

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE
CONSTRUÍDO**

**ANÁLISE DE PROJETO ARQUITETÔNICO
PELO RTQ-R NA CIDADE DE SÃO JOÃO
NEPOMUCENO - MG**

Thalita Reis de Mattos

Belo Horizonte

2018

Thalita Reis de Mattos

**ANÁLISE DE PROJETO ARQUITETÔNICO
PELO RTQ-R NA CIDADE DE SÃO JOÃO
NEPOMUCENO - MG**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Roberta Vieira Gonçalves de Souza
Coorientadora: Ana Carolina de Oliveira Veloso

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e irmão, pelo apoio durante toda a minha caminhada profissional, sempre apoiando as minhas escolhas e incentivando os estudos. Agradeço à Roberta, orientadora paciente, que acreditou em mim e mesmo depois de tantas idas e vindas sempre esteve disposta a me orientar. À Ana Carolina e ao Caio por acreditarem em mim e por não me deixarem desistir. Agradeço também à Carolina pela disponibilidade para responder minhas inúmeras dúvidas e ajuda na conferência dos dados. À madrinha Cláudia, obrigada por corrigir este trabalho com tanto carinho. E ao Labcon UFMG, por ter me mostrado a importância da sustentabilidade e da eficiência energética lá no início da minha formação acadêmica e por sempre ter as portas abertas aos ex-alunos e bolsistas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	VII
1 JUSTIFICATIVA	1
2 OBJETIVO.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO	5
3.2 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (RTQ-R)	5
3.2.1 <i>Pré-requisito geral</i>	6
3.2.2 <i>Procedimentos para determinação da eficiência</i>	6
3.2.3 <i>Unidades Habitacionais Autônomas</i>	8
4 ESTUDO DE CASO	18
4.1 APRESENTANDO A EDIFICAÇÃO.....	18
5 RESULTADOS	22
5.1 ANÁLISE DO EMPREENDIMENTO PELO RTQ-R.....	22
5.2 PRÉ-REQUISITOS GERAIS.....	23
5.3 UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS.....	23
5.3.1 <i>Envoltória e Pré-requisitos dos ambientes</i>	23
5.4 MELHORIAS PROPOSTAS	42
5.4.1 <i>Troca de esquadrias</i>	43

5.4.2	<i>Manta de Isolamento térmico</i>	45
5.4.3	<i>Aquecedor Solar</i>	46
5.4.4	<i>Pontuação Total</i>	49
5.5	PAYBACKS	50
5.5.1	<i>Investimento para alterações feitas na envoltória</i>	50
5.5.2	<i>Tempo de retorno para implantação de aquecimento solar com backup elétrico</i>	50
6	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO A – Planilha de Cálculo do RTQ-R	54
	ANEXO B – Dimensionamento de sistema solar de aquecimento de água, segundo RTQ-R	61
	ANEXO C – PLANILHA DE CÁLCULO DO RTQ-R COM MODIFICAÇÕES SUGERIDAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: ENCE geral de Projeto para UHs.....	8
Figura 2: Fachada frontal.....	18
Figura 3: Fachada fundos	19
Figura 4: Planta primeiro pavimento	20
Figura 5: Planta segundo pavimento	20
Figura 6: Corte A-A.....	21
Figura 7: Corte B-B	21
Figura 8: ZBBR - Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros	22
Figura 9 : Identificação dos ambientes de permanência prolongada do 1° pavimento	24
Figura 10: Identificação dos ambientes de permanência prolongada do 2° pavimento	24
Figura 11: Características da cobertura	25
Figura 12: Absortância Térmica Cobertura	26
Figura 13: Características térmicas das paredes externas.....	26
Figura 14: Referência de tinta utilizadas	27
Figura 15: Janelas instaladas na edificação	29
Figura 16: Portas instaladas na edificação.....	30
Figura 17: Ângulos de proteção solar mínimos para as fachadas Norte, Leste e Oeste	32
Figura 18: Ângulos β de sombreamento.....	33
Figura 19: Ângulos γ de sombreamento	33
Figura 20: Ângulos α de sombreamento.....	34
Figura 21: Temperatura média mínima em Juiz de Fora entre os anos de 1981-2010.....	37
Figura 22: Modelo de janela proposto	43
Figura 23: Ângulo α de sombreamento	44
Figura 24: Manta Térmica Foil.....	45
Figura 25: Composição da cobertura.....	46
Figura 26: Estudo sombreamento no Equinócio	47
Figura 27: Estudo sombreamento no Solstício de Inverno.....	47
Figura 28: Estudo sombreamento no Solstício de Verão	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição Setorial do Consumo de Eletricidade	1
Tabela 2: Consumo Residencial de Eletricidade	2
Tabela 3: Coeficiente da equação	7
Tabela 4: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.....	7
Tabela 5: Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas)	10
Tabela 6: Absortância (α) de revestimentos de paredes e coberturas (tintas)	10
Tabela 7: Pré-requisitos de absortância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas	11
Tabela 8: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente ...	11
Tabela 9: Constantes da Equação 5	13
Tabela 10: Constantes da Equação 6	13
Tabela 11: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento (a) e para aquecimento (b) – ZB3	14
Tabela 12: Constantes da Equação 8	15
Tabela 13: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração - ZB3	15
Tabela 14: Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água	16
Tabela 15: Áreas úteis dos APPs.....	25
Tabela 16: Áreas de paredes externas dos ambientes.....	28
Tabela 17: Áreas de paredes externas dos ambientes.....	28
Tabela 18: Características das aberturas.....	29
Tabela 19: Porcentagem de abertura para ventilação natural	31
Tabela 20: Cálculo da área de janela em relação a de piso	31
Tabela 21: Ângulos de sombreamento e cálculo do Somb.....	34
Tabela 22: Áreas de paredes internas	35
Tabela 23: Porcentagens de Ventilação e Iluminação Natural	36
Tabela 24: Área total de fachada separada por orientação	38
Tabela 25: Cálculo da bonificação de profundidade	39
Tabela 26: Pontuação Total da UH	41
Tabela 27: Classificação Final da UH	42
Tabela 28: Características das aberturas.....	43
Tabela 29: Pontuação Total da UH	49
Tabela 30: Classificação final da UH.....	49

Tabela 31: Consumo médio do chuveiro elétrico50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

α – Absortância

α, β, γ – Ângulos de sombreamento, respectivamente, alfa, beta e gama

α_{cob} (adimensional): absortância da superfície externa da cobertura

α_{par} (adimensional): absortância externa das paredes externas

AAbL (m) - Área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Leste

AAbN (m) - Área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Norte

AAbO (m) - Área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Oeste

AAbs (m) - Área de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para o Sul

AATVL - Área total de abertura para ventilação na fachada leste de todos os ambientes

AATVN - Área total de abertura para ventilação na fachada norte de todos os ambientes

AATVO - Área total de abertura para ventilação na fachada oeste de todos os ambientes

AATVS - Área total de abertura para ventilação na fachada sul de todos os ambientes

Ab_L - Variável binária que define a existência de abertura voltada para o Leste

Ab_N - Variável binária que define a existência de abertura voltada para o Norte

Ab_O - Variável binária que define a existência de abertura voltada para o Oeste

Abs - Variável binária que define a existência de abertura voltada para o Sul

A_J – Área da janela

A_P – Área de piso

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

APP – Área de permanência prolongada

ARSAE - Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário do Estado de MG

ATFL - Área total de fachada na direção leste de todos os ambientes

ATFN – Área total de fachada na direção norte de todos os ambientes

ATFO - Área total de fachada na direção oeste de todos os ambientes

ATFS - Área total de fachada na direção sul de todos os ambientes

AU_{amb} - Área útil do ambiente (m²)

BEN - Balanço Energético Nacional

BL. - Bloco

C_A - Consumo relativo para aquecimento (kWh/m²)

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

vii

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

cob - variável que define se o ambiente possui fechamento superior voltada para o exterior (cobertura)

COP - Coeficiente de Performance (W/W)

C_R – Consumo relativo anual para refrigeração

CT - Capacidade térmica [kJ/(m²K)]

CT_{alta} e CT_{baixa} - Variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta ou baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas [kJ/(m²K)]

CT_{cob} - Capacidade térmica da cobertura [kJ/(m²K)]

CT_{par} - média ponderada da capacidade térmica das paredes externas e internas do ambiente pelas respectivas áreas [kJ/(m²K)]

cv – cavalo-vapor

DAE – Departamento de Água e Esgoto

D_{média} (m) – Média de todas as viagens feitas pelo elevador em um dia, metade da altura de levantamento

D_{nominal} (m) – Distância nominal percorrida pelo elevador

EJ – Estar/Jantar

E - Estar

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EqNum - Equivalente numérico

EqNumAA – Equivalente Numérico do sistema de Aquecimento de Água

EqNumB - Equivalente numérico das bombas centrífugas

EqNumElev - Equivalente numérico dos elevadores

EqNumEnv – Equivalente Numérico da Envoltória

EqNumEnvAmb - Equivalente numérico da envoltória do ambiente

EqNumEnvAmb_A- Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento

EqNumEnvAmb_{Resf} - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento

EqNumEnvAmb_{Resfrig} - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para refrigeração

EqNumEnv_A - Equivalente numérico da envoltória para aquecimento

EqNumEnv_{Refrig} - Equivalente numérico da envoltória para refrigeração

EqNumEnv_{Resfr} - Equivalente numérico da envoltória para resfriamento

EqNumEq – Equivalente numérico dos equipamentos

EqNumIllum - Equivalente numérico do sistema de iluminação artificial

EqNumS – Equivalente numérico da sauna

E_{ano} (Wh) – Demanda energética anual

viii

$E_{\text{elevador,especific}}$ (Wh) – Demanda específica do elevador

E_{espera} (Wh) – Demanda energética diária para espera

E_{total} (Wh) – Soma da demanda de viagem e de espera

E_{viagem} (Wh) – Demanda energética diária para viagem

$E_{\text{viagem,especific}}$ (mWh/kg.m) – Demanda energética específica durante a viagem

F_{vent} (adimensional) - Fator das aberturas para ventilação: valor adimensional proporcional à abertura para ventilação em relação a abertura do vão

GH_R - Indicador de graus-hora para resfriamento

GLP – Gás de petróleo liquefeito

ha - Distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos

INCC - Índice Nacional de Custo da Construção

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

LED – Diodo emissor de luz (*Light-emitting diode*)

m.c.a. – Metros de coluna de água

OIA - Organismo de Inspeção Acreditado

P - Profundidade do ambiente (m)

PAA - Potência instalada para aquecimento de água

P_{ambL} (m) - Variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Leste

P_{ambN} (m) - Variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Norte

P_{ambO} (m) - Variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Oeste

P_{ambS} (m) - Variável binária que indica a existência de parede externa do ambiente voltada para o Sul

Pavto./PAV. - Pavimento

PBE Edifica - Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações

PB - Potência instalada para bombas centrífugas

PD – Pé direito

PEq - Potência instalada para equipamentos

P_{espera} (W) – Demanda energética total do elevador em modo de espera

pil: variável binária que define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis

PIlum - Potência instalada para iluminação

PS - Potência instalada para a sauna

PT – Pontuação Total

PT_{AC} - Pontuação Total da Área Comum

PT_{UH} – Pontuação Total da Unidade Habitacional

PROEMPI - Associação das Empresas e Profissionais do Setor Imobiliário de Jundiaí e Região

Q₁ – Quarto 1

Q₂ – Quarto 2

Q₃ – Quarto 3

R_T - Resistência térmica total [(m²K)/W]

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

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

solo - Variável binária que define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terraço)

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

T_{espera} (h) – Tempo de espera diário do elevador

T_{viagem} (h) – Tempo de uso diário do elevador

U - Transmitância térmica [W/(m² K)]

U_{cob} - Transmitância térmica da cobertura [W/(m² K)]

U_{par} - Transmitância térmica das paredes externas [W/(m² K)]

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UH - Unidade Habitacional

VDI – Associação dos engenheiros alemães (sigla em alemão)

ZB – Zona Bioclimática

1 JUSTIFICATIVA

O grande aumento no consumo energético ocasionado pelo desenvolvimento econômico tornou a gestão de energia um dos principais desafios desde então. Em 2001, o Brasil teve a sua primeira crise energética que resultou em políticas voltadas para redução do consumo.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2017), feito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), um dos principais consumidores de energia elétrica é o setor residencial, perdendo apenas para as indústrias. Como pode ser visto na Tabela 1, retirada do relatório final do BEM referente ao ano de 2017, este setor vem apresentando crescimento do consumo e no ano último ano representou 25,6% do consumo total de energia elétrica no país.

Tabela 1: Composição Setorial do Consumo de Eletricidade

SETORES	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	%
SECTORS											
CONSUMO FINAL (10 ³ tep)	35.443	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.373	46.005	45.096	44.705	FINAL CONSUMPTION (10 ³ toe)
SETOR ENERGÉTICO	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,8	5,8	6,1	5,7	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	24,7	25,0	25,6	RESIDENTIAL
COMERCIAL	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,4	16,9	17,4	17,2	COMMERCIAL
PÚBLICO	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	8,5	8,3	8,3	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,6	5,0	5,1	5,3	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	TRANSPORTATION
INDUSTRIAL	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	38,7	37,7	37,6	INDUSTRIAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: EPE (BRASIL, 2018).

Ainda dentro do setor residencial, de acordo com a Tabela 2, a Região Sudeste é responsável pelo consumo de quase 50% da energia elétrica consumida.

Tabela 2: Consumo Residencial de Eletricidade

REGIÃO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	REGION
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL
NORTE	5,2	5,3	5,2	5,5	5,5	5,7	5,9	6,4	6,9	7,1	NORTH
NORDESTE	16,3	17,3	17,7	18,0	18,0	18,2	19,2	19,2	19,9	20,2	NORTHEAST
SUDESTE	54,5	53,9	53,6	52,9	53,0	52,4	51,2	50,1	49,3	48,8	SOUTHEAST
SUL	16,5	16,2	16,1	16,0	15,8	15,9	15,7	16,1	15,5	15,6	SOUTH
CENTRO-OESTE	7,5	7,4	7,4	7,7	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	8,3	CENTER-WEST

Fonte: EPE (BRASIL, 2018).

Com a crise de energia sofrida no Brasil em 2001, viu-se a necessidade de criação de indicadores técnicos e regulamentação específica para estabelecer níveis de eficiência no país o que resultou na publicação da Lei nº 10.295/2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação de Uso Racional de Energia, visando a alocação de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Tal política é regulamentada pelo Decreto nº 4059/2001, o qual estabelece níveis máximos e mínimos de eficiência energética de energia elétrica para vários produtos, inclusive as edificações construídas.

Em 2003, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) lançou um subprograma destinado para a eficiência energética em edificações: o Procel Edifica. Por meio deste, a Eletrobrás, em parceria com o Inmetro, lançaram em 2009 o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) e em 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Ambos definem parâmetros a serem seguidos pelas edificações, que ao final da análise recebem uma classificação de A a E, na qual A é o nível mais eficiente energeticamente e E é o menos eficiente.

Apesar dos nove anos transcorridos da criação dos regulamentos, considera-se que o mercado construtivo ainda precisa se “adaptar ao conceito de eficiência de um edifício: os arquitetos, com os parâmetros de projeto; os profissionais envolvidos com a construção civil com o registro de informações e documentos ao longo da obra; os fornecedores de materiais, com a uniformização da linguagem e parâmetros de especificação técnica de seus produtos; as agências financiadoras da construção, com os próprios conceitos de eficiência; e o público em

geral, com a etiqueta de eficiência e seu significado (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE)” (CARLO; LAMBERTS, 2010).

Como arquiteta atuante no mercado residencial, neste trabalho propus a aplicação do RTQ-R em uma edificação projetada por mim para avaliar o desempenho energético da mesma. Após avaliação do resultado sugeri intervenções para melhorar a classificação final encontrada e, conseqüentemente, obter mais conforto para o seu usuário.

2 OBJETIVO

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é avaliar a eficiência energética de um projeto arquitetônico residencial unifamiliar, localizado em São João Nepomuceno – MG, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R.

2.2 *Objetivos específicos*

Como objetivos específicos, temos o entendimento de várias variáveis e do processo de certificação da edificação segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R – e a verificação de sua classificação de acordo com a mesma.

Após o processo de avaliação do nível de classificação obtido, propõem-se alterações que melhorem o nível de eficiência, mas que não modifiquem o conceito do projeto arquitetônico.

Por fim, mensura-se qual seria o investimento no custo da obra para execução das melhorias propostas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

O Zoneamento Bioclimático é o resultado geográfico do cruzamento de três dados: zonas de conforto térmico humano, dados objetivos climáticos e estratégias de projeto e construção para atingir o conforto térmico. Em todo o Brasil existem 8 tipos de Zonas.

Uma vez que a edificação em estudo está localizada na ZB3, listarei apenas as diretrizes relativas á esta:

- Aberturas para ventilação de tamanho médio;
- Sombreamento das aberturas devem permitir a entrada de sol durante o inverno;
- Paredes externas devem ser leves e refletoras e
- Coberturas devem ser leves e isoladas.

Como estratégias de condicionamento passivo têm-se ventilação cruzada no verão, aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica) para o inverno.

3.2 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)

O RTQ-R apresenta requisitos para classificação da eficiência energética de unidades habitacionais de acordo com a Zona Bioclimática e a região geográfica em que as edificações se localizam.

Essa avaliação possibilita obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) expedida por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro e pode ser requisitada na etapa de projeto e/ou de edificação construída.

O regulamento tem caráter voluntário visando preparar o mercado construtivo a assimilar a metodologia de classificação e obtenção da etiqueta e pode ser feito através de dois métodos: método prescritivo ou método de simulação computacional. Neles são avaliadas as Unidades

Habitacionais Autônomas, as Edificações Unifamiliares, as Edificações Multifamiliares e as Áreas de Uso Comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais.

3.2.1 Pré-requisito geral

De acordo com o RTQ-R (BRASIL, 2010): “Para obtenção dos níveis de eficiência A e B, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, a UH deve possuir medição individualizada de eletricidade e água”.

O não atendimento deste pré-requisito implica que a classificação seja no máximo nível C mesmo que a avaliação dos sistemas individuais indique nível de eficiência A.

3.2.2 Procedimentos para determinação da eficiência

A etiquetagem de eficiência energética para edificações unifamiliares é feita avaliando-se os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento da água e eventuais bonificações.

Esses itens são avaliados separadamente e os resultados são combinados na equação abaixo que varia de acordo com a Zona Bioclimática em que se encontra a edificação.

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

Equação 1 – pontuação total do nível de eficiência da UH

Onde:

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

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

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente, e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

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

Sendo que o coeficiente a varia de acordo com a Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Coeficiente da equação

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

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

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Já o EqNumEnv está dividido em equivalente numérico da envoltória para resfriamento (EqNumEnvResf), aquecimento (EqNumEnvA) e refrigeração (EqNumEnvRefrig).

Há cinco níveis de eficiência: nível A (mais eficiente), B, C, D e E (menos eficiente). Na tabela abaixo, tem-se a equivalência da pontuação obtida e do nível de eficiência (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: RTQ-R (BRASIL, 2012).

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

Figura 1: ENCE geral de Projeto para UHs



Fonte: BRASIL, 2013.

3.2.3 Unidades Habitacionais Autônomas

3.2.3.1 Envoltória

Pré-requisitos da Envoltória

Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das superfícies

Na envoltória, os pré-requisitos são avaliados em cada ambiente separadamente e as características requisitadas pelo RTQ-R dos componentes construtivos são: Transmitância Térmica (U), Capacidades Térmicas (C_T) e Absortância Térmica (α).

O primeiro, em conformidade com o RTQ-R, refere-se à “transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo (...)

incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzidas pela diferença de temperatura entre dois ambientes”. A transmitância térmica é o inverso da resistência térmica, conforme a equação:

$$U = 1/R_T$$

Equação 2 -
Transmitância térmica

A Resistência térmica é dada pela equação:

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

Equação 3 –
Resistência térmica

Onde:

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície

R_{se} e R_{si} são as resistências superficiais externa e interna respectivamente.

O segundo é a “quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. A equação para cálculo C_T de componentes formados por camadas homogêneas perpendiculares ao fluxo de calor é:

$$C_{Ta} = \sum_{i=1}^5 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{placa de concreto}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{ar}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{argamassa}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{manta}} + (e \cdot c \cdot \rho)_{\text{laje}}$$

Equação 4 – Capacidade térmica

Já o terceiro, Absortância Térmica (α), é o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície, geralmente relacionada a cor”. O recomendado é a medição da absortância a partir do espectrofotometro, que dará resultado real da absortância do material, mas na falta do mesmo a NBR 15220-2 (2005) o Anexo B apresenta uma lista das absortâncias por tipo de superfície e o Anexo 5, do RTQ-R, lista as absortâncias de acordo com algumas cores e tipos de tintas encontradas no mercado.

Tabela 5: Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas)

Tipo de Superfície	α
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caixação nova	0,12 / 0,15
Concreto aparente	0,65 / 0,80
Telha de barro	0,75 / 0,80
Tijolo aparente	0,65 / 0,80
Reboco claro	0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25
Vidro colorido	0,40 / 0,80
Vidro metalizado	0,35 / 0,80
Pintura:	
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
"Alumínio"	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

Fonte: Anexo V do RTQ-R (BRASIL, 2013).

Tabela 6: Absortância (α) de revestimentos de paredes e coberturas (tintas)

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrílica Fosca	01	Amarelo Antigo		51,4
	02	Amarelo Terra		64,3
	03	Areia		44,9
	04	Azul		73,3
	05	Azul Imperial		66,9
	06	Branco		15,8
	07	Branco Gelo		37,2
	08	Camurça		57,4
	09	Concreto		74,5
	10	Fleming		49,5
	11	Jade		52,3
	12	Marfim		33,8
	13	Palha		36,7
	14	Pérola		33,0
	15	Pêssego		42,8
	16	Tabaco		76,1
	17	Terracota		64,8
Acrílica Semi-brilho	18	Amarelo Antigo		49,7
	19	Amarelo Terra		68,6
	20	Azul		79,9
	21	Branco Gelo		36,2
	22	Cinza		86,4
	23	Cinza BR		61,1
	24	Crepúsculo		66,0
	25	Fleming		47,3
	26	Marfim		33,9
	27	Palha		39,6
	28	Pérola		33,9
	29	Preto		97,1
	30	Telha		69,6
	31	Terracota		68,4
	32	Verde Quadra		75,5
	33	Vermelho		64,2
	Látex PVA Fosca	34	Amarelo Canário	
35		Amarelo Terra		61,4
36		Areia		39,0
37		Azul angra		32,3
38		Bianco Sereno		26,8
39		Branco		11,1
Látex PVA Fosca	40	Branco Gelo		34,0
	41	Erva doce		21,9
	42	Fleming		46,8
	43	Laranja		39,9
	44	Marfim		29,7
	45	Palha		28,5
	46	Pérola		25,7
	47	Pêssego		39,5
	48	Alecrim		64,0
	49	Azul bali		48,9
	50	Branco Neve		10,2
	51	Branco Gelo		29,7
	52	Camurça		55,8
	53	Concreto		71,5
	54	Marfim		26,7
	55	Marrocos		54,7
	56	Mei		41,8
57	Palha		27,2	
58	Pérola		22,1	
59	Pêssego		35,0	
60	Telha		70,8	
61	Vanília		23,9	
Látex PVA Fosca	62	Amarelo Canário		25,2
	63	Areia		35,7
	64	Azul Profundo		76,0
	65	Branco Neve		16,2
	66	Branco Gelo		28,1
	67	Camurça		53,2
	68	Cerâmica		65,3
	69	Concreto		71,6
	70	Fleming		44,4
	71	Marfim		24,5
	72	Palha		28,4
	73	Pérola		22,9
	74	Pêssego		29,8
	75	Preto		97,4
	76	Vanília		27,7
	77	Verde Musgo		79,8
	78	Vermelho Cardinal		63,3

* As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas.
* α : 300 a 2500 nm (Espectro solar total).

Fonte: DORNELLES, 2008.

Na Tabela 7, estão demarcadas as exigências para a ZB 3 (zona bioclimática na qual São João Nepomuceno está inserida).

Tabela 7: Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

Zona Bioclimática	Componente	Absorvância solar	Transmitância térmica	Capacidade térmica
		(adimensional)	[W/(m²K)]	[kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência
ZB3 e ZB6	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
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

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

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Ventilação Natural

Para atender aos requisitos de ventilação natural as aberturas devem possuir uma área mínima em relação à área útil dos ambientes de permanência prolongada, como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 8: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (A)		
	ZB 1 a ZB 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$

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

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Para esse cálculo, deve ser considerada a área efetiva para ventilação, desconsiderando o caixilho. Além disso, em ambientes com corredor, esse deverá ser desconsiderado da área útil.

Caso esse pré-requisito não seja atendido em algum ambiente, o mesmo obterá, no máximo, nível C, no equivalente numérico para resfriamento (EqNumEnvAmbResfr).

Os banheiros não possuem essa exigência, entretanto, para obter nível A na envoltória, pelo menos 50% dos banheiros devem ter ventilação natural – não contabilizando os lavabos. Banheiros voltados para prisms, poços de ventilação e ventilados pelo forro também são aceitos.

Iluminação Natural

A área de iluminação natural nos ambientes de permanência prolongada deve ser de, no mínimo, 12,5% da área útil, sendo cada ambiente analisado individualmente. Em caso de ambientes integrados, eles devem ser considerados como um único espaço, somando-se tanto sua área útil quanto as áreas de abertura. Nas áreas de abertura para o cálculo de iluminação natural deve-se desconsiderar os caixilhos das esquadrias.

O não atendimento deste pré-requisito implica na obtenção, de no máximo, nível C no equivalente numérico para resfriamento, aquecimento e refrigeração da envoltória.

Procedimento de determinação da eficiência

O desempenho térmico da envoltória pode ser analisado de duas formas: pelo método prescritivo ou pelo método de simulação.

No método prescritivo, utilizado neste trabalho, foram estabelecidas equações através de regressões múltiplas, de acordo com a ZB em que a edificação se encontra. Para determinar a eficiência da envoltória quando naturalmente ventilada, são calculados o indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) e o consumo relativo para aquecimento (C_A) para todos os ambientes de permanência prolongada.

O indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R) da Zona Bioclimática 3, zona esta referente à cidade de São João Nepomuceno, é obtido através da Equação 5, utilizando-se as constantes da Tabela 9.

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

Equação 5 - indicador de graus-hora para resfriamento da ZB3

Tabela 9: Constantes da Equação 5

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		

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

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

O consumo relativo para aquecimento (C_A) é obtido através da Equação 6, utilizando-se as constantes da Tabela 10.

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

Equação 6 - consumo relativo para aquecimento da ZB3

Tabela 10: Constantes da Equação 6

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

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

Observação 2: O consumo relativo para aquecimento é um indicador utilizado para a avaliação do desempenho da envoltória e não reflete o consumo real do ambiente.

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) e aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) são obtidos através da Tabela 11 a e b.

Tabela 11: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento (a) e para aquecimento (b) – ZB3

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Condição	Eficiência	$EqNumEnvAmb_A$	Condição (kWh/m ² .ano)
A	5	$GH_R \leq 822$	A	5	$C_A \leq 6,429$
B	4	$822 < GH_R \leq 1.643$	B	4	$6,429 < C_A \leq 12,858$
C	3	$1.643 < GH_R \leq 2.465$	C	3	$12,858 < C_A \leq 19,287$
D	2	$2.465 < GH_R \leq 3.286$	D	2	$19,287 < C_A \leq 25,716$
E	1	$GH_R > 3.286$	E	1	$C_A > 25,716$

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

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}). O mesmo acontece para o aquecimento: o $EqNumEnv_A$ é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmb_A$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados.

A equação utilizada para calcular o equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para ZB3 é:

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 \times EqNumEnv_A$$

Equação 7 – equivalente numérico da envoltória da UH para ZB3

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.

O nível de eficiência, quando condicionada artificialmente, é de caráter informativo e deve ser calculado para qualquer edificação, até mesmo as naturalmente ventiladas; porém, somente para os dormitórios. O consumo relativo para refrigeração (C_R) é resultado da ponderação de C_R de cada dormitório. A obtenção do nível A de eficiência neste item é obrigatória caso se deseje obter a bonificação de condicionamento artificial de ar.

O consumo relativo para refrigeração de dormitórios (excluindo dormitórios de serviço) condicionados artificialmente (C_R) é obtido através da Equação 8.

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

Equação 8 - consumo relativo pra refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB3

Tabela 12: Constantes da Equação 8

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: RTQ-R (BRASIL, 2012).

O equivalente numérico do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$) é obtido através da tabela abaixo:

Tabela 13: Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração - ZB3

Eficiência	$EqNumEnvAmb_{Refrig}$	Condição (kWh/m ² .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: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Tais cálculos visam estabelecer o impacto da envoltória no consumo total de energia da edificação.

3.2.3.2 Sistema de Aquecimento de Água

O sistema de aquecimento de água somente é avaliado quando entregue pelo empreendedor. Sistemas de espera para instalação futura não são considerados. 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.

Cada tipo de sistema de aquecimento da água é avaliado de uma maneira. Para sistemas de aquecimento solar, há uma metodologia descrita no RTQ-R ou pode ser utilizada simulação computacional. Em sistemas de aquecimento a gás, avalia-se se os aquecedores são ou não classificados no PBE. Bombas de calor são analisadas em função de seu coeficiente de performance (COP); caldeiras de acordo com o combustível utilizado e para aquecimento elétrico de passagem e para hidromassagem, é considerada a potência do equipamento. Nos sistemas de aquecimento elétrico por acumulação, do tipo boiler, é considerada sua potência desde que façam parte do PBE, exceto para os que são usados como complemento ao sistema de aquecimento solar.

Pré-requisitos do Sistema de Aquecimento da Água

Para que o sistema obtenha A ou B as tubulações para água quente devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam e atender às normas técnicas de produtos aplicáveis.

As tubulações metálicas precisam seguir a normas específicas, possuindo isolamento térmico com espessura mínima, como pode ser visto na tabela abaixo:

Tabela 14: Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água

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

Fonte: RTQ-R (BRASIL, 2012).

Nas tubulações não metálicas, a espessura mínima deve ser de 1,0 cm. Para condutividades térmicas que não se encaixam na condutividade térmica determinada desta maneira, o RTQ-R fornece uma equação para determinar a espessura mínima.

Procedimento de determinação da eficiência

O RTQ-R busca priorizar a utilização de sistemas mais eficientes que gastem menos energia e que sejam menos impactantes para o meio ambiente. Portanto, deve-se dar preferência a sistemas de aquecimento solar e a gás, classificados pelo PBE, e bombas de calor de alto coeficiente de performance que podem suprir a totalidade ou grande parte da demanda de água quente em uma residência.

Os sistemas podem ser combinados. Assim, quando o sistema de aquecimento solar é utilizado juntamente com o a gás ou bomba de calor, o maior equivalente numérico é utilizado. Quando aquele for utilizado junto com sistema de aquecimento elétrico é considerado o equivalente numérico de aquecimento solar, desde que esse corresponda a uma fração solar mínima de 70%. Para as demais combinações, deve-se calcular o equivalente numérico considerando-se a porcentagem de demanda de cada sistema.

3.2.3.3 Bonificações

Com o intuito de melhorar a eficiência da UH, são indicadas medidas que podem aumentar em até um ponto a classificação da mesma. Para tanto, estas iniciativas devem ser justificadas e comprovadas.

A pontuação é obtida através da soma das bonificações, que possuem os valores especificados abaixo:

- Ventilação Natural (porosidade, dispositivos especiais, centro geométrico, permeabilidade): até 0,40 ponto;
- Iluminação Natural (Profundidade e Refletância do teto): até 0,30 ponto;
- Uso racional de água: até 0,20 ponto;
- Condicionamento artificial de ar: até 0,20 ponto;
- Iluminação artificial: até 0,10 ponto;
- Ventiladores instalados no teto: 0,10 ponto;
- Refrigeradores instalados na UH: 0,10 ponto;
- Medição Individualizada: 0,10 ponto.

Mesmo que a UH obtenha todas as bonificações (1,5 ponto), o acréscimo se limita a 1 ponto.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentando a edificação

A edificação analisada é de uso residencial unifamiliar, ou seja, possui uma única unidade habitacional autônoma (UH) no lote, e foi projetada pela autora deste trabalho.

Figura 2: Fachada frontal



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3: Fachada fundos

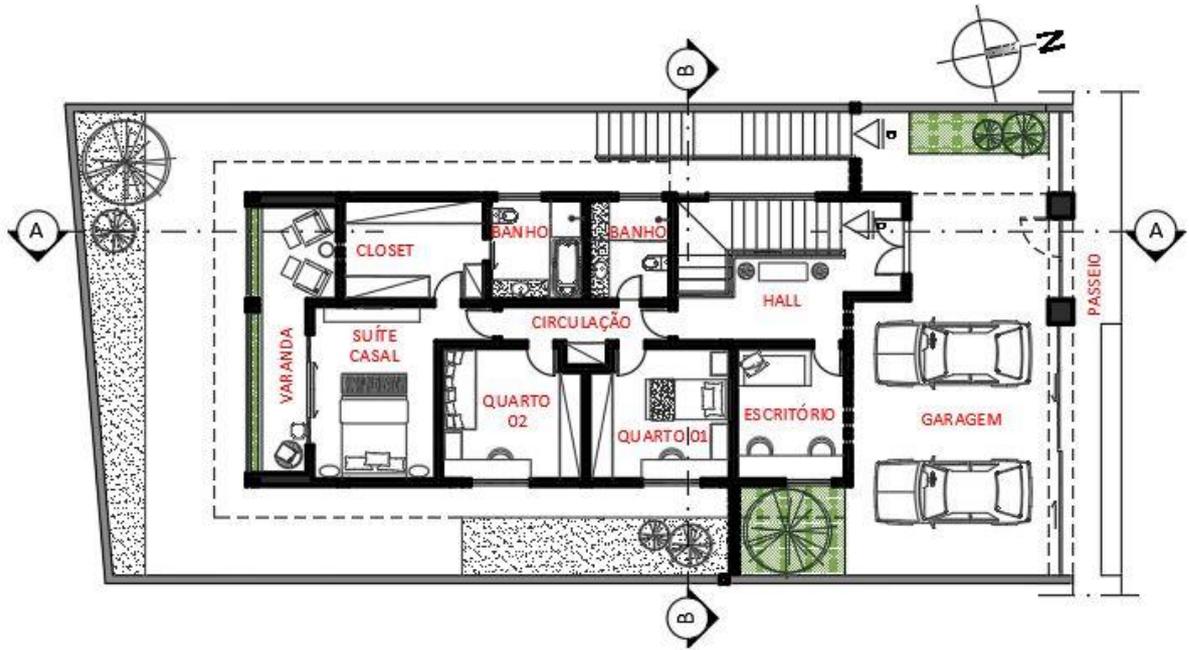


Fonte: Elaborado pela autora.

O projeto foi feito para atender às demandas dos clientes, porém nem todos os itens propostos foram executados. As janelas, por exemplo, foram propostas de veneziana de madeira (ver Figura 2 e Figura 3), e foram instaladas tipo blindex, sem veneziana integrada.

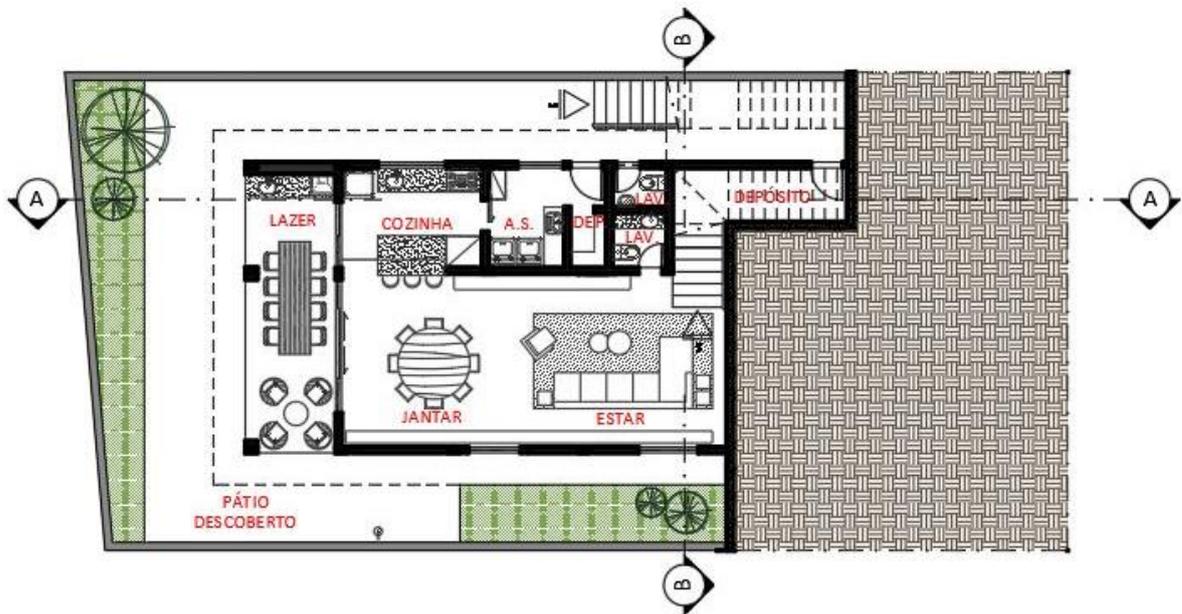
Além disso, como o terreno é muito inclinado, optou-se por fazer uma casa de 2 andares, sendo o segundo, abaixo do nível da rua. No primeiro nível está a parte íntima da casa, com os quartos e escritório, e no pavimento inferior, toda a área de lazer com cozinha e salas integradas entre si e com a parte externa.

Figura 4: Planta primeiro pavimento



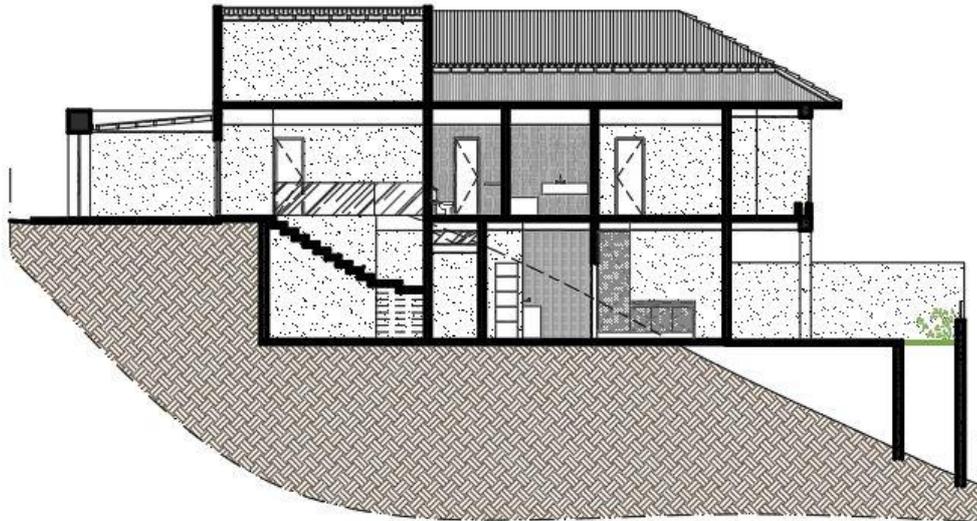
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5: Planta segundo pavimento



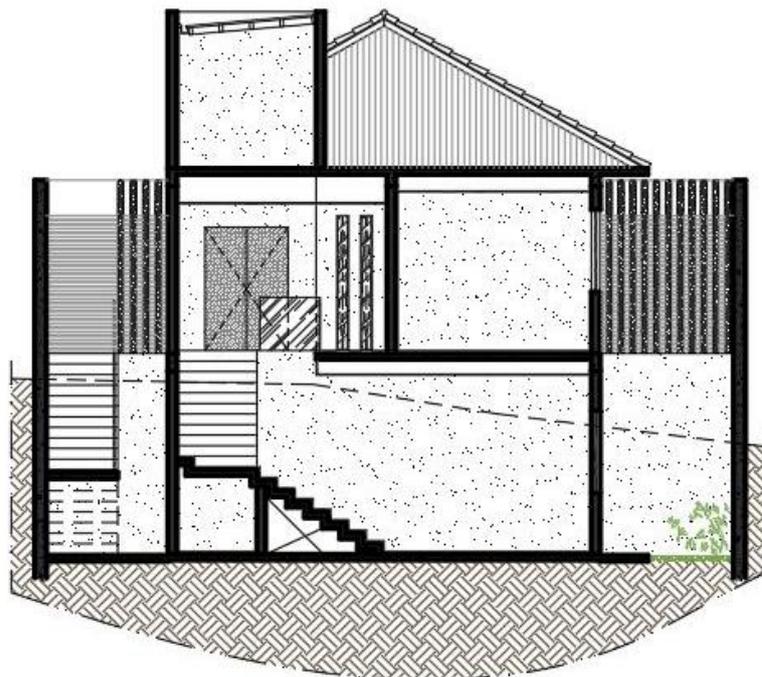
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 6: Corte A-A



Fonte: Elaborado pela autora

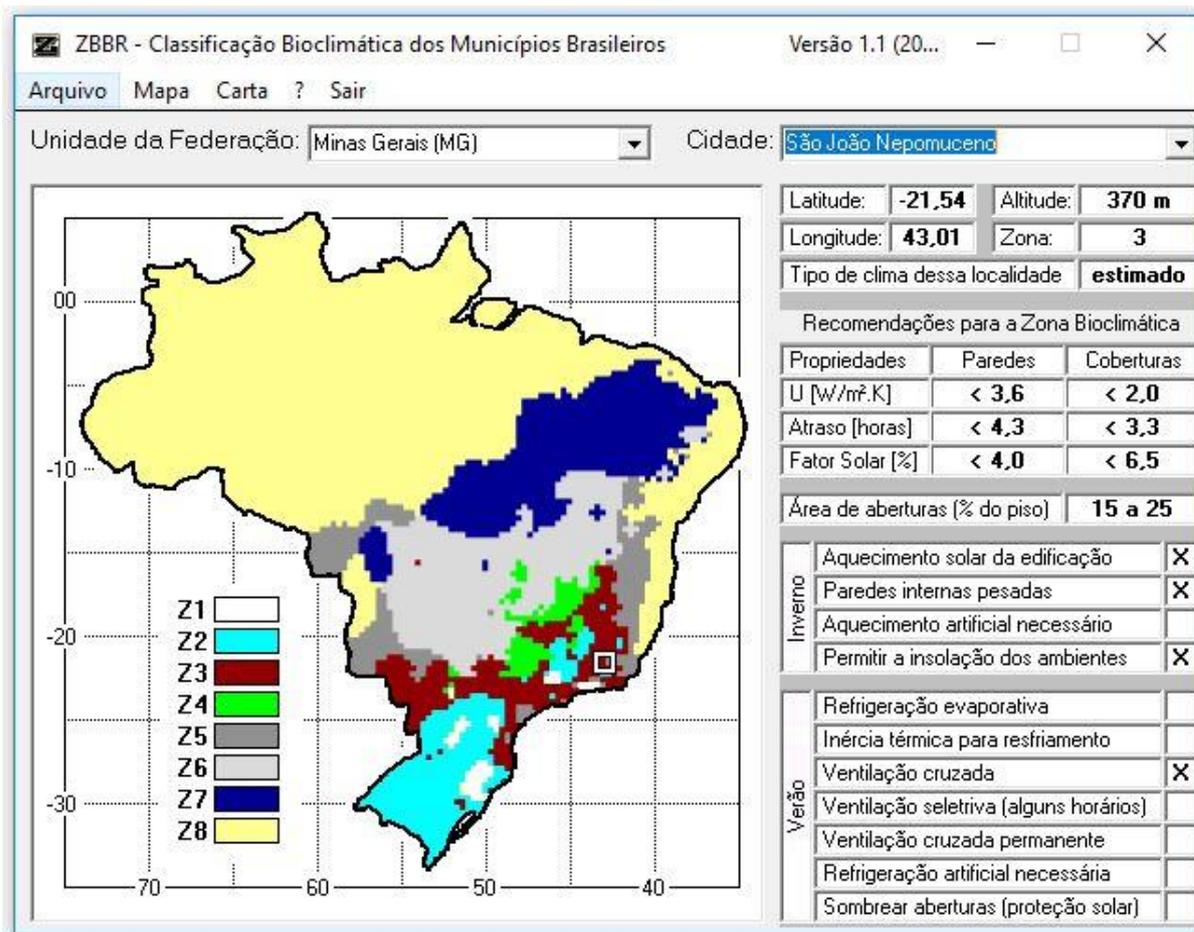
Figura 7: Corte B-B



Fonte: Elaborado pela autora

A edificação em estudo está localizada na cidade de São João Nepomuceno, região da Zona da Mata de Minas Gerais e pertence, segundo o software “ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil” disponível no site do LABEEE da UFSC, à Zona Bioclimática 3, ver Figura 8: ZBBR - Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros.

Figura 8: ZBBR - Classificação Bioclimática dos Municípios Brasileiros



Fonte: Elaborado pela autora

5 RESULTADOS

5.1 Análise do Empreendimento pelo RTQ-R

Segundo o Manual de Aplicação do RTQ-R, a classificação do nível de eficiência energética de edificações unifamiliares é equivalente ao resultado da classificação da unidade habitacional autônoma.

Para essa classificação há dois sistemas individuais que compõem o nível de eficiência energética: a envoltória e o sistema de aquecimento de água. Cada um deles exige um determinado pré-requisito e ainda há a possibilidade de bonificações que dão pontos extras, visando incentivar o uso de estratégias mais eficientes.

A partir de todas estas verificações, será obtida a Pontuação Total da UH (PTUH) e seu nível de eficiência correspondente.

5.2 Pré-requisitos Gerais

Em conformidade com o RTQ-R, como pré-requisito geral para obtenção dos níveis A ou B, temos a existência de medidor individualizado de eletricidade e água quando há mais de uma unidade habitacional. Uma vez que a edificação em estudo é unifamiliar, este item não se aplica.

5.3 Unidades Habitacionais Autônomas

5.3.1 Envoltória e Pré-requisitos dos ambientes

Zona Bioclimática

Zona Bioclimática (ZB) é, segundo a NBR 15.220-3 (2005), a “região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano”. São João Nepomuceno se encontra na ZB3.

Ambiente

Para o cálculo do EqNumEnv, são identificados os ambientes de permanência prolongada (APP) da UH e sua área útil.

Figura 9 : Identificação dos ambientes de permanência prolongada do 1º pavimento



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 10: Identificação dos ambientes de permanência prolongada do 2º pavimento



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 15: Áreas úteis dos APPs

AMBIENTE	SUÍTE CASAL	QUARTO 1	QUARTO 2	ESCRITÓRIO	SALAS E COZINHA
ÁREA (M²)	14,57	11,19	11,19	8,91	50,90

Fonte: Elaborado pela autora.

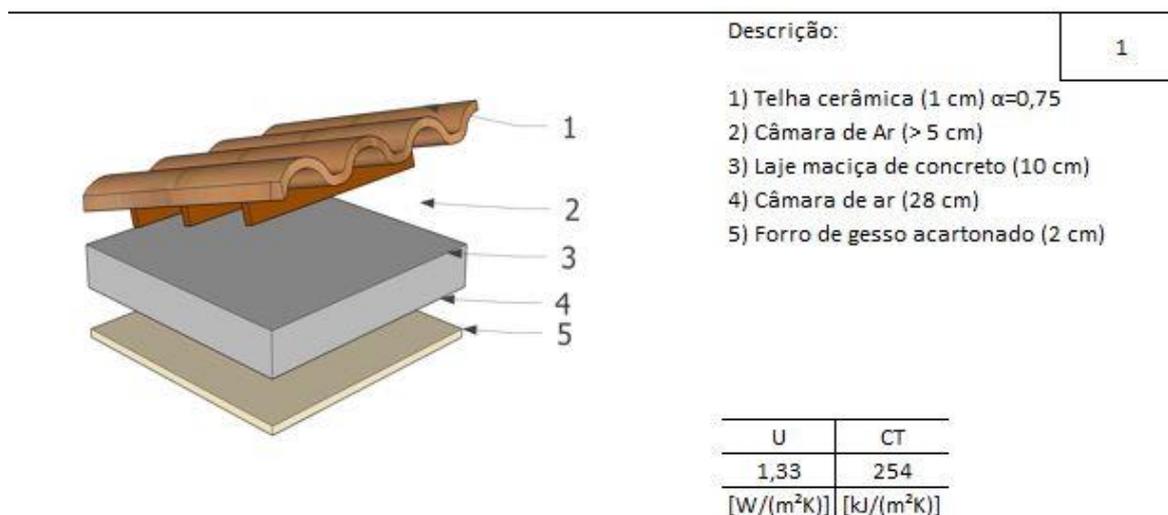
Situação do piso e cobertura

De acordo com o RTQ-R, precisamos definir se o ambiente em análise está em contato com o solo, em pilotis, se sua cobertura está voltada para o exterior ou nenhuma das opções citadas. De tal modo que, para o preenchimento da planilha, coloca-se o número um (1) na opção que houver contato com o exterior e número zero (0) onde não houver. Se não se enquadrar em nenhum dos casos, coloca-se zero em todas as células.

Cobertura

O tipo de cobertura da UH consiste em um sistema de telhado cerâmico, câmara de ar, laje de concreto armado, câmara de ar e forro de gesso. Na Figura 11, é possível ver o sistema proposto e suas características:

Figura 11: Características da cobertura



Fonte: Elaborado pela autora.

Baseado no Anexo V do RTQ-R e nos cálculos feitos pelo autor, a Transmitância Térmica (U) da cobertura é 1,33 W/m²K e sua capacidade térmica é 254 KJ/m²K. Já o valor da Absortância Térmica foi retirado da NBR 15200 – Parte 2 (2003). Ver Figura 12.

Figura 12: Absortância Térmica Cobertura

Tabela B.2 - Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

Tipo de superfície		α	ϵ
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caição nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido		0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado		0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	"Alumínio"	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

Fonte: NBR 15220 – parte 2 (BRASIL, 2003).

Paredes externas

As paredes externas são feitas de tijolo cerâmico com seis furos, dimensões 9,0 x 14,0 x 24,0 cm, argamassa interna e externa de 2,5cm cada e pintura como mostra a Figura 13.

Figura 13: Características térmicas das paredes externas

Descrição:		2
<p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p>		
U [W/(m ² K)]	C_T [kJ/m ² K]	
2,46	150	

Fonte: Anexo V do RTQ-R (BRASIL, 2013).

Baseado no Anexo V do RTQ-R, as características térmicas das paredes externas são: Transmitância Térmica (U) igual a 2,16 W/m²K e Capacidade Térmica (C_T) igual a 150 kJ/m²K.

Todas as paredes foram pintadas com tinta acrílica, cor branco neve, acabamento fosco e, segundo o Anexo V do RTQ-R (Brasil, 2013), nestes casos a Absortância é igual a 0,10. Ver Figura 14.

Figura 14: Referência de tinta utilizadas

Tipo	Número	Cor	Nome	α
Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	41		Erva doce	21,9
	42		Flamingo	46,8
	43		Laranja	39,9
	44		Marfim	29,7
	45		Palha	28,5
	46		Pérola	25,7
	47		Pêssego	39,5
Acrílica Fosca	48		Alecrim	64,0
	49		Azul ball	48,9
	50		Branco Neve	10,2
	51		Branco Gelo	29,7
	52		Camurça	55,8
	53		Concreto	71,5
	54		Marfim	26,7
	55		Marrocos	54,7
	56		Mel	41,8
	57		Palha	27,2
	58		Pérola	22,1
	59		Pêssego	35,0
	60		Telha	70,8
	61		Vanila	23,9

Fonte: Anexo V do RTQ-R (BRASIL, 2013).

Vê-se que, a partir desta absortância, as paredes atendem ao pré-requisito do RTQ-R.

Característica construtiva

Dependendo da Capacidade Térmica (C_T) da envoltória, deve-se preencher com zero (0) ou um (1) estas células da planilha. Em uma das células, onde avalia-se se a Capacidade Térmica é baixa, coloca-se o número um (1) quando o valor encontrado é menor que 50 kJ/m²K. Em outra célula, se o valor for maior que 250 kJ/m²K, o ambiente tem CT alta e coloca-se o número um (1). Caso o valor encontrado esteja entre os índices acima citados, o número zero (0) é inserido em ambas as células.

Áreas de Paredes Externas do Ambiente

As áreas de paredes externas são inseridas na planilha de acordo com sua orientação geográfica. Abaixo estão as áreas dos APPs e suas respectivas orientações.

Tabela 16: Áreas de paredes externas dos ambientes

SUÍTE CASAL		QUARTO 1		QUARTO 2		ESCRITÓRIO		SALAS E COZINHA	
SUL	4,90 m ²	LESTE	7,50 m ²	LESTE	7,50 m ²	NORTE	6,61 m ²	SUL	9,04 m ²
LESTE	8,24 m ²	-	-	-	-	LESTE	5,73 m ²	LESTE	23,4 m ²
OESTE	1,62m ²	-	-	-	-	-	-	OESTE	9,39 m ²

Fonte: Elaborado pela autora.

Áreas de Aberturas Externas

Nas áreas de aberturas externas são considerados os vãos inseridos nas fachadas e sua respectiva orientação.

Tabela 17: Áreas de paredes externas dos ambientes

QUARTO CASAL		QUARTO 1		QUARTO 2		ESCRITÓRIO		SALAS E COZINHA		
SUL	P05 = 6,44m ²	LESTE	J03 = 1,95m ²	LESTE	J03 = 1,95m ²	NORTE	J01 = 2,30m ²	SUL	P09 = 3,80m ²	
-	-	-	-	-	-	LESTE	J02=1,56m ²	P10 = 7,71m ²	LESTE	J06 = 5,40m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	OESTE	J07 = 1,11m ²	

Fonte: Elaborado pela autora.

Características das Aberturas

Todas as esquadrias das áreas de permanência prolongada são de vidro, tipo blindex, com perfil em alumínio branco e vidro transparente incolor. Nenhuma das janelas possui dispositivo de sombreamento, como venezianas, acoplados a elas. Entretanto, as portas das varandas são sombreadas devido à geometria da edificação. Na tabela abaixo, estão todos os tipos de esquadria que foram analisadas, com suas dimensões e áreas de abertura.

Tabela 18: Características das aberturas

Nome	Características	Peitoril (m)	Largura (m)	Altura (m)	Área de abertura (m ²)
J1	Janela tipo bascula em alumínio e vidro	-	0,20	2,30	0,46
J2	Janela de correr, 2 folhas, em alumínio e vidro	1,00	1,20	1,30	1,56
J3	Janela de correr, 2 folhas, em alumínio e vidro	1,00	1,50	1,30	1,95
J4	Janela tipo bascula, com 4 folhas, em alumínio e vidro	1,65	2,72	0,65	1,77
J5	Janela tipo maxim-ar em alumínio e vidro	1,66	1,15	0,65	0,75
J6	Janela de correr, 2 folhas, em alumínio e vidro	0,50	1,50	1,80	2,70
J7	Janela tipo maxim-ar em alumínio e vidro	1,20	1,70	0,65	1,11
J8	Janela tipo maxim-ar em alumínio e vidro	0,55	1,15	1,95	2,24
P5	Porta de correr, 4 folhas, em alumínio e vidro	☒	2,80	2,30	6,44
P9	Porta de correr, 2 folhas, em alumínio e vidro	☒	1,65	2,30	3,80
P10	Porta de correr, 4 folhas, em alumínio e vidro	☒	1,65	2,30	3,80

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15: Janelas instaladas na edificação



J1



J4



J2, J3 e J6



J5, J6 e J7

Fonte: Google Imagens.

Figura 16: Portas instaladas na edificação



P5 e P10



P5

Fonte: Google Imagens.

Fvent

O Fator das Aberturas para Ventilação (Fvent) é o percentual que as aberturas possuem, efetivamente, para ventilação. Esse valor varia de zero (0) a um (1), onde zero é totalmente obstruída e um significa 100% aberta.

Tabela 19: Porcentagem de abertura para ventilação natural

Nome	% de abertura para Ventilação Natural
J1	74
J2	44
J3	46
J4	90
J5	88
J6	47
J7	90
J8	88
P5	43
P9	44
P10	44

Fonte: Elaborado pela autora.

Somb

Essa é a variável que define a presença de proteção solar externa às aberturas. Os valores variam de zero (0) a um (1), sendo o primeiro usado quando não há dispositivo e o segundo quando houver veneziana que cubra acima de 75% ou mais da abertura, quando fechada.

Como as janelas dos quartos não têm veneziana acoplada, e nesses ambientes o dispositivo de sombreamento deve permitir escurecimento do ambiente, o Somb usado será zero (0).

Já no escritório e nas salas e cozinha, temos sombreamento causado pela própria edificação e varanda. Nestes casos deve-se, primeiramente, calcular a relação entre a área de abertura e a área do ambiente para verificar se área de janela é maior/igual ou menor que 25% da área do piso.

Tabela 20: Cálculo da área de janela em relação a de piso

	Escritório	Salas e Cozinha
Área de Piso	8,91 m ²	58,53 m ²
Área de Janela	3,86 m ²	35,81 m ²
Aj/Ap	43%	61%

Fonte: Elaborado pela autora.

Após o cálculo, devem-se verificar os ângulos mínimos de proteção solar recomendados na Carta Solar. Foi utilizada a Carta Solar de Juiz de Fora – MG, pois não existe uma feita para a cidade originária da edificação e este é o local mais próximo na mesma Zona Bioclimática.

Figura 17: Ângulos de proteção solar mínimos para as fachadas Norte, Leste e Oeste

FACHADA NORTE		Juiz de Fora		
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--

FACHADA LESTE		Juiz de Fora		
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--

FACHADA OESTE		Juiz de Fora		
Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
75°	--	--	30°	30°
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)				
α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
--	--	--	--	--

Fonte: Anexo I do RTQ-R (BRASIL, 20-).

Pode-se notar que há recomendação somente para fachada oeste. Logo, por estar voltado para as fachadas norte e leste, o Somb do escritório será zero (0). Já nas salas e cozinhas faz-se necessário o cálculo do sombreamento da abertura baseado nos ângulos recomendados.

Para se encontrar o $somb_{abertura}$ ponderam-se os ângulos obtidos do projeto e os ângulos recomendados, como na equação abaixo:

$$somb_{abertura} = \frac{(\alpha_p + \gamma_{ep} + \gamma_{dp} + \beta_{ep} + \beta_{dp})}{(\alpha_r + \gamma_{er} + \gamma_{dr} + \beta_{er} + \beta_{dr})}$$

Equação 9 - somb da abertura

Sendo:

p = ângulos coletados em projeto

r = ângulos recomendados

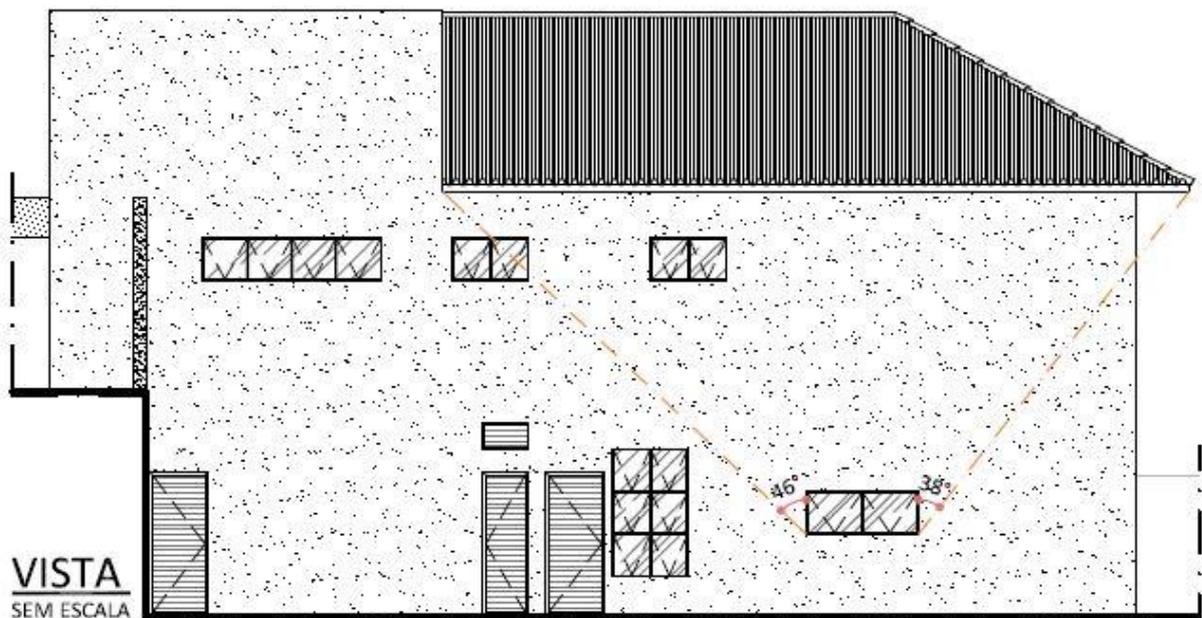
Nas figuras e na tabelas abaixo estão as indicações dos ângulos de sombreamento existentes.

Figura 18: Ângulos β de sombreamento



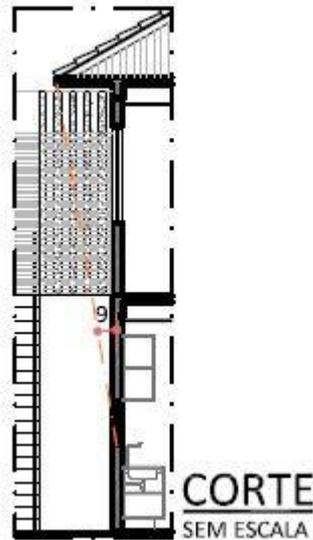
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19: Ângulos γ de sombreamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20: Ângulos α de sombreamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Para determinar o “somb” considera-se que 0,75 de $\text{somb}_{\text{abertura}}$ corresponde a um valor de somb igual a 0,5 e faz-se a regra de três para a obtenção dos demais valores, como na

Tabela 21.

Tabela 21: Ângulos de sombreamento e cálculo do Somb

Ambiente	SALAS E COZINHA
Orientação	Oeste
Ângulos	$\alpha = 9^\circ$
	$\beta_d = 10^\circ$
	$\beta_e = 0^\circ$
	$\gamma_d = 46^\circ$
	$\gamma_e = 38^\circ$
$\text{Somb}_{\text{abertura}}$	0,51
Somb	0,34

Fonte: Elaborado pela autora

Características Gerais

Áreas de Paredes Internas

Tabela 22: Áreas de paredes internas

Suíte Casal	Quarto 1	Quarto 2	Escritório	Salas e cozinha
23,25 m ²	25,80 m ²	25,80 m ²	14,73 m ²	28,71 m ²

Fonte: Elaborado pela autora.

Pé Direito

Na edificação o pé direito varia de acordo com o andar. No primeiro pavimento, onde se encontram os quartos e escritório, temos o pé direito igual a 2,70m. Já no segundo andar, as salas e cozinha possuem o pé direito de 3,00m.

C altura

Essa variável é o coeficiente de altura, a razão entre o pé direito e a área útil do ambiente, calculada automaticamente pela planilha.

Pré-requisitos da Envoltória

Aqui são calculados os critérios para iluminação e ventilação naturais. Para o cálculo desses, se o ambiente possuir corredor, o mesmo deve ser desconsiderado da área útil. Além disso, se o ambiente for um dormitório com área superior a 15,0m², o pré-requisito será considerado somente para 15m².

Iluminação e Ventilação Natural

As percentagens de abertura para iluminação e ventilação natural foram calculadas a partir de desenhos técnicos das mesmas.

Tabela 23: Porcentagens de Ventilação e Iluminação Natural

Nome	Área do vão	% de abertura	Área para	% de abertura	Área para
		para Ventilação	Ventilação	para Iluminação	Iluminação
		Natural	Natural	Natural	Natural
J1	0,46 m ²	74	0,34 m ²	78	0,36 m ²
J2	1,56 m ²	44	0,68 m ²	92	1,43 m ²
J3	1,95 m ²	46	0,90 m ²	92	1,80 m ²
J4	1,77 m ²	90	1,60 m ²	90	1,60 m ²
J5	0,75 m ²	88	0,66 m ²	88	0,66 m ²
J6	2,7 m ²	47	1,26 m ²	94	2,53 m ²
J7	1,11 m ²	90	1,00 m ²	90	1,00 m ²
J8	2,24 m ²	88	1,98 m ²	88	1,98 m ²
P5	6,44 m ²	43	2,79 m ²	93	6,02 m ²
P9	3,80 m ²	44	1,67 m ²	94	3,55 m ²
P10	7,71 m ²	44	3,40 m ²	94	7,22 m ²

Fonte: Elaborado pela autora.

Temperatura média

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet-2018) é o órgão responsável por prover informações meteorológicas à sociedade brasileira. Segundo ele, a temperatura média mínima em Juiz de Fora (cidade mais próxima de São João Nepomuceno com registro) é 15,30°C. Assim sendo, para preencher a planilha na qual pergunta se a edificação está na ZB8 ou se possui média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C, deve-se colocar “Não”.

Figura 21: Temperatura média mínima em Juiz de Fora entre os anos de 1981-2010

Normal Climatológica do Brasil 1981-2010		
Temperatura Mínima(°C)		
Código	Nome da Estação	UF
83692	JUIZ DE FORA	MG
Mês	Temperatura	Média Anual
janeiro	17.70	15.30
fevereiro	18.00	
março	17.50	
abril	16.10	
maio	14.00	
junho	12.90	
julho	12.50	
agosto	13.00	
setembro	13.90	
outubro	15.10	
novembro	16.20	
dezembro	17.00	

Fonte: INMET,2018, adaptado pela autora.

5.3.1.1 Pré-requisitos da UH

Ventilação Cruzada

Tal pré-requisito é avaliado calculando-se todas as áreas de aberturas, inclusive as dos ambientes de permanência transitória e colocando-as na planilha de acordo com sua orientação. O cálculo é feito automaticamente e a edificação em análise atende esta condição.

Banheiros com Ventilação Natural

Esse item também tem o cálculo automatizado na planilha. Deve-se colocar o número de banheiros da UH e o número de banheiros que possuem ventilação natural. O resultado alcançado foi positivo.

5.3.1.2 Bonificações

Porosidade

Porosidade é a relação entre as áreas efetivamente abertas para ventilação e as áreas impermeáveis à passagem do vento. Portanto, para o seu cálculo são necessárias as áreas de aberturas de cada fachada e a área total das fachadas.

A área de abertura é automatizada na planilha, pois os valores foram ditos anteriormente. Já a área total da fachada é igual à tabela a seguir.

Tabela 24: Área total de fachada separada por orientação

m ²	ATFN	ATFS	ATFL	ATFO
	17,79	39,00	63,23	68,28

Fonte: Elaborado pela autora.

A edificação não atende este pré-requisito.

Dispositivos Especiais

Para pontuar neste item, todos os APPs precisam possuir dispositivos especiais como venezianas móveis, peitoris ventilados, torres de vento, entre outros. Os mesmos devem favorecer a ventilação natural permitindo o controlar a entrada de luz natural, barrar a chuva e os raios solares e auxiliar na manutenção da privacidade. Como nenhuma das esquadrias usadas atendem a esse quesito, não se obteve ponto de bonificação.

Centro geométrico

Para atender à bonificação em questão, os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas externas onde o vão livre possui centro geométrico localizado entre 0,40 e 0,70m medidos a partir do piso. Como algumas janelas possuem peitoril igual ou acima de 0,55cm, não se obteve ponto de bonificação.

Permeabilidade

Essa é aplicada somente para ZB8.

Profundidade

Bonificação para iluminação natural: nesse item a maioria (50% mais um) dos APPs e área de serviço precisa possuir profundidade máxima calculada pela equação:

$$P \leq 2,4 h_a$$

Equação 10 –
profundidade máxima de
ambientes

Onde:

P: profundidade do ambiente (m);

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

Tabela 25: Cálculo da bonificação de profundidade

Ambiente	Suíte Casal	Quarto 1	Quarto 2	Escritório	Salas e Cozinha	Área de serviço
Profundidade	3,05	3,3	3,3	2,7	4,35	2,5
2,4*Ha	5,52	5,52	5,52	5,52	5,52	6
P≤2,4*Ha	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Fonte: Elaborado pela autora.

Observam-se que todos os ambientes atendem à bonificação conseguindo, assim, 0,2 pontos.

Refletância do teto

Todos os ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço, devem possuir refletância do teto maior que 60%. Como todos esses ambientes têm o teto pintado na cor branco neve que, segundo o Anexo V do RTQ-R (BRASIL, 2013), possui absorvância de aproximadamente 10%, sua refletância será de 90%, atendendo à bonificação e obtendo 0,1 ponto.

Uso racional da água

A UH deverá possuir uma combinação de sistemas de uso de água da chuva e equipamentos economizadores, conforme a Equação 11.

$$b_3 = 0,07 \cdot \left(\frac{BS_{AP}}{BS} \right) + 0,04 \cdot \left(\frac{BS_E}{BS} \right) + 0,04 \cdot \left(\frac{CH_E}{CH} \right) + 0,02 \cdot \left(\frac{T_E}{T} \right) + 0,03 \cdot \left(\frac{OUTROS_{AP}}{OUTROS} \right)$$

Equação 11 – bonificação
de economia de água

Onde:

b3: bonificação de uso racional de água;

BSAP: quantidade de bacias sanitárias atendidas por água pluvial;

BS: quantidade de bacias sanitárias existentes;

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

CHE: quantidade de chuveiros com restritor de vazão;

CH: quantidade de chuveiros existentes;

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

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

OUTROSAP: quantidade de outros pontos atendidos por água pluvial, excluindo bacias sanitárias.

A edificação não possui nenhum tipo de mecanismo para aproveitamento da água da chuva. Entretanto, foram usadas bacias sanitárias com duplo acionamento, chuveiros com restritor de vazão e torneiras com arejadores, recebendo, assim, 0,1 ponto.

Condicionamento artificial de ar

A edificação não terá condicionamento artificial de ar em nenhum ambiente.

Ventiladores de teto

Em todos os ambientes de permanência prolongada existentes no primeiro pavimento – quartos e escritório – foi instalado ventilador de teto com Selo Procel. Como a edificação está localizada em uma Zona Bioclimática de 2 a 8 e estes ambientes representam mais de 2/3 dos APP a edificação, pontua-se com 0,1 ponto neste item.

Refrigeradores

O refrigerador existente na cozinha possui ENCE A e foi instalado conforme recomendações do fabricante. Logo, o projeto é bonificado com 0,1 ponto.

Medição Individualizada de Aquecimento de Água

Por se tratar de uma casa, por conseguinte uma única unidade habitacional, esta bonificação não se aplica.

5.3.1.3 Aquecimento da Água

Por determinação dos clientes, foi feito o encaminhamento para instalação de aquecimento solar, mas o sistema não foi instalado. Sendo assim, para aquecer a água do banho o usuário fica restrito ao uso de chuveiros elétricos, o que consome grande quantidade de energia. Na época da instalação não foi pensado na certificação e os proprietários compraram um chuveiro qualquer existente no mercado, sem olhar a potência.

Segundo o RTQ-R, em regiões Sul e Sudeste um empreendimento que não possui aquecimento de água recebe nível D para chuveiros elétricos com potência menor ou igual a 4600W e nível E para aparelhos com potência maior que 4600W. Uma vez que os chuveiros existentes tem mais que 4600W, a residência recebe a pior classificação nesse quesito.

5.3.1.4 Pontuação Total

Após preenchimento da planilha fornecida pelo Procel Edifica tem-se o resultado final da análise da edificação.

Tabela 26: Pontuação Total da UH

Pontuação Total	Identificação	Casa
	Envoltória para Verão	B 3,86
	Envoltória para Inverno	C 3,38
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 3,69
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,70
	Região	Sudeste
	Coeficiente a	0,65

Fonte: Procel Edifica, adaptado pela autora.

Em função do aquecimento da água ser todo elétrico, automaticamente ganhamos E neste item. Já o desempenho da envoltória ficou com B para verão e C para inverno - na ZB3 é muito difícil termos uma envoltória que funcione bem no verão e no inverno – o que, devido às pontuações obtidas, gera um equivalente numérico B.

Desta forma, conforme visto na tabela abaixo, a edificação fica com classificação final igual a C, ou seja, pouco eficiente.

Tabela 27: Classificação Final da UH

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	3,45

Fonte: Procel Edifica, adaptado pelo autor.

Todas as tabelas de cálculo estão presentes no Anexo A.

5.4 Melhorias propostas

Com o objetivo de alcançar uma classificação final A, ou seja, pontuação total a partir de 4,5, foram propostas algumas melhorias que não impactassem tanto no custo da obra nem alterassem a proposta arquitetônica.

Abaixo lista com melhorias propostas:

Envoltória e Pré-requisitos dos Ambientes

- Troca de algumas janelas para modelo com veneziana embutida;
- Instalação de manta de isolamento térmico na cobertura;

Aquecimento de Água

- Instalação de aquecimento solar.

5.4.1 Troca de esquadrias

No projeto executivo, foi especificado pela arquiteta que as janelas dos quartos e escritório fossem de madeira com veneziana embutida. Entretanto, durante a compra do material, os clientes alteraram para blindex alegando preferirem um modelo em relação ao outro.

Figura 22: Modelo de janela proposto



Fonte: Site fabricante - Madepal

As desvantagens da opção instalada é que ela não possui nenhum tipo de mecanismo de proteção solar e com isso gera um número baixo de graus hora para resfriamento, tornando a envoltória pouco eficiente.

As janelas a serem substituídas são os modelos J2 e J3 cujas medidas são 1,20 x 1,30m e 1,50 x 1,30m, respectivamente. Trocaríamos os modelos, mas manteríamos o vão. Todavia, itens como área de ventilação e iluminação se alteram gerando nova planilha de cálculo.

Tabela 28: Características das aberturas

Nome	Características	Peitoril	Largura	Altura	Área de abertura	% Vent. Natural	Área Vent. Natural	% Ilum. Natural	Área Ilum. Natural	Ha
J2	janela de abrir, 2 folhas, em madeira	1,0	1,2	1,3	1,56	100	1,56	65	1,02	2,3
J3	janela de abrir, 2 folhas em madeira	1,0	1,5	1,3	1,95	100	1,95	65	1,27	2,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Além dos novos quantitativos mostrados acima, as novas janelas implicam em novo cálculo da área de sombreamento. Nos Quartos 1 e 2, o somb será igual a 1,0, uma vez que a única janela presente no ambiente é com veneziana e permite o escurecimento dos ambientes.

Já no escritório, além da janela trocada, temos outras cinco seteiras (J1) mostradas anteriormente e, em função disso, o somb do ambiente é calculado pela média ponderada do somb de cada janela.

Para a janela J1, por termos sombreamento causado pela cobertura da garagem, aplica-se a regra que diz que o somb é igual a 0,2 desde que os ângulos α e γ atendam aos limites de ângulo mínimos estabelecidos pela equação:

$$\text{Limite para } \alpha \text{ ou } \gamma \text{ Norte} = 23,5^\circ - \text{Lat}$$

Equação 12– limites de ângulo mínimo para fachada Norte

Onde:

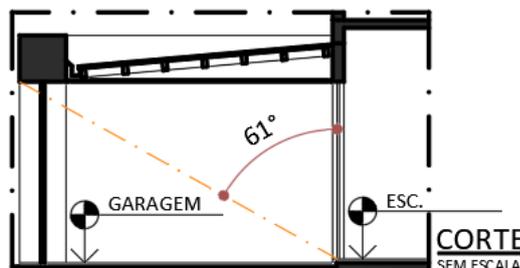
α : ângulo de altitude solar a normal da fachada que limita a proteção solar;

γ : ângulo da altura solar perpendicular a normal da fachada que limita as laterais da proteção solar;

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

Como São João Nepomuceno está localizado na latitude $21^\circ 32' 24''$ S, o ângulo mínimo para sombreamento é $44,5^\circ$. Como pode ser visto na figura abaixo, o ângulo existente é de 61° e atende ao requisito. Portanto o somb fica igual a 0,2 ponto.

Figura 23: Ângulo α de sombreamento



Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, teremos cinco janelas de $0,46\text{m}^2$ com somb igual a 0,2 e uma janela de $1,56\text{m}^2$ de somb igual a 1. Logo, o somb do ambiente será 0,5.

Uma janela blindex custa, em média, 199,00 reais e a janela de madeira, com veneziana embutida, aproximadamente 550,00 reais – 176% a mais. Se os clientes tivessem optado por

seguir o projeto e colocar a janela proposta, o valor final da obra teria aumentado R\$1.053,00 (estes valores foram fornecidos por lojas da cidade em agosto de 2018).

5.4.2 Manta de Isolamento térmico

Outra proposta para melhoria do desempenho da envoltória, é a inserção de manta térmica foil na cobertura. Essa é composta alumínio polietileno e TNT com fibras de polipropileno e possui baixa emissividade.

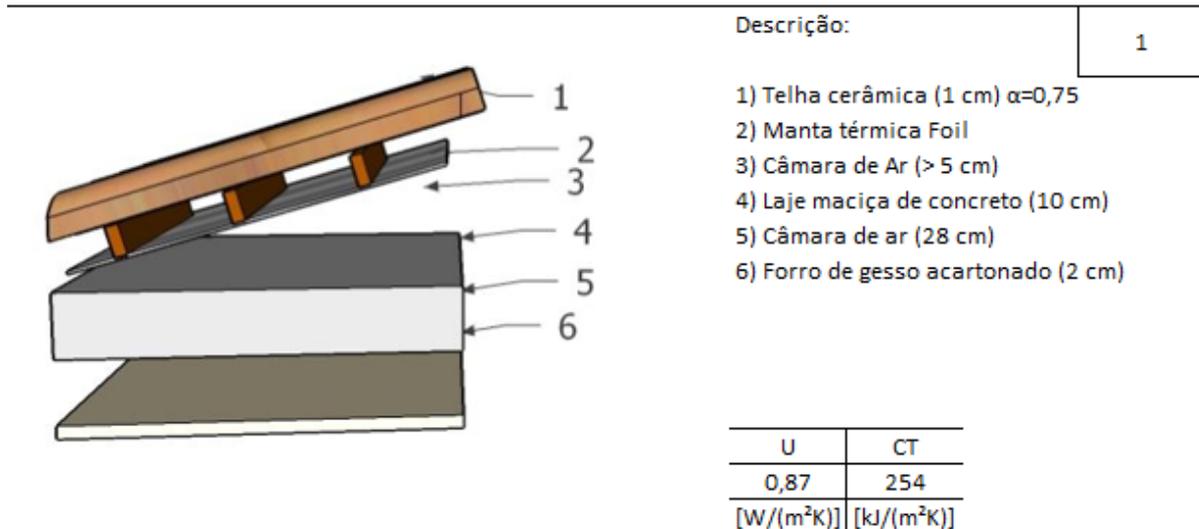
Figura 24: Manta Térmica Foil



Fonte: Site CLIMAFOIL

A manta é instalada logo abaixo do telhado cerâmico gerando uma nova composição da cobertura e alterando a transmitância térmica de 1,33 para 0,87 W/(m²K). Seu rolo é vendido por R\$240,00 e cobre 50m² de cobertura. Uma vez que temos 130m² de telhado, o investimento seria de R\$720,00 (produto orçado em agosto de 2018).

Figura 25: Composição da cobertura



Fonte: Elaborado pela autora

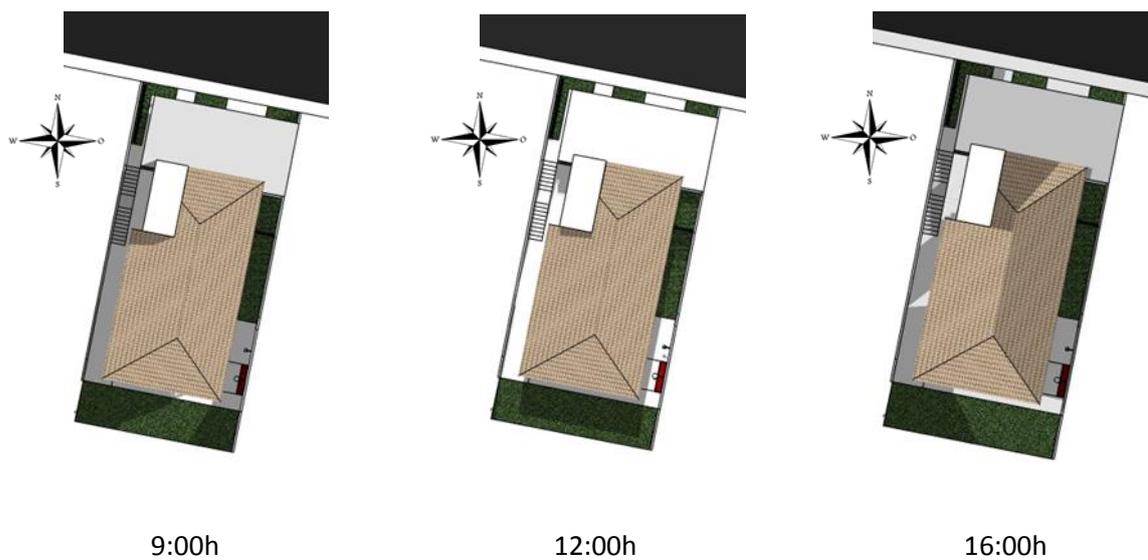
5.4.3 Aquecedor Solar

Uma vez que os clientes manifestaram vontade de instalar um sistema de aquecimento solar e toda a tubulação para o receber foi feita, ficou pendente a compra e instalação do produto.

O dimensionamento foi feito usando a planilha disponível no site do PBE Edifica - estes cálculos se encontram no anexo B - e o posicionamento das placas escolhido após estudo de volumetria.

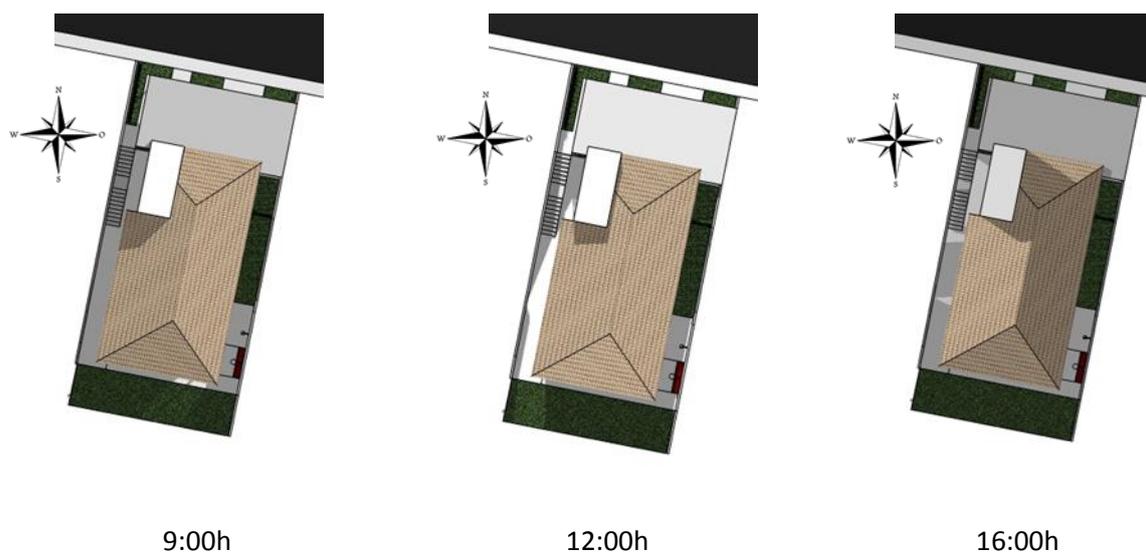
Devido a fachada norte ser a principal da edificação e seu telhado visto da rua, optou-se por assentar os coletores solares do lado oeste e com reservatório dentro da torre da caixa d'água. Para garantir que teremos insolação suficiente no local escolhido para os coletores, foi feito um estudo de insolação para os solstícios e equinócio em três diferentes horários, 9:00h, 12:00 e 16:00. Em nenhum momento a água escolhida ficou sombreada.

Figura 26: Estudo sombreamento no Equinócio



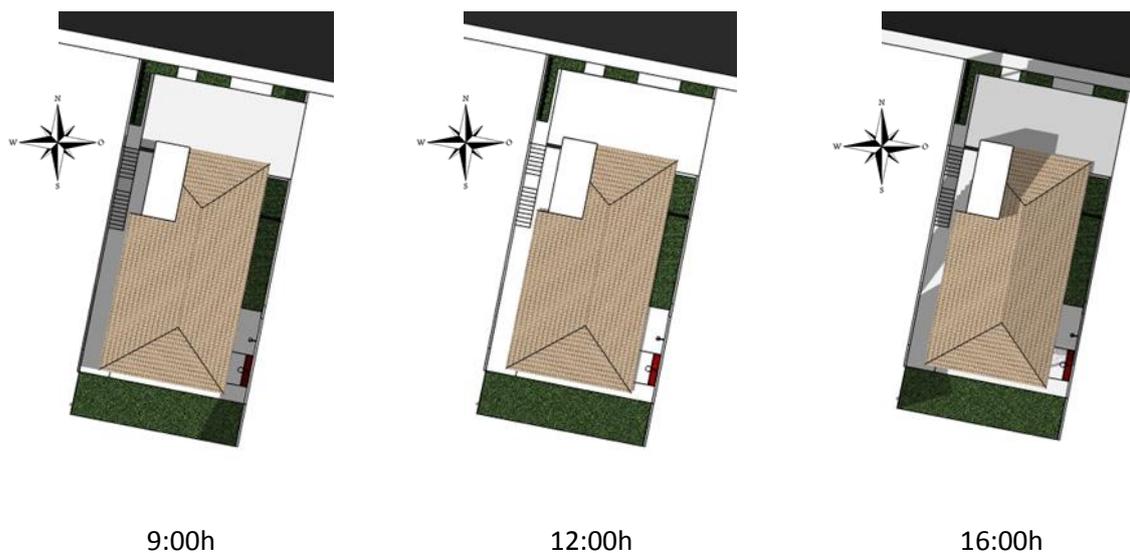
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 27: Estudo sombreamento no Solstício de Inverno



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 28: Estudo sombreamento no Solstício de Verão



Fonte: Elaborado pela autora

Uma vez que os chuveiros elétricos já foram instalados, considerou-se que eles funcionariam como backup do aquecedor solar. Sendo assim, o investimento necessário para instalação desse é o da placa e seu reservatório, cotado em R\$2.686,80 (fornecedor Brothers Solar – agosto 2018).

5.4.4 Pontuação Total

Após atualizar a planilha com as modificações proposta, temos uma nova classificação mais satisfatória.

Tabela 29: Pontuação Total da UH

Pontuação Total	Identificação	Casa
	Envoltória para Verão	B
		4,24
	Envoltória para Inverno	C
		3,11
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	B
		3,83
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
3,00		
Bonificações	0,70	
Região	Sudeste	
Coeficiente a	0,65	

Fonte: Procel Edifica, adaptado pela autora.

Apesar de continuarmos com B na envoltória, o seu equivalente numérico mudou de 3,69 para 3,83. O que indica melhoria na sua eficiência e um maior número de horas de conforto para o usuário. Já o aquecimento da água, com a instalação do aquecimento solar, mudamos de E, menos eficiente, para A, mais eficiente. Sendo assim, a nova classificação final da UH passa a ser A.

Tabela 30: Classificação final da UH

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,94

Fonte: Procel Edifica, adaptado pela autora.

5.5 Paybacks

5.5.1 Investimento para alterações feitas na envoltória

Das três propostas para a melhoria, a troca de esquadrias e a manta de isolamento térmico são itens que impactam na classificação da envoltória e que proporcionam para a edificação um maior número de graus hora de resfriamento no verão. Portanto garantem que os usuários usem menos o ventilador.

5.5.2 Tempo de retorno para implantação de aquecimento solar com backup elétrico

Para se calcular o tempo de payback do investimento no sistema de aquecimento solar, foi usado como base o consumo de chuveiro elétrico de 4400W, tomando em média de 5 banhos por dia, com duração de 10 minutos cada banho, durante 30 dias. A tarifa usada foi a da Cemig, classe residencial bifásico, na bandeira verde, ou seja, R\$0,78236225 (valor referente ao ano de 2018).

Tabela 31: Consumo médio do chuveiro elétrico

PROJETO	CHUVEIRO	
Sistema	Chuveiro elétrico 4400W	
Tarifa (R\$/kWh)	R\$	0.78236225
Tempo de banho	10 min x 5 banhos = 50 min = 0,83h	
Dias de consumo por mês (dias)	30	
Consumo (KW) = Potencia (w) x tempo (h) / 1000	\$	109.56
Consumo em R\$ = Consumo KWh/Mês x Tarifa	\$	85.72

Fonte: Elaborado pelo autor

$$Payback = \frac{\text{Valor do investimento}}{\frac{\text{Valor economizado}}{\text{Inflação}}} = \text{Tempo de retorno (mês)}$$

$$Payback = \frac{R\$2686,80}{\frac{R\$85,72}{2,95}} = 92,46 \text{ meses OU } 7,7 \text{ anos}$$

6 CONCLUSÃO

Após avaliação verificou-se que o RTQ-R, Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, é, de fato, mais voltado para a redução do consumo de energia elétrica do que para o conforto do usuário onde um único item, sistema de aquecimento da água é capaz de alterar uma pontuação de C para A.

Já a classificação da envoltória, que avalia itens que impactam diretamente no número de graus hora de conforto dos usuários, é o verdadeiro desafio. Além dos itens propostos, não detectou-se quais outras alterações poderiam ser feitas para alcançarmos nota 5,00.

Com levantamento do custo das modificações proposta, constata-se que com um pouco mais de investimento, 2% do custo total da obra, há uma melhoria significativa na eficiência da edificação na qual além do conforto gerado ao usuário existe uma redução no gasto de energia da casa.

Portanto, cabe ao arquiteto um cuidado maior na hora da especificação dos materiais, equipamentos e sistemas construtivos e, além disso, informar seus clientes sobre o impacto de algumas decisões na eficiência energética da edificação.

REFERÊNCIAS

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

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

_____. ABNT. *NBR 5413* – Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. ABNT. *NBR 5665* – Cálculo do tráfego nos elevadores. Rio de Janeiro, 1983.

BRASIL A. Eletrobras/ Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. *Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações*. Rio de Janeiro, setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BCF1A3743-CECB-48EF-B2CA-E2B4D4173337%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>> Acesso em: 2018.

BRASIL B. Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017* / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: junho. 2018.

BRASIL C. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Instituto Nacional De Meteorologia - INMET. *Normais Climatológicas (1981-2010)*. Brasília, INMET, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BRASIL D. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Anexo I do RTQ-R:*

Dispositivos de Proteção Solar em edificações residenciais. Rio de Janeiro. [20-]. Disponível em: < <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 05 jul.2018.

BRASIL E. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Anexo da Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013: Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros.* Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:< <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

BRASIL F. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012: Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.* Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:< <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. *Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo.* TOPOS: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

DORNELLES, Kelen Almeida. *Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.* 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ANEXO A – Planilha de Cálculo do RTQ-R



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

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suite Casal
	Área útil do APP	m ²	14,57
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1
	Contato com solo	adimensional	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,33
	CTcob	kJ/m ² .K	254,00
	αcob	adimensional	0,75
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00
	qpar	adimensional	0,10
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	4,90
	LESTE	m ²	8,24
	OESTE	m ²	1,62
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	6,44
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,43
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes	m ²	23,25
	Pé Direito	m	2,70
	C altura	adimensional	0,185
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	D 2886
	Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano C 12,871
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano C 13,104	

ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Quarto 1	Quarto 2	Escritório	Sala de Jantar/Estar/Cozinha
11,19	11,19	8,91	50,90
1	1	1	0
0	0	0	1
0	0	0	0
1,33	1,33	1,33	0,00
254,00	254,00	254,00	0,00
0,75	0,75	0,75	0,00
2,46	2,46	2,46	2,46
150,00	150,00	150,00	150,00
0,10	0,10	0,10	0,10
0	0	0	0
0	0	0	0
0,00	0,00	6,61	0,00
0,00	0,00	0,00	9,04
7,50	7,50	5,73	23,40
0,00	0,00	0,00	9,39
0,00	0,00	2,30	0,00
0,00	0,00	0,00	11,51
1,95	1,95	1,56	5,40
0,00	0,00	0,00	1,11
0,46	0,46	0,62	0,51
0,00	0,00	0,00	0,34
25,80	25,80	14,73	28,71
2,70	2,70	2,70	3,00
0,241	0,241	0,303	0,059
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
D	D	D	A
2742	2742	2943	-342
B	B	B	C
9,579	9,579	8,443	13,713
C	C	Não se aplica	Não se aplica
16,325	16,325	0,000	0,000

Pré-requisitos por ambiente			
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	150
		Upar, CTpar e apar	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctcob e acob atendem?	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?
	Há corredor no Ambiente?		Sim
	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste		13,27
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m²]	6,02
		Ai/Auamb (%)	45,37
		Atende 12,5%?	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	2,79
		Av/Auamb (%)	21,02
		Atende % mínima?	Sim
		Tipo de abertura	correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não
		Atende?	Sim

150	150	150	150
Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Não	Não
Não	Não	Não	Não
0	0	0	0
1,8	1,8	3,23	16,83
16,09	16,09	36,25	33,06
sim	sim	sim	sim
0,9	0,9	2,38	8,59
8,04	8,04	26,71	16,88
Sim	Sim	Sim	Sim
correr	correr	correr	correr
Sim	Sim	Sim	Sim
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	D
		3,86	2,00
	Envoltória para Inverno	C	C
3,38		3,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	C	
	3,00	3,00	

A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"

D	D	D	A
2,00	2,00	2,00	5,00
B	B	B	C
4,00	4,00	4,00	3,00
C	C	Não se aplica	Não se aplica
3,00	3,00	0,00	0,00

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Não se aplica
	Medição individual de energia?		Não se aplica
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	2,38
		Área Aberturas orientação Sul	8,54
		Área Aberturas orientação Leste	5
		Área Aberturas orientação Oeste	4,9
		A2/A1	1,43793911
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão	B	B
		3,86	3,86
	Envoltória para Inverno	C	C
3,38		3,38	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C	C	
		3,00	3,00

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B	B
		3,69	3,69

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	2,38
		AATVS (m²)	8,54
		AATVL (m²)	5
		AATVO (m²)	4,9
		ATFN (m²)	17,79
		ATFS (m²)	39
		ATFL (m²)	63,23
		ATFNO (m²)	68,28
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	13,4%
		Porosidade Sul	21,9%
		Porosidade Leste	7,9%
		Porosidade Oeste	7,2%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
		Bonificação	0
	Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre \geq 30% da área da abertura?	Não
		Bonificação	0

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_c$?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,1	
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0	
		Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
	Ventiladores de Teto	Bonificação	0,1	
		Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Sim
	Refrigeradores	Bonificação	0,1	
		Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Refrigeradores	Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Bonificação	0,1	
		Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	0

Total de bonificações	0,7
------------------------------	------------

Pontuação Total	Identificação	Casa
	Envoltória para Verão	B 3,86
	Envoltória para Inverno	C 3,38
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 3,69
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,70
	Região	Sudeste
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	3,45

ANEXO B – Dimensionamento de sistema solar de aquecimento de água, segundo RTQ-R

Atualizada em: 06/11



Análise do Sistema de Aquecimento Solar de Água RTQ - Edificações Residenciais

Pessoas/dormitório	1	personas	
N total pessoas no edif	3	personas	
Volumepessoa/dia	50	litros/pessoa/dia	
V.....	150	litros/dia	V.....: volume de consumo diário de água a ser aquecida (litros/dia)
T.....	40	° C	T.....: temperatura de consumo de utilização (°C).
T.....	60	° C	T.....: temperatura de armazenamento da água (°C)
T.....	23	° C	T.....: temperatura ambiente média anual do ar externo do local de instalação (oC), de acordo com o Anexo D da NBR 155
V.....	63	litros	V.....: volume de armazenamento do sistema de aquecimento solar (litros).
V.....	200	litros	

Mês	N (dias/mês)	T _{ar} (°C)	DE _{mês} (kWh/mês)	
Jan	31	20,8	103,56	$DE_{mês} = Q_{dia} \times N \times (T_{acc} - T_{ar}) \times 1,16 \times 10^{-3}$ DE _{mês} : demanda de energia (kWh/mês); N: número de dias do mês considerado (dias/mês); T _{ar} : temperatura da água fria da rede (°C). Observação: numa análise mensal é possível utilizar valores variáveis conforme as condições climáticas da região, como por exemplo, o consumo diário de água quente e a temperatura da água fria. No caso da temperatura de água fria é possível adotar valores variáveis com a temperatura ambiente média mensal da região (T _{amb}), utilizando para T _{ar} o T _{amb} menos 2°C.
Fev	28	21,0	92,57	
Mar	31	20,9	103,03	
Abr	30	19,7	105,37	
Mai	31	17,6	120,83	
Jun	30	16,5	122,67	
Jul	31	16,0	129,46	
Ago	31	17,7	120,29	
Set	30	19,1	103,10	
Out	31	19,7	103,50	
Nov	30	20,2	103,36	
Dez	31	20,2	106,80	

Mês	N ^o (dias/mês)	H _{inc} (kWh/m ² dia)	EI _{inc} (kWh/m ²)
Jan	31	4,17	129,27
Fev	28	4,83	135,24
Mar	31	4,16	128,96
Abr	30	4,01	120,30
Mai	31	3,84	119,04
Jun	30	3,7	111,00
Jul	31	4,01	124,31
Ago	31	4,31	133,61
Set	30	3,95	118,50
Out	31	3,96	122,76
Nov	30	4,67	140,10
Dez	31	4,16	128,96

$$EI_{mês} = H_{inc} \times N$$

El_{inc}: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m².mês));

H_{inc}: radiação solar incidente no plano inclinado (kWh/(m².dia)), obtida em mapas solarimétricos, variável em função da região (disponível no sítio do CRESEB ou RadiSol para latitude e longitude do local);

N: número de dias do mês.

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

FR (τ ₀) _n	0,71	adimensional
$\frac{(\tau_0)}{(\tau_0)_n}$	0,96	
$\frac{F_R}{F_R}$	0,95	
F'R (τ ₀)	0,64752	
Área disponível	40	m ²
Área do coletor	2	m ²
N ^o coletores	1	
S _c	2	m ²

$$F'_R(\tau_0) = F_R(\tau_0)_n \times \left[\frac{(\tau_0)}{(\tau_0)_n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$$

FR (τ₀): fator de eficiência óptica do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (adimensional);

$\frac{(\tau_0)}{(\tau_0)_n}$: modificador do ângulo de incidência (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,96 para coletores com cobertura de vidro);

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

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

Mês	DE _{inc} (kWh/m ² .mês)	EI _{inc} (kWh/m ²)	EA _{inc} (kWh/m ² .mês)	D ₁
Jan	103,56	129,27	167,41	1,616474
Fev	92,57	135,24	175,14	1,892028
Mar	103,03	128,96	167,01	1,621041
Abr	105,97	120,30	155,79	1,47022
Mai	120,83	119,04	154,16	1,275901
Jun	122,67	111,00	143,75	1,171839
Jul	129,46	124,31	160,99	1,243561
Ago	120,29	133,61	173,03	1,438488
Set	109,10	118,50	153,46	1,406646
Out	109,50	122,76	158,98	1,451888
Nov	103,36	140,10	181,44	1,755439
Dez	106,80	128,96	167,01	1,563731

$$EA_{mês} = S_c \times F'_R(\tau_0) \times EI_{mês}$$

S_c: superfície de absorção do coletor (m²);

El_{inc}: energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m².mês));

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

DE_{inc}: demanda de energia (kWh/m².mês)

EA_{inc}: energia solar mensal absorvida pelos coletores (kWh/m².mês)

F _R U _L	5,054	W/(m ² .K)
$\frac{F_R}{F_R}$	0,95	
F' _R U _L	0,0048013	

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

F_RU_L: coeficiente global de perdas do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (W/(m².K));

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

S _c	2	m ²
V _{água armazenada}	200	litros
T _{ACS}	40	°C
FR (τ ₀) _n	0,71	
F'R (τ ₀)	0,64752	

Mês	DE _{mês} (kWh)	T _{amb} (°C)	T _{af} (°C)	Δt (horas)	K ₁	K ₂	EP _{mês} (kWh)	D ₁
Jan	103,56	22,8	20,8	744	0,9306049	1,11647668	573,05	5,5332702
Fev	92,57	23	21,0	672	0,9306049	1,12337662	519,44	5,611496
MAR	103,03	22,9	20,9	744	0,9306049	1,11992218	574,08	5,5721783
Abr	105,97	21,7	19,7	720	0,9306049	1,07915709	543,67	5,1305809
Mai	120,83	19,6	17,6	744	0,9306049	1,01074627	540,29	4,4716348
Jun	122,67	18,5	16,5	720	0,9306049	0,97631902	511,96	4,1734733
Jul	129,46	18	16,0	744	0,9306049	0,96097561	523,31	4,0469806
Ago	120,29	19,7	17,7	744	0,9306049	1,01392279	541,31	4,500199
Set	103,10	21,1	19,1	720	0,9306049	1,05923954	537,72	4,9287984
Out	109,50	21,7	19,7	744	0,9306049	1,07915709	561,79	5,1305809
Nov	103,36	22,2	20,2	720	0,9306049	1,09598972	548,62	5,3080748
Dez	106,80	22,2	20,2	744	0,9306049	1,09598972	566,91	5,3080748

$$K_1 = \left[\frac{V}{175 \times S_c} \right]^{-0,25}$$

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

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

$$D_1 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$

Mês	D ₁	D ₂	f
Jan	1,61647414	5,533270189	0,80943017
Fev	1,89202759	5,611495957	0,90740583
MAR	1,62104062	5,572178294	0,80952752
Abr	1,47021981	5,130580834	0,76549662
Mai	1,27590148	4,471634776	0,7040538
Jun	1,17183859	4,17347334	0,66406021
Jul	1,24356092	4,04698061	0,7085188
Ago	1,43848833	4,500198957	0,78117554
Set	1,40664577	4,928798351	0,74586443
Out	1,45188789	5,130580834	0,7572331

V: volume de acumulação solar (litros) (recomenda-se que o valor de V seja tal que obedeça a condição $50 < v/s_c < 100$)

S_c: superfície de absorção do coletor (m²);

K₁: fator de correção para armazenamento

K₂: fator de correção para o sistema de aquecimento solar que relaciona as diferentes temperaturas

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

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

F'RU_L: fator, em kWh/(m².K)

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

ΔT: período de tempo considerado (horas);

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$

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

Nor	1,75543852	5,308074799	0,87335847
Dec	1,5637311	5,308074799	0,79789317

Mês	DE_{mês} (kWh)	f	EU_{mês} (kWh)
Jan	103,56	0,809430165	83,83
Fev	92,57	0,907405832	84,00
Mar	103,03	0,809527522	83,40
Abr	105,37	0,765436618	81,12
Mai	120,83	0,704053804	85,07
Jun	122,67	0,664060206	81,46
Jul	129,46	0,708518805	91,72
Ago	120,29	0,781175541	93,96
Set	109,10	0,745864433	81,37
Out	109,50	0,7572331	82,92
Nor	103,36	0,873358466	90,27
Dec	106,80	0,797893169	85,22
TOTAL	1.327,12		1.024,33

$$EU_{mês} = f \times DE_{mês}$$

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

f : fração solar mensal;

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

F	0,771846
anual	77,18%

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} EU_{mês}}{\sum_{i=1}^{12} DE_{mês}}$$

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

Verificação do volume de armazenamento do	
V_{reserva}	200
N° coletores	1
Área do coletor	2
Área de coletores	2
V_{reserva} / Área_{coletora}	100,00

m²

ANEXO C – PLANILHA DE CÁLCULO DO RTQ-R COM MODIFICAÇÕES SUGERIDAS

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática do cálculo	ZB3
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte Casal
	Área útil do APP	m ²	14,57
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1
	Contato com solo	adimensional	0
	Sobre Pilotis	adimensional	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,87
	CTcob	kJ/m ² .K	254,00
	αcob	adimensional	0,75
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00
	αpar	adimensional	0,10
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0
	CTalta	binário	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	4,90
	LESTE	m ²	8,24
	OESTE	m ²	1,62
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00
	SUL	m ²	6,44
	LESTE	m ²	0,00
	OESTE	m ²	0,00
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,43
	Somb	adimensional	0,00
Características Gerais	Área das Paredes	m ²	23,25
	Pé Direito	m	2,70
	∠ altura	adimensional	0,185
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	GHR	°C.h	D 2807
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B 12,689
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	C 12,640

ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Quarto 1	Quarto 2	Escritório	Sala de Jantar/Estar/Cozinha
11,19	11,19	8,91	50,90
1	1	1	0
0	0	0	1
0	0	0	0
0,87	0,87	0,87	0,00
254,00	254,00	254,00	0,00
0,75	0,75	0,75	0,00
2,46	2,46	2,46	2,46
150,00	150,00	150,00	150,00
0,10	0,10	0,10	0,10
0	0	0	0
0	0	0	0
0,00	0,00	6,61	0,00
0,00	0,00	0,00	9,04
7,50	7,50	5,73	23,40
0,00	0,00	0,00	9,39
0,00	0,00	2,30	0,00
0,00	0,00	0,00	11,51
1,95	1,95	1,56	5,40
0,00	0,00	0,00	1,11
1,00	1,00	0,84	0,51
1,00	1,00	0,50	0,34
25,80	25,80	14,73	28,71
2,70	2,70	2,70	3,00
0,241	0,241	0,303	0,059
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
B	B	C	A
1274	1274	2316	-342
B	B	B	C
8,797	8,797	8,018	13,713
C	C	Não se aplica	Não se aplica
14,660	14,660	0,000	0,000

Pré-requisitos por ambiente			
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	150
		Upar, CTpar e apar atendem?	Sim
	Cobertura	Ucob, Ctoob e acob atendem?	Sim
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?
	Há corredor no Ambiente?		Sim
	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste		13,27
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m²]	6,02
		Ai/Auamb (%)	45,37
		Atende 12,5%?	sim
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	2,79
		Av/Auamb (%)	21,02
		Atende % mínima?	Sim
		Tipo de abertura	correr
		Abertura passível de fechamento?	Sim
		ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?	Não
Atende?	Sim		

150	150	150	150
Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Não	Não
Não	Não	Não	Não
0	0	0	0
1,27	1,27	2,82	16,83
11,35	11,35	31,65	33,06
não	não	sim	sim
1,95	1,95	3,26	8,59
17,43	17,43	36,59	16,88
Sim	Sim	Sim	Sim
abrir	abrir	abrir	correr
Sim	Sim	Sim	Sim
Não	Não	Não	Não
Sim	Sim	Sim	Sim

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do		
	Envoltória para Verão	B	D
		4,24	2,00
	Envoltória para Inverno	C	B
	3,11	4,00	
Envoltória se Refrigerada	C	C	
	3,00	3,00	

A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"

C	C	C	A
3,00	3,00	3,00	5,00
C	C	B	C
3,00	3,00	4,00	3,00
C	C	Não se aplica	Não se aplica
3,00	3,00	0,00	0,00

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Não se aplica
	Medição individual de energia?		Não se aplica
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	2,38
		Área Aberturas orientação Sul	8,54
		Área Aberturas orientação Leste	7,26
		Área Aberturas orientação Oeste	4,9
		A2/A1	1,702576112
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	2
		Nº Banheiros com ventilação natural	2
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	B 4,24
Envoltória para Inverno	C 3,11	C 3,11	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C 3,00	C 3,00	

Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos	Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural	Nota final da envoltória da UH
		B 3,83	B 3,83

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	2,38
		AATVS (m²)	8,54
		AATVL (m²)	7,26
		AATVO (m²)	4,9
		ATFN (m²)	17,79
		ATFS (m²)	39
		ATFL (m²)	63,23
		ATFNO (m²)	68,28
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	13,4%
		Porosidade Sul	21,9%
		Porosidade Leste	11,5%
		Porosidade Oeste	7,2%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Não
Bonificação		0	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?	Não	
	Bonificação	0	

Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_p$?	Sim
		Bonificação	0,2
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1

Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,1
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	1
		Bonificação	0,1
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência	Sim
		Bonificação	0,1
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0,1
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	
		Bonificação	0
	Total de bonificações		0,7

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Não
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	
	Espessura do isolamento (cm)	1
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
	A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de	A

Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A, ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	200
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	2
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	100,00
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	1
	Classificação	A
	5	

Sistema de aquecimento a Gás	Pré-requisito: os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação possuem ENCE A ou B?	
	Potência do sistema de aquecimento e volume de armazenamento dentro da variação de + ou - 20%?	
	Demanda	0
	Classificação	

Bombas de Calor	Insira o COP do Equipamento (w/w)	
	Demanda	0
	Classificação	

Sistema de Aquecimento Elétrico		
Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (w)	
	Demanda	0
	Classificação	
Aquecedor elétrico de Hidromassagem	Insira a Potencia Máxima do Equipamento (w)	
	Demanda	0
	Classificação	
Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler)	Escolha uma opção ao lado:	
	Demanda	0
	Classificação	

Pontuação Total	Identificação	Casa
	Envoltória para Verão	B
	Envoltória para Inverno	C
	Aquecimento de Água	A
	Equivalente numérico da envoltória	3,83
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C
	Bonificações	0,70
	Região	Sudeste
	Coefficiente a	0,65

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,94