ 2500 DE, da marca Lorenzetti, por possuir tanto a vazão (23 L/min) quanto a potência (37,6 kW) dentro das faixas permitidas. Além disso, o aparelho possui a ENCE de nível "A", garantindo, também, à edificação o nível "A" ($EqNumAA = 5$) para o sistema de aquecimento de água.

6.2.2 Envoltória

Assim como para o sistema de aquecimento de água, foi feita uma análise preliminar na envoltória para servir de guia na escolha das modificações. Analisando os pré-requisitos não atendidos (itens 5.2.1.2 e 5.2.1.3), verificou-se que uma alteração na dimensão das esquadrias seria suficiente para retirar este limitante dos ambientes.

Os ambientes "Suíte" de todo empreendimento e os "Dorm. 1" das unidades 01, 02, 05 e 06, estavam todos sendo penalizados por não possuir a porcentagem mínima de área de ventilação e iluminação natural solicitada pelo regulamento. Nestes ambientes estão presentes as esquadrias J3 e J4, que serão as alteradas para enquadramento no critério.

⁴ Disponível em http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/aquecedorAgua_2015.pdf. Acessado em 25/10/2015.

Como estas esquadrias estão presentes em ambientes de áreas variadas, foram escolhidos os locais com a maior divergência entre o valor original e o solicitado, pois, assim, a alteração proposta seria suficiente para os demais casos. As maiores diferenças foram notadas nas J3 das Suítes e nas J4 dos Dorm. 1, todas das unidades 01, 02, 05 e 06. Além disto, a J3 necessitava de um aumento de área maior para atingir o pré-requisito de ventilação natural, enquanto que a J4 necessitava de uma alteração maior devido ao pré-requisito de iluminação natural. Foi calculada a diferença necessária para se atender ao pré-requisito em cada caso e então avaliado o incremento necessário. Para o cálculo da diferença foi aplicado um fator de ajuste, já que um incremento na área do vão não se transmite de forma integral para a área de ventilação (F Vent.) e nem para a área de iluminação (F Ilum). Com a diferença calculada, foi decidido manter a altura original das esquadrias (1,33m) e só modificar a largura das mesmas. As alterações nas dimensões foram 40cm na J3 e 23cm na J4, conforme tabela 15.

Tabela 15 – Correção dimensões J3 e J4

	J3	J4
Ambiente	Suíte	Dorm. 1
Área do ambiente	12,05	10,93
Área Ilum. Necessária (m²)	1,51	1,37
Área Vent. Necessária (m²)	0,96	0,87
Área Ilum. Obtida (m²)	1,33	1,14
Área Vent. Obtida (m²)	0,76	0,65
Increment. Neces. Ilum. (m²)	0,18	0,23
Increment. Neces. Vent. (m²)	0,21	0,22
F Ilum.	0,70	0,80
F Vent.	0,40	0,38
Aumento na área (m²)	0,52	0,29
Aumento largura (cm)	40 cm	23 cm

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir disso, como mostrado na tabela 12, ao se obter a área necessária a ser incrementada, foi fixado o valor original vertical da esquadria, sendo a dimensão desta somente alterada na direção horizontal.

O pré-requisito que exigia que pelo menos metade dos banheiros possuíssem ventilação natural (5.2.1.3) não pôde ser atendido, pois uma das limitações do estudo da edificação seria não alterar a disposição dos ambientes e das unidades. Com isso, o nível “B” para o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv = 4) das unidades 03, 04, 07 e 08 acaba

sendo o único limitante presente nesta etapa da avaliação. Esta condicionante implica na obrigatoriedade das unidades 01, 02, 05 e 06 possuírem desempenho mais elevado, para que, após a ponderação final, a edificação atinja o nível “A” ($PT_{UH} \geq 4,5$).

A quarta alteração feita na edificação foi a da absorvância dos revestimentos externos. Foi definido inicialmente se alterar a absorvância do quinto ao décimo quinto pavimento, onde inicialmente havia pintura branca. Valores menores que absorvância original ($\alpha = 0,2$) foram descartados, pois a cor branca já possui uma das menores absorvâncias atingíveis. Partiu-se, então, para testes com absorvâncias maiores. Foi notada uma diferença considerável no desempenho das quatro fachadas ao se alterar o valor dessa variável. Valores próximos a $\alpha = 0,30$ não demonstraram grande diferença, já valores mais altos, próximos a $\alpha = 0,50$, causavam um benefício maior na fachada sul e uma baixa no desempenho da fachada norte. Isto reflete a coerência do método, visto que uma maior absorvância significa maior retenção de calor e que a fachada sul se beneficia com isso por não receber radiação direta, ao contrário da fachada norte. Por fim, como quarta alteração na edificação, adotou-se para a absorvância o valor $\alpha = 0,4$, que aparentou ser, dentre os valores testados, o que mais trazia benefícios para a edificação como um todo.

6.2.3 Obtenção do nível “A”

Com as modificações até agora mencionadas e sendo realizada novamente a ponderação das unidades por suas respectivas áreas, a edificação obtém a pontuação final $PT = 4,49$. A tabela 3 indica que o critério para atingimento do nível “A” é que $PT \geq 4,5$, no entanto o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2013, p. 37) cita a possibilidade de arredondamento da nota final da edificação por meio da NBR 5891. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), a nota final 4,49 poderia ser arredondada para 4,5, caracterizando, assim, a edificação como possuindo nível “A” de eficiência energética.

Visando obter nível “A” sem necessitar deste arredondamento, foi decidido implementar a quinta e última alteração na edificação. A instalação de venezianas (dispositivos que cubram 100% da abertura quando fechada) em todas as esquadrias dos ambientes “Estar/Jantar” faz com que o valor da variável “somb” passe de zero ($somb = 0$) para um ($somb = 1$). Essa

mudança se reflete positivamente na pontuação final da edificação, que atinge o valor PT = 4,60 (tabela 16).

Tabela 16 – Pontuação final do projeto alterado

	Unidade 01	Unidade 02	Unidade 03	Unidade 04	Unidade 05	Unidade 06	Unidade 07	Unidade 08
Pav. 16	4,54	4,74	4,23	4,23	4,74	4,62	4,28	4,28
Pav. 15	4,60	4,71	4,28	4,28	4,73	4,69	4,47	4,47
Pav. 14	5,01	4,74	4,28	4,28	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 13	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 12	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 11	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 10	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 9	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 8	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 7	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 6	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 5	5,01	4,74	4,23	4,23	4,74	4,95	4,47	4,47
Pav. 4	4,60	4,71	4,28	4,28	4,73	4,69	4,47	4,47
Pav. 3	4,60	4,71	4,28	4,28	4,73	4,69	4,47	4,47
Pav. 2	4,60	4,71	4,28	4,28	4,73	4,69	4,47	4,47
Ponderacao Unidades	4,87	4,73	4,25	4,25	4,74	4,86	4,46	4,46
Área (m ²)	71,54	71,54	56,39	56,39	71,54	71,54	56,39	56,39
PT final	4,60							

(fonte: elaborado pelo autor)

Assim, aplicando as cinco alterações apontadas, seria possível emitir a ENCE de Projeto caracterizando a edificação como nível “A” em eficiência energética. As tabelas com os dados de entrada de cada unidade estão presentes no Apêndice A.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o grande tempo e empenho empregados na realização do trabalho foi possível adquirir um maior conhecimento da metodologia do RTQ-R e de como a preocupação em se fazer edificações mais eficientes vem se intensificando no Brasil. Seguem, então, nos próximos parágrafos, alguns itens que o autor gostaria de salientar dada a conclusão do trabalho.

Um dos principais pontos a serem ressaltados é o desenvolvimento do cálculo proposto pelo regulamento. As extensas equações de regressão múltipla, onde são calculados os parâmetros individuais dos ambientes (que compõem a nota final das unidades, e, estas, as da edificação) não são de aplicação rápida e direta por um usuário não habituado ao método. A grande complexidade e a quantidade de parâmetros presentes nas equações fazem o usuário, de certa forma, perder a palpabilidade do que está sendo calculado, sendo praticamente imprescindível o uso de recursos computacionais para a automatização do processo. Outro fator limitante para o entendimento do método é a falta de referencial teórico presente no regulamento, no que tange ao histórico de elaboração das equações. Em momento algum, no RTQ-R, foi mencionada a origem das equações, o porquê da escolha dos parâmetros presentes nas mesmas ou algum documento que expusesse a concepção da metodologia.

Uma dúvida que se fez presente no decorrer do trabalho foi o conceito dos indicadores de consumo relativo para aquecimento e refrigeração. Suas definições mencionam que o valor do consumo energético é relativo ao aquecimento e refrigeração do ambiente, ao longo de todo o ano, no período entre as 21h e as 8h. A falta de maiores detalhes sobre a concepção do método abre espaço para o questionamento da consideração, ou não, do restante do tempo do dia no cálculo. Isto poderia colocar em questão a representatividade da etiqueta para uma edificação onde nos fins de semana, por exemplo, possa se fazer necessário o uso ativo e ininterrupto de energia para a adequação das condições de conforto do ambiente.

Outro aspecto importante a ser levado em consideração é o grau de exigência imposto na implementação do método. Imposições muito severas poderiam causar uma não aderência ao método, devido à incompatibilidade com o padrão atual de construção e entrega. Na análise da edificação estudada foi visto que, sem a entrega das unidades com equipamento de

aquecimento de água instalado, seria inviável a obtenção da classificação “A” para o empreendimento. Este fato poderia levar a um abandono da aplicação de medidas mais simples que melhorariam a eficiência da edificação ao se constatar, já de início, que a mesma continuaria sendo fortemente penalizada por não atender a uma restrição até então inexistente. A proposição de metas graduais, com níveis de exigência escalonados, seria uma maneira de inserir o método no mercado, de forma que o mesmo estivesse ciente da mudança vindoura e mesmo assim não se inibisse em começar pelas pequenas melhorias.

Destaca-se, também, a necessidade de preparo do setor da construção civil para o recebimento deste “novo” modo de projetar. Primeiramente se faz necessária a capacitação de profissionais, tanto para avaliar as edificações como para operar as ferramentas necessárias a este fim, seja utilizando o método prescritivo, seja o de simulação. Esta capacitação além de operacional deve ser conceitual, haja visto que algumas mudanças são simples e praticamente irrisórias ao projeto, desde que os conceitos básicos se façam presentes ainda na etapa de concepção do mesmo.

Dois dos acontecimentos citados ao longo do trabalho são expoentes do ímpeto em criar uma base consolidada para a inserção da etiquetagem no mercado da construção. O primeiro é o surgimento do terceiro órgão de inspeção acreditado no país e o segundo é o decreto que torna obrigatório que as edificações públicas sejam certificadas com nível “A” de eficiência segundo a Etiqueta PBE Edifica. Desde o final de 2014, está embasada a obrigatoriedade de concepção e construção de edifícios públicos eficientes, dada a existência dos três candidatos a órgãos de inspeção necessários à viabilização de licitações. Isto servirá de impulso para que os setores comercial e residencial deem mais atenção ao assunto e comecem a se preparar para um futuro enquadramento como participantes compulsórios da etiquetagem.

À medida que o método se consolidar e mais profissionais passarem a empregar medidas sustentáveis ainda em etapa de projeto, a sociedade acabará por aderir, também, a práticas de consumo mais condizentes com uma conduta energeticamente consciente. Este será um grande avanço para o Brasil, país de proporções continentais, que já sofreu pela má gestão energética, e que clama por avanço. Ao fim do trabalho pôde-se perceber que é possível, sim, projetar de forma mais eficiente e que o RTQ-R pode ser um dos responsáveis por esta mudança no país.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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.

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

_____. **NBR 5891**: Regras de arredondamento na numeração decimal. Rio de Janeiro, 2014.

AULICEMIS, A.; SZOKOLAY, S.V. Thermal Confort. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE INTERNATIONAL, 1997, [S. l.]. **Notes...** [S. l.: s. n.], 2007. p. 3-p. 66. Disponível em: <<http://plea-arch.org/wp-content/uploads/PLEA-NOTE-3-THERMAL-COMFORT.pdf>>. Acesso em 13 de jun. 2015

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto nº 4.131**, de 14 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal. Diário Oficial da União, 15 de fevereiro de 2002, Seção 1. p. 1.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº 2**, de 4 de jun. de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Diário Oficial da União, 05 de junho de 2014, Seção 1, p. 103.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A.. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>>. Acesso em 13 de junho de 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2015**: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Anexo da Portaria Inmetro Nº 018/2012** Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Anexo da Portaria Inmetro Nº 50/2013** Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações - RAC. Rio de Janeiro, 2013.

LAMBERTS, R. **Planilha de cálculo do desempenho da UH**. [S. l.: s. n.], 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em 13 de jun. 2015.⁵

⁵ Foi mencionado o professor Roberto Lamberts, coordenador geral do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEEE, devido a esta instituição ter sido responsável pelo desenvolvimento da planilha.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura 3**. Ed. [S. l.: s. n.], [2013].

MASCARÓ, L. R.. **Energia na Edificação**: estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Parma, 1985.

RIVERO, R. **Acondicionamento Térmico Natural**: Arquitetura e Clima. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1986.

APÊNDICE A – Dados de entrada das unidades após as alterações que elevaram para “A” a classificação da edificação

Quadro AP1 – Planilha com os dados de entrada da unidade com final 01 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1	1
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,26	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,38	0,38	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	C	C	B
			839	1747	1723	1560
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	A	B	B
			7,532	6,337	7,542	9,917
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	18,654	15,658	14,818

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório? Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	Não	Sim	Sim
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	B	C	C	B
		3,66	4,00	3,00	3,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	B	A	B	B
		4,15	4,00	5,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP2 – Planilha com os dados de entrada da unidade com final 02 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estaf./antar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1	1
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,86
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,38	0,38	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	B	C
			531	1496	1640	2017
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B
			10,442	8,683	9,525	8,382
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	C	C	C
			0,000	17,331	15,632	15,289

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0	
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
			AI/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964	
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00	
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr	
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não	
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	B	C
		3,66	5,00	4,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	C	C	C	
	2,74	0,00	3,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP3 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 03 e 04 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44
	qpar	adimensional	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	6,77	6,48	3,21
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	2,22	1,96	4,90
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,40	0,38	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	A
			755	1137	497
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B
			9,604	8,467	10,441
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	C	Não se aplica 0,000
			13,382	17,221	

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, CTpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
		Av/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Av/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
	Envoltória para Verão	B	A	B	A
		3,66	5,00	4,00	5,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	C	Não se aplica 0,00	
	2,74	3,00	3,00		

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP4 – Planilha com os dados de entrada da unidade com final 05 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estaf./antar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1	1
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	5,00	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	B	C
			531	1528	1472	1852
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B
			10,442	8,594	9,436	8,382
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	C	C	C
			0,000	17,431	15,702	15,282

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0	
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
			AI/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964	
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00	
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr	
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não	
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	B	C
		3,66	5,00	4,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	C	C	C	
	2,74	0,00	3,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP5 – Planilha com os dados de entrada da unidade com final 06 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1	1
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	4,26	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	C	B	B
			839	1783	1543	1395
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	A	B	B
			7,532	6,248	7,453	9,917
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	18,717	15,720	14,811

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, CTpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório? Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	Não	Sim	Sim
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744
	Av/Auamb (%)		8,14	10,86	8,00	8,00
	Atende % mínima?		Sim	Sim	Sim	Sim
	Tipo de abertura		De correr	De correr	De correr	De correr
	Abertura passível de fechamento?		Sim	Sim	Sim	Sim
	ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? Atende?		Não	Não	Não	Não
			Sim	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	B	C	B	B
		3,66	4,00	3,00	4,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	B	A	B	B
		4,15	4,00	5,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP6 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 07 e 08 da cobertura

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,07	1,07	1,07
	CTcob	kJ/m ² .K	328,59	328,59	328,59
	αcob	adimensional	0,20	0,20	0,20
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	1	1	1
	NORTE	m ²	6,77	6,48	3,21
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	2,22	1,96	4,90
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,40	0,46	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	B	A
			974	1303	803
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	A	B
			7,228	6,036	7,703
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	Não se aplica
			14,683	18,569	0,000

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ct cob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
		Ai/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Av/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
	Envoltória para Verão	B	B	B	A
		3,66	4,00	4,00	5,00
	Envoltória para Inverno	B	B	A	B
	4,15	4,00	5,00	4,00	
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	D	Não se aplica	
	2,74	3,00	2,00	0,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP7 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 01 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	C	C	C
			1019	1861	1838	1730
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A	A	A	B
			5,437	4,153	5,358	7,822
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	20,523	17,605	16,733

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	B	C	C	C
		3,66	4,00	3,00	3,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	A	A	A	B
		4,15	5,00	5,00	5,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP8 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 02 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estaf./antar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	qpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	5,00	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	C	C
			711	1605	1755	2187
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	A
			8,347	6,499	7,341	6,287
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	19,238	17,594	17,203

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0	
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
			AI/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964	
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00	
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr	
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não	
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	C	C
		3,66	5,00	4,00	3,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	A
		4,15	4,00	4,00	4,00	5,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP9 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 03 e 04 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44
	qpar	adimensional	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	6,77	6,48	3,21
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	2,22	1,96	4,90
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,40	0,46	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	B	A
			925	1246	673
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	A	B
			7,508	6,282	8,346
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	Não se aplica 0,000
			15,291	19,130	

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, CTpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0
		Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
	Iluminação Natural	Av/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
		Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Av/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
	Ventilação Natural	Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não
Atende?		Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
	Envoltória para Verão	B	B	B	A
		3,66	4,00	4,00	5,00
	Envoltória para Inverno	B	B	A	B
		4,15	4,00	5,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	D	Não se aplica 0,00	
	2,74	3,00	2,00		

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP10 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 05 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estaf./antar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	qpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	5,00	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	C	B	C
			711	1695	1642	2022
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	A
			8,347	6,499	7,341	6,287
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	19,238	17,587	17,197

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625
	Ai/Auamb (%)		18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	C	B	C
		3,66	5,00	3,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	A
		4,15	4,00	4,00	4,00	5,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP11 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 06 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	4,26	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	C	C	B
			1019	1950	1713	1566
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A	A	A	B
			5,437	4,153	5,358	7,822
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	20,523	17,605	16,726

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, CTpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	B	C	C	B
		3,66	4,00	3,00	3,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	A	A	A	B
		4,15	5,00	5,00	5,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP12 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 07 e 08 revestidas com pastilha

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,02	2,02	2,02
	CTpar	kJ/m ² .K	207,44	207,44	207,44
	αpar	adimensional	0,60	0,60	0,60
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	6,77	6,48	3,21
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	2,22	1,96	4,90
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,40	0,46	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	B	B
			1144	1470	979
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A	A	A
			5,133	3,941	5,608
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	Não se aplica
			16,591	20,377	0,000

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ct cob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
		Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	Não	Não	Não
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
		Ai/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Ai/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente			
	Envoltória para Verão	B	B	B
		3,66	4,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	A	A
		4,15	5,00	5,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	D	
	2,74	3,00	2,00	
			Não se aplica	
			0,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP13 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 01 revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72	192,72
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,26	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	B	B
			797	1610	1518	1427
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A	A	A	B
			6,047	4,776	6,051	8,515
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	19,317	16,397	15,474

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	B	B
		3,66	5,00	4,00	4,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	A	A	A	B
		4,15	5,00	5,00	5,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP14 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 02 revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72	192,72
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,86
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	5,00	8,92
	OESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	B	C
			505	1373	1487	1850
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B
			8,961	7,126	8,073	6,973
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	18,004	16,321	15,995

Pré-requisitos por ambiente							
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim	
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0	
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
			AI/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964	
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00	
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr	
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim	
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não	
		Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	B	C
		3,66	5,00	4,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP15 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 03 e 04 revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72
	qpar	adimensional	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	6,77	6,48	3,21
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	2,22	1,96	4,90
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	Fvent	adimensional	0,40	0,46	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	A
			715	1036	468
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B
			8,168	6,937	8,947
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C	D	Não se aplica 0,000
			14,046	17,887	

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, CTpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0
		Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
	Iluminação Natural	Av/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
		Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Av/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
	Ventilação Natural	Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não
Atende?		Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
	Envoltória para Verão	B	A	B	A
		3,66	5,00	4,00	5,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	C	D	Não se aplica 0,00	
	2,74	3,00	2,00		

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP16 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 05
revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar./Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72	192,72
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	8,88
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	4,01	4,73	11,11	0,00
	LESTE	m ²	0,00	4,28	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	5,00	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	6,22	1,96	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	1,96	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	B	B	C
			505	1445	1396	1722
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B	B
			8,961	7,126	8,073	6,973
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	18,004	16,314	15,988

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação (m ²)	4,406	1,36625	1,36625
	Ai/Auamb (%)		18,31	16,97	12,50	12,50
	Atende 12,5%?		Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	B	B	C
		3,66	5,00	4,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	B	B	B	B	B
		4,15	4,00	4,00	4,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP17 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 06 revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Estar/Jantar	Dom. 2	Dom. 1	Suíte
	Área útil do APP	m ²	24,06	8,05	10,93	12,05
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72	192,72
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0	0
	NORTE	m ²	4,01	4,73	9,15	0,00
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	8,66
	LESTE	m ²	0,00	4,26	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	6,96	8,92
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	6,22	1,96	1,96	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00	2,22
	Fvent	adimensional	0,31	0,46	0,46	0,40
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	34,25	19,13	20,86	18,14
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,110	0,329	0,242	0,220
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0	0
	vid	binário	0	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	C	B	B
			797	1681	1422	1300
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A	A	A	B
			6,047	4,776	6,051	8,515
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	Não se aplica	D	C	C
			0,000	19,317	16,397	15,467

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	Sim
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	4,406	1,36625	1,36625	1,50625
		Ai/Auamb (%)	18,31	16,97	12,50	12,50
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	1,958	0,8744	0,8744	0,964
		Av/Auamb (%)	8,14	10,86	8,00	8,00
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr	De correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	Sim	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não	Não	Não	Não
	Atende?	Sim	Sim	Sim	Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente					
	Envoltória para Verão	B	A	C	B	B
		3,66	5,00	3,00	4,00	4,00
	Envoltória para Inverno	B	A	A	A	B
		4,15	5,00	5,00	5,00	4,00
Envoltória se Refrigeração Artificialmente	C	Não se aplica	D	C	C	
	2,74	0,00	2,00	3,00	3,00	

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

Quadro AP18 – Planilha com os dados de entrada das unidades com final 07 e 08 revestidas com reboco pintado

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Dom. 1	Estar/Jantar
	Área útil do APP	m ²	11,81	8,09	18,86
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0	0	0
	Contato com solo	adimensional	0	0	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	CTcob	kJ/m ² .K	0,00	0,00	0,00
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,07	2,07	2,07
	CTpar	kJ/m ² .K	192,72	192,72	192,72
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	6,77	6,48	3,21
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	2,22	1,96	4,90
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	OESTE	m ²	0,00	0,00	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,40	0,46	0,30
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	18,95	22,96	23,24
	Pé Direito	m	2,65	2,65	2,65
	C altura	adimensional	0,224	0,328	0,141
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B	B	A
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	907	1235	761
			A	A	A
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	5,786	4,590	6,206
			C	D	Não se aplica 0,000

Pré-requisitos por ambiente					
Pré Requisitos da Envolória	Paredes externas	Upar, Ctpar e qpar atendem?	Sim	Sim	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?	0	0	0
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m ²]	1,50625	1,36625	3,338
		Ai/Auamb (%)	12,75	16,89	17,70
		Atende 12,5%?	Sim	Sim	Sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,964	0,8744	1,51
		Av/Auamb (%)	8,16	10,81	8,01
		Atende % mínima?	Sim	Sim	Sim
		Tipo de abertura	De correr	De correr	De correr
Abertura passível de fechamento?		Sim	Sim	Sim	
ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?		Não	Não	Não	
Atende?	Sim	Sim	Sim		

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente				
	Envolória para Verão	B	B	B	A
		3,66	4,00	4,00	5,00
	Envolória para Inverno	B	A	A	A
4,15		5,00	5,00	5,00	
Envolória se Refrigeração Artificialmente	C	C	D	Não se aplica 0,00	
	2,74	3,00	2,00		

(fonte: LAMBERTS, 2014, Conjunto de Planilhas Microsoft Excel®)

**ANEXO A – Nível de Eficiência da Edificação quando Ventilada
Naturalmente ou Condicionada Artificialmente**

ANEXO A – NÍVEL DE EFICIÊNCIA QUANDO VENTILADA NATURALMENTE OU CONDICIONADA ARTIFICIALMENTE

A metodologia empregada na análise da eficiência da edificação quando ventilada naturalmente ou condicionada artificialmente será baseada no RTQ-R, Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012), sendo o caminho, as equações e as observações presentes no Anexo I todos oriundos deste documento.

As seguintes variáveis são utilizadas para o cálculo dos indicadores de graus-hora e consumo relativo para a determinação do equivalente numérico da Zona Bioclimática 3. Todas as equações deste anexo utilizam as mesmas variáveis, que estarão listadas e definidas ao final deste anexo.

A1 EFICIÊNCIA QUANDO NATURALMENTE VENTILADA

Segue abaixo procedimento para o cálculo da eficiência da edificação quando naturalmente ventilada.

A1.1 Cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento:

A partir das características da edificação pode ser calculado seu indicador de graus-hora (G_R) a partir da fórmula A1 e dos coeficientes listados na tabela A1.

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (a) + (b \times CT_{baixa}) + (c \times \alpha_{cob}) + (d \times \text{somb}) + (e \times \text{solo} \times AU_{amb}) & \text{(fórmula A1)} \\
 & + (f \times \alpha_{par}) + (g \times PD/AU_{amb}) + (h \times CT_{cob}) + (i \times Ab_S) \\
 & + (j \times AP_{ambL} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (k \times A_{parInt} \times CT_{par}) + (l \times \text{solo}) \\
 & + (m \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times \text{cob} \times AU_{amb}) + (n \times F_{vent}) + (o \times AU_{amb}) + (p \times \text{Som}A_{par}) \\
 & + (q \times AAb_O \times (1-\text{somb})) + (r \times AAb_L \times F_{vent}) + (s \times CT_{par}) \\
 & + (t \times AAb_S \times (1-\text{somb})) + (u \times AP_{ambN} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (v \times \text{pil}) \\
 & + (w \times P_{ambo}) + (x \times AAb_N \times \text{somb}) + (y \times Ab_N) + (z \times P_{ambN}) \\
 & + (aa \times AP_{ambN}) + [ab \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (ac \times \text{cob} \times AU_{amb}) \\
 & + (ad \times CT_{alta}) + (ae \times U_{cob}) + (af \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (ag \times P_{ambL}) \\
 & + (ah \times A_{parInt}) + (ai \times PD \times AU_{amb}) + (aj \times P_{ambS}) + (ak \times AAb_S \times F_{vent}) \\
 & + (al \times AAb_O \times F_{vent}) + (am \times AAb_N \times F_{vent}) + (an \times AP_{ambO} \times U_{par} \times \alpha_{par}) \\
 & + (ao \times AP_{ambS}) + (ap \times AAb_N \times (1-\text{somb}))
 \end{aligned}$$

Tabela A1 – Coeficientes para o cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 44)

A1.2 Cálculo do consumo relativo para aquecimento

A partir das características da edificação pode ser calculado seu consumo relativo para aquecimento (C_A) a partir da fórmula A1 e dos coeficientes listados na tabela A1.

$$C_A = [(a) + (b \times CT_{par}) + (c \times AU_{amb}) + (d \times P_{ambS}) + (e \times CT_{baixa}) + (f \times solo) + (g \times pil) + (h \times U_{cob}) + (i \times \alpha_{par}) + (j \times CT_{cob}) + (k \times SomA_{par}) + (l \times AAb_S) + (m \times Ab_N) + [n \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (o \times CT_{alta}) + (p \times U_{par}) + (q \times F_{vent}) + (r \times cob) + (s \times \alpha_{cob}) + (t \times PD) + (u \times SomA_{parExt} \times CT_{par}) + (v \times AP_{ambN} \times \alpha_{par}) + (w \times AP_{ambS} \times \alpha_{par}) + (x \times PD/AU_{amb})]/1000 \quad (\text{fórmula A2})$$

Tabela A2 – Coeficientes para o cálculo do indicador de consumo para aquecimento

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 45)

A1.3 Determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento

A partir dos resultados das fórmulas A1 e A2 é atribuído um equivalente numérico para cada um dos parâmetros, conforme tabelas A3 e A4 respectivamente.

Tabela A3 – Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 45)

Tabela A4 – Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA;
QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 45)

A2 EFICIÊNCIA QUANDO CONDICIONADA ARTIFICIALMENTE

Segue abaixo procedimento para o cálculo da eficiência da edificação quando condicionada artificialmente.

A2.1 Cálculo do consumo relativo para refrigeração

A partir das características da edificação pode ser calculado consumo relativo para refrigeração (C_R) a partir da fórmula A5 e dos coeficientes listados na tabela A5.

$$\begin{aligned}
 C_R = & [(a) + (b \times PD/AU_{amb}) + (c \times CT_{baixa}) + (d \times solo) + (e \times \alpha_{par}) & \text{(fórmula A5)} \\
 & + (f \times CT_{cob}) + (g \times somb) + (h \times Ab_S) + (i \times AU_{amb}) \\
 & + (j \times SomA_{parExt} \times CT_{par}) + (k \times pil) + (l \times cob) \\
 & + (m \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + [n \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] \\
 & + (o \times cob \times AU_{amb}) + (p \times Ab_N) + [q \times (U_{par} \times \alpha_{par}/CT_{par}) \times SomA_{par}] \\
 & + (r \times SomA_{par}) + (s \times \alpha_{cob}) + (t \times AAb_N \times somb) + (u \times AAb_S \times F_{vent}) \\
 & + (v \times AAb_L \times F_{vent}) + (w \times AAb_O \times F_{vent}) + (x \times AAb_S) + (y \times P_{ambS}) \\
 & + (z \times AP_{ambS} \times U_{par} \times \alpha_{par}) + (aa \times AP_{ambS} \times \alpha_{par}) + (ab \times AAb_N \times F_{vent}) \\
 & + (ac \times AAb_N \times (1-somb))/1000
 \end{aligned}$$

Tabela A5 – Coeficientes para o cálculo do indicador de consumo relativo para refrigeração

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 58)

A2.2 Determinação do Equivalente Numérico dos Ambientes para Refrigeração

A partir do resultado da fórmula A5 é atribuído um equivalente numérico conforme a tabela A6.

Tabela A4 – Equivalente numérico da envoltória do ambiente acondicionado artificialmente para refrigeração

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

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2012, p. 58)

Onde:

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

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

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

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

AA_{BL} (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste;

AA_{bN} (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Norte;

AA_{bo} (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Oeste;

AA_{bs} (m): área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Sul;

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

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

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

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

A_{parInt} (m²): área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas;

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

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

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

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

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

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

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

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

CT_{baixa} [kJ/(m K)]: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das

paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. Para este RTQ é considerada capacidade térmica baixa valores abaixo de 50 kJ/m²K. Se o ambiente possuir fechamentos com capacidade térmica baixa o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero);

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

solo: variável binária que define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno). Se o piso estiver em contato com o solo o valor deve ser 1 (um), se não estiver, o

valor deve ser 0 (zero) . Para ambientes que possuem parte do piso em contato com o solo, a variável “solo” será:

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

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

- *somb*: variável que define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas. Os valores possíveis são: *somb* = 0 (zero), quando não houver dispositivos de proteção solar;
- *somb* = 1 (um), quando houver venezianas que cubram 100% da abertura quando fechada;
- $0 < \text{somb} \leq 0,5$ (de zero a zero vírgula cinco), para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal;
- *somb* = 0,2 (zero vírgula dois) para ambientes com sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal, desde que os ângulos de sombreamento α e γ atendam aos limites de ângulo mínimos para Norte, Sul, Leste e Oeste estabelecidos pelas seguintes equações:
 - Limite para α ou γ Norte = $23,5^\circ + \text{Lat}$
 - Limite para α ou γ Sul = $23,5^\circ + \text{Lat}$
 - Limite para α ou γ Leste e Oeste = 45°

Sendo:

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

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

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

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

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

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

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

vid: variável binária que indica a existência de vidro duplo no ambiente. Se o ambiente possuir vidro duplo o valor deve ser 1 (um), se não possuir, o valor deve ser 0 (zero); volume (m^3): volume do ambiente, obtido através da multiplicação entre o pé-direito e a área útil do ambiente.