

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Natália Carolina Sousa Nascentes Marra

Análise da envoltória pela norma de desempenho – ABNT NBR 15575-4 e RTQ-R da tipologia de edifícios de habitação de interesse social em Belo Horizonte – MG

BELO HORIZONTE

2013

Natália Carolina Sousa Nascentes Marra

Análise da envoltória pela norma de desempenho – ABNT NBR 15575-4 e RTQ-R da tipologia de edifícios de habitação de interesse social em Belo Horizonte – MG

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como exigência para obtenção do título de Especialista

Orientador: Prof. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

BELO HORIZONTE

2013

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a Roberta Vieira Gonçalves de Souza, pelos ensinamentos e gentileza na condução da orientação;

Aos meus pais pelo apoio e confiança depositados em mim;

Ao meu marido Luiz, pela paciência e apoio;

Aos meus colegas de trabalho pela compreensão, ajuda e ensinamentos diários;

A turma do curso de Sustentabilidade pelo companheirismo, amizade e trocas de conhecimento.

RESUMO

O padrão de construção atual tem sido avaliado em relação ao seu desempenho e gasto com energia elétrica. A norma de desempenho NBR 15575, ainda não em vigor, exigirá que os edifícios atendam à requisitos mínimos de desempenho, o que poderá alterar o custo básico das edificações. Regulamentos de eficiência energética, como por exemplo, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ), estabelece requisitos mínimos de desempenho para os edifícios residenciais, comerciais e de serviços, e apesar de não obrigatório, pode servir como parâmetro para análises da qualidade das edificações. Em Belo Horizonte, diversos edifícios estão sendo implantados por meio da política de habitação popular, que constituiu no reassentamento de famílias que vivem em áreas de risco geológico ou em áreas que são de interesse do setor público. Essas edificações possuem um limite orçamentário baixo, dificultando melhorias no padrão construtivo. O presente trabalho tem como objetivo apontar as modificações necessárias nos edifícios de reassentamento da prefeitura de Belo Horizonte, no que diz respeito ao desempenho térmico das paredes e coberturas após a aplicação da nova norma, NBR 15575. Bem como analisar uma possível etiquetagem da envoltória pelo RTQ-R-2010 (Edifícios residenciais). O método de abordagem utilizado foi o dedutivo, uma vez que o seu resultado se baseia em análises de dados comparativos de acordo com normas e fórmulas já definidas. O procedimento utilizado foi um estudo de caso monográfico, abordado por meio da análise de uma tipologia padrão de edifícios utilizada para reassentamento populacional em Belo Horizonte. Os resultados permitiram concluir que é possível atender a nova norma de desempenho, NBR 15575, e melhorar o nível de eficiência energética por meio de soluções simples com baixo impacto no custo final das edificações.

Palavras-chave: Norma de desempenho; NBR 15575; RTQ-R 2010, Eficiência Energética, Reassentamento, Conforto térmico; Envoltória; Desempenho térmico.

ABSTRACT

The current pattern of construction has been evaluated in relation to performance and energy consumption. The performance standard NBR 15575, not yet in force, will require buildings to meet minimum performance requirements, which may change the basic cost of buildings. Energy efficiency regulations, such as the Quality Technical Regulation of the Level of Energy Efficiency of Residential Buildings (RTQ), establish minimum performance requirements for residential, commercial and service buildings, and although not mandatory, can serve as parameter for analyzes of the quality of buildings. In Belo Horizonte, several buildings are being implanted through the social housing policy, which has resulted in the resettlement of families living in areas of geological risk or in areas that are of interest to the public sector. These buildings have a low constructive pattern, hindering to implement improvements in relation to new techniques and materials. The aim of this work is to show the necessary modifications in this resettlement buildings implanted in Belo Horizonte city, about to the thermal performance of the walls and roofs, according the new standard, NBR 15575. As well as to analyze a possible labeling of the envelope by the standard RTQ-R-2010 (Residential buildings). The method used was the deductive methodology, as its results are based on the analysis of comparative data through established standards and formulae. The object will be a final case study paper analyzed through a non-probability sampling method by typicality, featuring research on a typical group, i.e. building typologies. The results allowed to conclude that it is possible to meet the new performance standard, NBR 15575, and to improve the level of energy efficiency, through simple solutions with low impact on the final cost of the buildings.

Keywords: Performance standard; NBR 15575; RTQ-R 2010, energetic efficiency, resettlement, thermal comfort; envelope; thermal performance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 ABNT NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho.....	11
2.1.1 Níveis de desempenho.....	12
2.1.2 Desempenho térmico.....	12
2.2 RTQ-R 2010– Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais	15
2.2.1 Pré requisito geral.....	16
2.2.2 Envoltória.....	17
2.2.3 Sistema de aquecimento de água.....	22
2.2.4 Bonificações	23
3 METODOLOGIA	23
3.1 Estudo de Caso - O Programa Habitacional da Prefeitura de Belo Horizonte	23
3.1.2 Implantação	25
3.1.3 Tipologia de reassentamento	27
4- RESULTADOS	33
4.1 Análise e discussão dos resultados pela Norma de Desempenho.....	33
4.2 Análise da edificação pelo RTQ-R	37
4.2.1 Análise na substituição da telha de fibrocimento	38
4.2.2 Classificação do Nível de Eficiência de Unidades Autônomas	40
4.2.3 Ventilação cruzada.....	48
4.2.4 Bonificações	48
4.2.4 Classificação Final da Envoltória	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS.....	60

LISTA FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma Ilustrativo dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico da edificação	13
Figura 2- Pré-requisito geral (Edifícios Multifamiliares)	16
Figura 3 -Edifícios habitacionais Vila São José	25
Figura 4 –Exemplo de implantação dos conjuntos habitacionais	26
Figura 5-Terreno onde será implantado as edificações	26
Figura 6–Edificação escolhida para análise	27
Figura 7– Posicionamento do sol em relação ao edifício	27
Figura 8– Planta do pavimento tipo	28
Figura 9– Exemplo de tipologia já construída.....	29
Figura 10 – Corte tipologia de implantação	29
Figura 11– Imagem interna de um dos ambientes da edificação	29
Figura 12 - Exemplo de tipológica construída	30
Figura 13 - Exemplo de tipológica construída	31
Figura 14– Exemplo de tipológica construída.....	31
Figura 15– Exemplo de tipológica construída.....	31
Figura 16– Composição paredes externas da tipologia de edifícios	32
Figura 17– Composição da cobertura da tipologia de edifícios	33
Figura 18– Cobertura de tipologia existente.....	33
Figura 19- Janela dos quartos.....	34
Figura 20- Janela da Sala	35
Figura 21- Janela Cozinha/ Área de serviço.....	36
Figura 22 - Etiqueta E edificação	37
Figura 23 - Telha de alumínio.....	38
Figura 24 - Telha cerâmica.....	39
Figura 25- Escurecimento da telha de fibrocimento	40
Figura 26 - Cobertura com forro de gesso	40
Figura 27- Telha de fibrocimento escurecida pela ação do tempo	41
Figura 28 – Manta térmica.....	42
Figura 29 - Instalação manta térmica	42
Figura 30- Chuveiro elétrico cromado D=1/2" LORENZETTI/SIM.....	47
Figura 31- Ventilação cruzada.....	48
Figura 32- Etiquetagem utilizando cores claras, fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas	57

Figura 33- Resultado etiquetagem utilizando cores claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas58

Figura 34- Ponderação final – Etiquetagem edifício utilizando-se de cores claras, fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas58

LISTA TABELAS

Tabela 1- Transmitância térmica de paredes externas	14
Tabela 2- Capacidade térmica de paredes externas.....	14
Tabela 3 - Áreas mínimas de aberturas para	14
Tabela 4- Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica	15
Tabela 5- Equivalente Numérico (EqNum) para cada nível de eficiência.....	17
Tabela 6 - Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida..	17
Tabela 7–Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento - Zona bioclimática 3.....	19
Tabela 8 –Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento - Zona bioclimática 3.....	19
Tabela 9- Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas	20
Tabela 10- Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área de piso	21
Tabela 11- Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água	22
Tabela 12- Propriedade térmica das paredes	32
Tabela 13- Propriedade térmica da cobertura	33
Tabela 14- Análise comparativa entre os dados obtidos e a norma de desempenho	34
Tabela 15 - Análise abertura para ventilação tipologias 1 e 2	36
Tabela 16- Análise abertura para ventilação tipologias 3 e 4	36
Tabela 17- Comparativo entre as propriedades térmicas das paredes do edifício e o exigido pela norma	37
Tabela 18- Comparativo entre as propriedades térmicas da cobertura do edifício e o exigido pela norma	37
Tabela 19 – Comparativo entre a área de iluminação existente e o exigido pelo RTQ-R, 2010.....	38
Tabela 20- Especificações técnicas Manta de alumínio Disbel	42
Tabela 21 - Apart. 404- Análise envoltória utilizando pintura branca em telha de fibrocimento.....	40
Tabela 22 - Apart. 402- Análise envoltória utilizando pintura branca em telha de fibrocimento.....	41
Tabela 23- Apart. 404- Análise envoltória utilizando manta de alumínio e telha de fibrocimento.....	41
Tabela 24- Apart. 402- Análise envoltória utilizando manta de alumínio e telha de fibrocimento.....	42

Tabela 25- Apart. 404- Análise envoltória utilizando manta de alumínio, telha de fibrocimento e veneziana nas janelas.	43
Tabela 26 - Apart. 402- Análise envoltória utilizando manta de alumínio, telha de fibrocimento e veneziana nas janelas.	43
Tabela 27- EqNumEnv apartamento 402 e 404	44
Tabela 28- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento pintada de branca	44
Tabela 29- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento e manta de alumínio.....	45
Tabela 30- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento e manta de alumínio e veneziana nas janelas.	45
Tabela 31- Coeficientes da Equação 5	46
Tabela 32 - Características técnicas do chuveiro Lorenzetti	47
Tabela 33 -Pré-requisito iluminação.....	48
Tabela 34- Bonificação porosidade – Fachadas Norte e Sul	49
Fonte: AUTORA, 2011 Tabela 35- Bonificação porosidade – Fachadas Leste e Oeste.....	49
Tabela 36- Bonificação Iluminação natural	51
Tabela 37 – Classificação final Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e chuveiro elétrico.	53
Tabela 38– Classificação final Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e aquecedor solar.....	54
Tabela 39 – Classificação final -Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e chuveiro elétrico.....	54
Tabela 40– Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e aquecedor solar.	55
Tabela 41 – Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e chuveiro elétrico.	55
Tabela 42 - Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e aquecedor solar.....	56

1 INTRODUÇÃO

A prefeitura de Belo Horizonte possui uma política de habitação popular que proporciona moradia às famílias retiradas de áreas de risco geológico, removidas em função de obras públicas e integrantes de programas de habitação. Essas edificações de reassentamento constituem em edifícios de tipologia padrão e são implantadas em diversas áreas da cidade.

A partir da elaboração da norma NBR 15575, ainda não em vigor, o padrão de construção atual deverá atender à requisitos de desempenho específicos que poderão alterar o custo básico das edificações, como às integrantes da política de habitação popular.

O presente trabalho tem como objetivo apontar as modificações necessárias nos edifícios de reassentamento da prefeitura de Belo Horizonte, no que diz respeito ao desempenho térmico das paredes e coberturas após a aplicação da NBR 15575, além de analisar uma possível etiquetagem da envoltória pelo RTQ-R-2010.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R-2010), que tem como objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações unifamiliares e multifamiliares e especificar os requisitos técnicos para a classificação quanto à eficiência energética, visa a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Inmetro.

A partir dos resultados obtidos, serão propostas soluções que possam aumentar o nível de eficiência energética e atender a norma de desempenho NBR 15575.

As edificações de reassentamento possuem um padrão construtivo reduzido, limitando assim as opções de melhorias quanto ao custo dos sistemas. A baixa manutenção também deverá ser considerada nas propostas, visando melhor conforto térmico, atendimento à norma e alterações mínimas no orçamento da obra.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ABNT NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15575, estabelece o desempenho mínimo obrigatório para alguns sistemas do edifício ao longo de sua vida útil.

Concebida com base no conceito de desempenho, refere-se aos sistemas que compõem o edifício, independente dos seus materiais e do sistema construtivo utilizado. Seu foco está nas exigências dos usuários quanto aos resultados que o edifício ou sistema deve atingir no seu comportamento em uso e não na forma no qual foi construído. A 15575 explora conceitos que muitas vezes não são considerados em Normas prescritivas específicas, como, por exemplo, o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

A norma divide-se em seis partes:

- NBR 15575-1: Requisitos gerais;
- NBR 15575-2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- NBR 15575-3: Requisitos para os sistemas de pisos internos;
- NBR 15575-4: Sistemas de vedação verticais externas e internas;
- NBR 15575-5: Requisitos para sistemas de coberturas e
- NBR 15575-6: Sistemas hidrossanitários.

Nos Requisitos gerais, são utilizadas como referência para determinação dos critérios, as exigências dos usuários quanto à segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Em sistemas estruturais, a norma apresenta critérios técnicos e de segurança psicológica, como: Evitar destacamentos, fissuras e sensações de insegurança aos usuários devido às deformações de quaisquer elementos do edifício. Nos sistemas de pisos internos, estabelece requisitos como: Segurança contra incêndio, resistência ao escorregamento, estanqueidade, desempenho acústico, entre outros.

Os requisitos estabelecidos pelo Sistema de vedações verticais internas e externas devem atender quanto à segurança estrutural, segurança contra incêndio, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, entre outros. Sobre os sistemas de coberturas, a norma faz referência a resistência e a durabilidade, a ação do granizo, deslizamento de componentes, escoamento de águas pluviais, absorvência térmica e estabilidade na cor de telhas.

Nos sistemas hidrossanitários são definidos parâmetros como: Sobrepressão nas válvulas de descarga, resistência das tubulações e sobrepressão máxima da parada de bombas de recalque.

2.1.1 Níveis de desempenho

São três os níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). Todos os sistemas devem ter um desempenho que atinja pelo menos o nível Mínimo (M).

A norma 15575 é voltada para edifícios de até cinco pavimentos, mas alguns requisitos devem ser utilizados também para edifícios mais altos.

2.1.2 Desempenho térmico

A edificação deve atender as exigências de desempenho térmico considerando a região de implantação e as características da zona bioclimática em questão.

São três os procedimentos para avaliação da edificação:

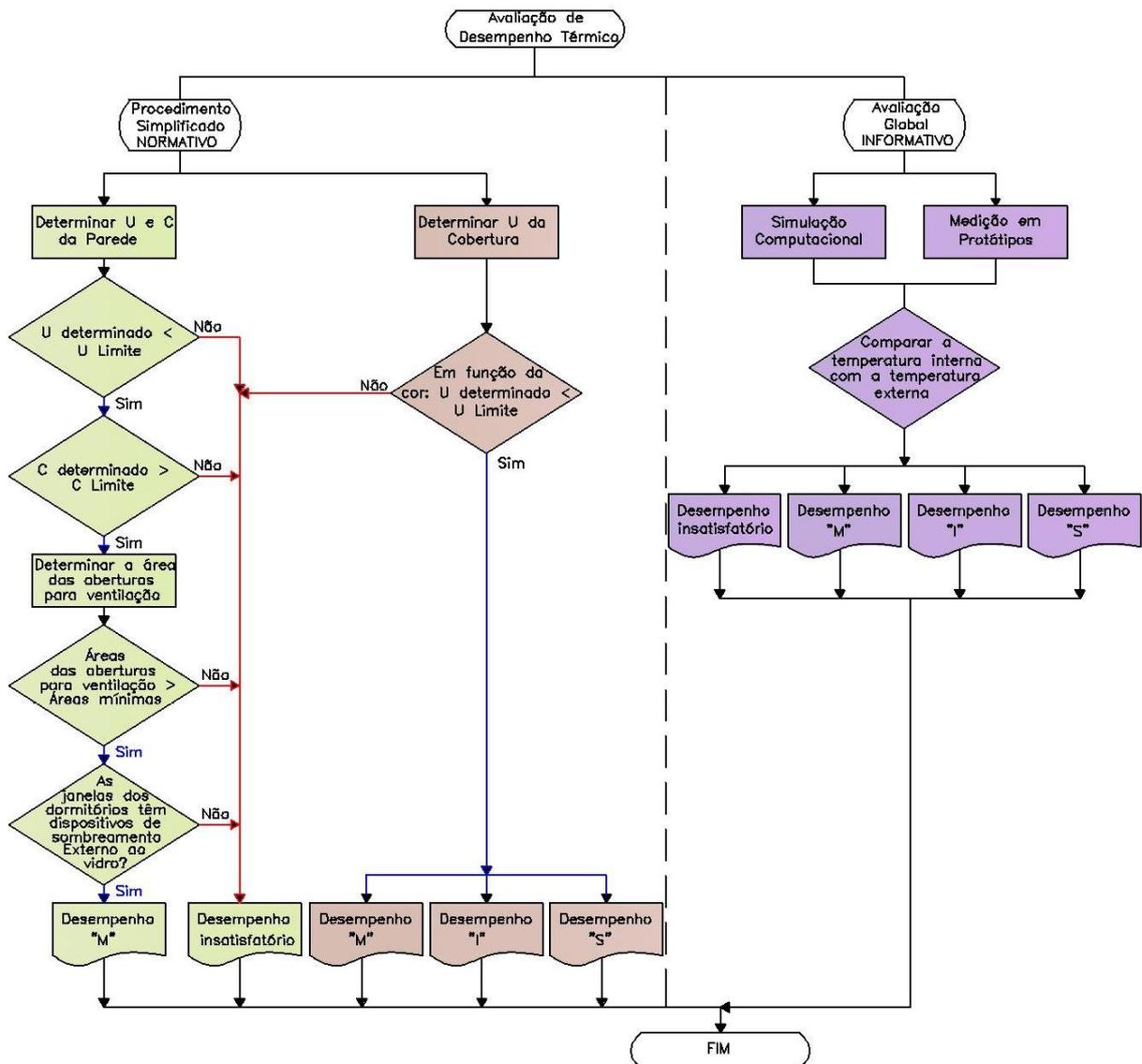
Procedimento 1: Simplificado (normativo): verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente.

Procedimento 2- Simulação: Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta ABNT NBR 15575-1, por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício;

Procedimento 3- Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

A figura 1, apresenta o fluxograma dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico, de acordo com a norma de desempenho.

Figura 1 - Fluxograma Ilustrativo dos procedimentos de avaliação do desempenho térmico da edificação



Fonte: Adaptado NBR 15575-1:2008

No desempenho térmico, os valores intermediários e máximos só são possíveis de se obter através de medição e simulação, no qual o valor máximo diário da temperatura do ar no interior de ambientes de permanência prolongada, sem contabilizar as fontes internas de calor (lâmpadas, ocupantes e outros equipamentos em geral) deve ser menor do que os valores definidos na norma para transmitância térmica de paredes e coberturas, de acordo com cada zona bioclimática, tendo como referência valores estabelecidos no anexo E da NBR 15575-1.

A edificação deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, que depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso e da região de implantação com suas respectivas características bioclimáticas definidas na ABNT NBR 15220-3.

O método procedimento simplificado normativo apresenta limites de resistência térmica, capacidade térmica e absorvência térmica, bem como áreas mínimas para ventilação e sombreamento nas janelas, por meio de dispositivos externos ao vidro. Os edifícios deverão apresentar transmitância e capacidade térmica que proporcionem o desempenho térmico mínimo para cada zona bioclimática.

A tabela 1 representa os valores máximos admissíveis para transmitância térmica das paredes, de acordo com a NBR 15575-4.

Tabela 1- Transmitância térmica de paredes externas		
Transmitância térmica U W/m ² . K		
Zonas 1 e 2 U ≤ 2,5	Zonas 3,4,5,6,7 e 8 α ^a ≤ 0,6 U ≤ 3,7	α ^a > 0,6 U ≤ 2,5
*α é absorvência à radiação solar da superfície externa da parede		
Fonte: NBR 15575-4: 2008		

Os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (CT) das paredes externas segundo NBR 15575-4 são representados na tabela 2.

Tabela 2- Capacidade térmica de paredes externas	
Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zona 8 Sem exigência	Zonas 1,2,3,4,5,6 e 7 ≥ 130
Fonte:NBR 15575-4:2008	

A norma de desempenho exige abertura nas fachadas com dimensões adequadas que proporcionem ventilação nos ambientes internos. Este requisito se aplica as salas, cozinhas e dormitórios. Os valores admissíveis são representados na tabela 3.

Tabela 3 - Áreas mínimas de aberturas para			
Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A) % da área do piso		
	Zonas 1 a 6	Zona 7	Zona 8

Mínimo	Aberturas médias $A \geq 8$	Aberturas pequenas $A \geq 5$	Aberturas grandes $A \geq 15$
Nas zonas 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio			

Fonte: NBR 15575-4:2008

Como requisito, a norma exige que a janela dos dormitórios nas oito zonas bioclimáticas, possua dispositivos de sombreamento externos ao vidro, com o objetivo de permitir o controle ao sombreamento, ventilação e escurecimento por parte do usuário.

As coberturas das edificações, também devem atender aos requisitos mínimos, devendo apresentar transmitância e absorptância térmica à radiação solar que proporcionem desempenho apropriado para cada zona bioclimática. Os valores admissíveis são apresentados na tabela 4.

Tabela 4- Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância térmica (U)				
W/ m ² /K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ^{a)}	
$U \leq 2,3$	$\alpha^{b)} \leq 0,6$	$\alpha^{b)} > 0,6$	$\alpha^{b)} \leq 0,4$	$\alpha^{b)} > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV

^{a)} Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro

^{b)} α é absorptância à radiação solar da superfície externa da cobertura

Fonte:15575-5:2008

Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 Kj (m²k) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

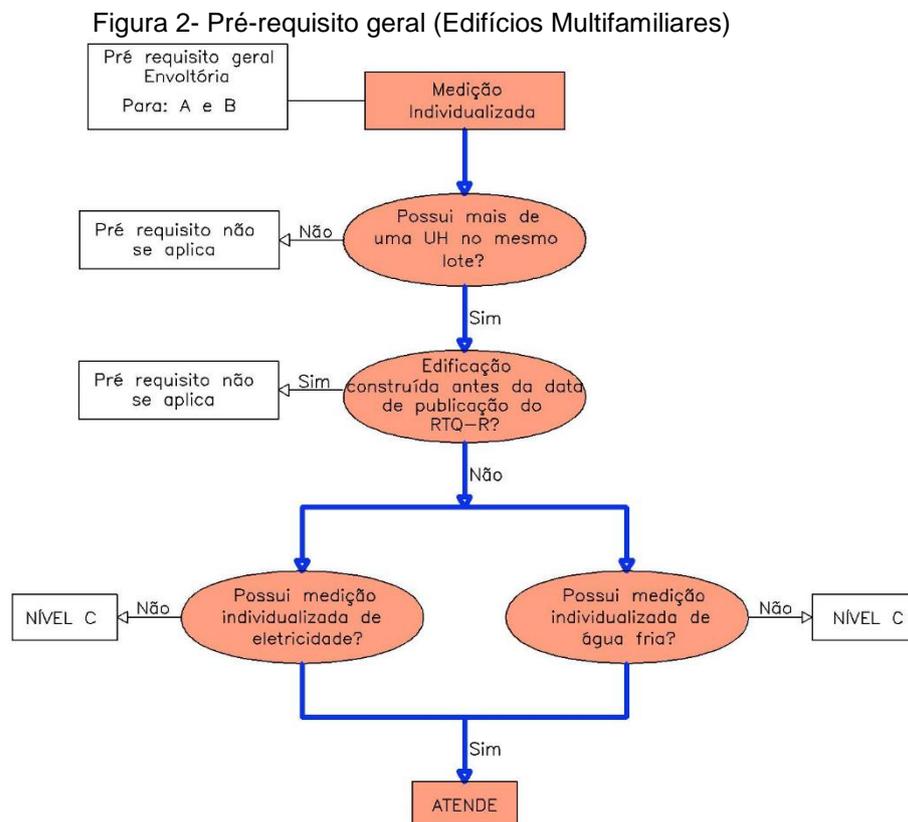
2.2 RTQ-R 2010– Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

O Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais, especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à eficiência energética. Seu

objetivo é criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares.

2.2.1 Pré requisito geral

Segundo o RTQ-R, para obtenção dos níveis de eficiência A ou B, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, estas devem possuir medição individualizada de eletricidade e água. A figura 2, apresenta como deve ser avaliado um dos requisitos gerais.



Fonte: Adaptado RTQ-R-2010.

O regulamento determina que a etiquetagem de eficiência energética deve ser feita da seguinte forma:

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

b) Edificação Unifamiliar: Aplica-se o procedimento descrito acima para a unidade habitacional autônoma;

Edificações Multifamiliares: A classificação do nível de eficiência é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas;

c) Áreas de uso comum: Avaliam-se os requisitos relativos à eficiência do(s) sistema(s) de iluminação artificial, do(s) sistemas de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas centrífugas, dos equipamentos e de eventuais bonificações.

O nível de eficiência de cada requisito equivale a um número de pontos correspondentes atribuídos conforme a Tabela 5. Item com pontuação em escala tem seu nível de eficiência obtido através da tabela 6.

Tabela 5- Equivalente Numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

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

Fonte: RTQ-R- 2010

Tabela 6 - 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- 2010

2.2.2 Envoltória

Classifica-se a envoltória pelo seu indicador de consumo relativo para aquecimento e refrigeração e do seu indicador de graus hora para resfriamento, obtido através de equações nas quais são inseridos dados relativos a propriedades físicas e térmicas dos materiais utilizados. O equivalente numérico da envoltória para resfriamento, representa o desempenho da envoltória para o verão, e o de aquecimento para o inverno. O equivalente para refrigeração é o desempenho da envoltória quando os

ambientes são refrigerados artificialmente, sendo este valor somente informativo, não entrando no cálculo do desempenho da envoltória.

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

Para o cálculo dos indicadores de graus-hora e consumo relativo para a determinação do equivalente numérico de cada Zona bioclimática, são necessários dentre outros dados:

- As áreas de abertura das quatro fachadas desconsiderando os caixilhos;
- As áreas das paredes externas dos ambientes.
- Área total do ambiente a ser avaliado.
- Área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas.
- Absortância da superfície externa da cobertura, quando a cobertura do ambiente estiver voltada para o exterior.
- Absortância externa das paredes.
- Coeficiente de altura, calculado pela razão entre o pé direito e a área útil do ambiente.
- Capacidade térmica da cobertura e das paredes.
- Transmitância térmica da cobertura e das paredes

O indicador de graus-hora para resfriamento (GHR) é obtido através de equações que se diferenciam de acordo com a zona bioclimática e utilizando de constantes indicadas no RTQ-R.

O consumo relativo para aquecimento (CA) (kWh/m²) é o consumo anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para aquecimento do ambiente durante o período de 21h às 8h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22°C. Assim como o resfriamento, calcula-se o consumo relativo anual para aquecimento (CA) de cada ambiente de permanência prolongada da UH através de equações, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada.

Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb) para resfriamento e aquecimento são obtidos por meio das tabelas 7 e 8.

Tabela 7–Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento - Zona bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmbResfr	Condição
A	5	GHR ≤ 822
B	4	GHR ≤ 1.643
C	3	1.643 < GHR ≤ 2.465
D	2	2.465 < GHR ≤ 3.286
E	1	GHR > 3.286

Fonte: RTQ-R- 2010

Tabela 8 –Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento - Zona bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmbResfr	Condição
A	5	CA ≤ 6.429
B	4	6.429 < CA ≤ 12.858
C	3	12.858 < CA ≤ 19.287
D	2	19.287 < CA ≤ 25.716
E	1	CA > 25.716

Fonte: RTQ-R- 2010

É necessário analisar cada ambiente de permanência prolongada separadamente, pois os valores variam de acordo com a orientação solar, implantação, posicionamento das aberturas e no caso de edificações multifamiliares, o posicionamento do apartamento em relação ao edifício (solo, intermediário, cobertura).

A etiquetagem é baseada no tipo de edificação residencial, onde são avaliados os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do sistema de aquecimento de água e a eventuais bonificações.

Pré-requisitos da envoltória:

Os pré requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância térmica solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada devem ser atendidos de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se localiza, conforme Tabela 9. O não atendimento a este pré-requisito implica em nível “E” nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente.

Tabela 9- Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

Zona Bioclimática	Componente	Absorvância solar	Transmitância térmica	Capacidade térmica
ZB3 a 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

Fonte: RTQ-R- 2010

O equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento ($EqNumEnvResfr$) é obtido através da ponderação dos $EqNumEnvAmbResfr$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados. O mesmo se faz para obter o equivalente numérico da UH para aquecimento.

Após os dados finais da UH para resfriamento e aquecimento, determina-se o equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma através da equação 1, específica para cada zona bioclimática, no caso, a da cidade de Belo Horizonte (zona 3).

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnvResfr + 0,36 \times EqNumEnvA$$

Equação 1

Pré requisitos para ventilação natural:

Os ambientes de permanência prolongada e a cozinha devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação, conforme tabela 10. A análise é feita através da área que permite a passagem livre de ar, descontando também os caixilhos. O percentual de abertura para ventilação é calculado de acordo com a Equação 2:

$$A = 100x \left(\frac{A_A}{A_P} \right)$$

Equação 2

Em que:

A é o percentual para ventilação em relação à área de piso (%);

A_A é a área efetiva de abertura para ventilação (m^2)

A_P é a área do piso

Tabela 10- Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área de piso

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso		
Ambientes de permanência prolongada e cozinha	ZB 1 a 6 $A \geq 8$	ZB 7 $A \geq 5$	ZB 8 $A \geq 10$

Fonte: RTQ-R-2010

O não atendimento deste pré-requisito implica em nível “E” (RTQ-R 2010) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb).

As unidades habitacionais devem possuir ventilação cruzada, não sendo consideradas as portas de acesso principal e de serviço. Deve haver aberturas localizadas em pelo menos duas fachadas (opostas ou adjacentes) permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene, devendo estas atender a proporção indicada na equação 3 :

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

Equação 3

Em que:

A_1 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizada nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m^2) e A_2 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m^2).

Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá no Máximo nível C.

Como pré-requisito para nível A, nos ambientes de permanência prolongada deve-se garantir condições de ventilação controlável. Permitindo o controle da ventilação por

parte do usuário. O não atendimento deste pré-requisito implica na obtenção de, no máximo, nível B.

Pré-requisitos para Iluminação natural:

A soma das áreas de aberturas para iluminação natural dos ambientes de permanência prolongada, devem corresponder a no mínimo 1/8 da área do piso, sendo considerada somente a área passível de desobstrução total, excluindo os caixilhos.

O não atendimento a este pré-requisito implica na obtenção de, no máximo, nível B no equivalente numérico da envoltória da UH.

O acesso à iluminação natural em cozinhas, áreas de serviço/lavanderias e na maioria dos banheiros, com exceção dos lavabos (50% mais 1), deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação desses ambientes deve corresponder a no mínimo 1/10 da área do piso. Caso não atenda a esse requisito, o EqNumEnv poderá ser no máximo B.

2.2.3 Sistema de aquecimento de água

São avaliados os sistemas que são entregues instalados. São exigidos pré-requisitos para a avaliação do sistema. As tubulações para água quente, por exemplo, devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam e devem atender às normas técnicas de produtos aplicáveis.

Como pré-requisito para os níveis A e B, o projeto de instalações hidrossanitárias deve comprovar que as tubulações metálicas possuem isolamento térmico com espessura mínima determinada na tabela 11.

Tabela 11- Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água

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

Fonte: RTQ-R 2010

Para cada sistema de aquecimento de água, há um pré-requisito para determinação do equivalente numérico.

No sistema de aquecimento solar, aquecimento a gás e bombas de calor é possível chegar ao nível A atendendo aos critérios específicos. Já no caso do chuveiro elétrico, a classificação não passa de D.

Para aparelhos com potência menor ou igual a 4600 W, a classificação é D. Já para aparelhos com potência maior que 4600 W a classificação é E. Os equipamentos com potência regulável serão classificados pela maior potência. Os equipamentos não classificados pelo Inmetro receberão classificação nível E.

2.2.4 Bonificações

As unidades habitacionais poderão receber até um ponto na classificação geral, somando-se os pontos obtidos por meio das bonificações, que são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas.

As iniciativas são:

- Referentes à ventilação natural: Pontuação varia de 0 a 0,40 pontos;
- Referente a iluminação natural: Pontuação varia de 0 a 0,30 pontos;
- Referente ao uso racional de água: Pontuação varia de 0 a 0,20 pontos;
- Referente ao condicionamento artificial de ar: Pontuação varia de 0 a 0,20 pontos;
- Referente a iluminação artificial: Pontuação varia de 0 a 0,10 pontos;
- Referente a ventiladores de teto instalados na UH: Pontuação varia de 0 a 0,10 pontos;
- Referente a refrigeradores instalados na UH: Pontuação varia de 0 a 0,10 pontos;
- Referente a medição individualizada: Pontuação varia de 0 a 0,10 pontos.

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de Caso - O Programa Habitacional da Prefeitura de Belo Horizonte

A política de habitação popular da Prefeitura de Belo Horizonte tem dois objetivos: a construção de novas moradias e a urbanização de vilas e favelas. Criada em março

de 2001, a Secretaria Municipal de Habitação, tem a função de coordenar e elaborar projetos e obras das unidades habitacionais.

As unidades habitacionais são dirigidas às famílias retiradas de áreas de risco geológico, famílias removidas em função de obras públicas ou ainda famílias integrantes do programa *Por Moradia*. O programa realiza um cadastro das famílias da região, fazendo um levantamento de informações sobre o núcleo familiar do candidato e/ou beneficiário, incluindo dados sobre composição familiar, renda, escolaridade e ocupação de todos os integrantes da família.

O cadastro tem como objetivo conhecer as famílias e suas necessidades, visando contemplá-las em projetos habitacionais, além de verificar o atendimento aos critérios da PMH (Política municipal de Habitação) e monitorar a concessão de benefícios, a fim de evitar duplicidade e concessões indevidas.

Segundo o site da prefeitura de Belo Horizonte, em 2009 eram 172 núcleos cadastrados na Secretaria Municipal Adjunta de Habitação que agregavam cerca de 13.000 famílias.

Através do programa são desenvolvidas atividades relacionadas a um trabalho técnico-social antes e depois do reassentamento das famílias. No pré-morar, fase que abrange os trabalhos iniciais, são realizadas pesquisas mediante visita domiciliar, com o objetivo de conhecer o perfil socioeconômico, organizativo e de moradia dos beneficiários, organizando-os em grupos de discussão para assuntos inerentes à transferência para conjuntos habitacionais verticalizados. Nesta fase, ocorre, por exemplo, a capacitação de síndicos e subsíndicos para o processo de gestão condominial.

Os beneficiários realizam visitas às unidades habitacionais ainda em construção. São realizados encontros lúdicos com crianças e jovens do Programa para trabalhar assuntos relacionados às questões ambientais e conservação dos novos empreendimentos, além de pesquisas sobre o potencial produtivo do grupo e aplicações de questionários junto aos responsáveis por estabelecimentos comerciais localizados no entorno dos conjuntos visando à inserção futura dos moradores no mercado de trabalho.

Dentre as atividades do pós-morar, são desenvolvidas reuniões para discutir assuntos inerentes ao conjunto habitacional, realizando encontros com síndicos e subsíndicos dos residenciais construídos para acompanhamento dos trabalhos de gestão condominial, oficinas com crianças e jovens, questionários socioeconômicos e inserção dos moradores no mercado de trabalho da região.

Para a implantação dos empreendimentos de interesse social, são realizadas vistorias nos terrenos para avaliar a viabilidade. Os terrenos são analisados, verificando-se a possibilidade de declaração de utilidade pública para fins de desapropriação e destinação à implantação das unidades habitacionais.

No caso de reassentamento, a população pode escolher entre morar nos prédios recém construídos, ou receber indenização. A grande maioria prefere ir para os novos prédios por considerarem baixos os valores das indenizações, que são insuficientes para comprar outros imóveis na mesma localidade.

Figura 3 -Edifícios habitacionais Vila São José



Fonte: ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL FAVELA É ISSO AÍ, 2011

3.1.2 Implantação

Para a implantação das unidades habitacionais, é realizado um estudo completo da área e do entorno, verificando os serviços de infra-estrutura existentes (facilidade e qualidade dos acessos - vias, redes de esgoto, eletricidade), as condições dos

terrenos (visando o melhor aproveitamento do mesmo) e as desapropriações, remoções e reassentamentos que se fizerem necessárias. A figura 4, apresenta um exemplo de implantação dos conjuntos habitacionais da prefeitura de Belo Horizonte.

Figura 4 –Exemplo de implantação dos conjuntos habitacionais



Fonte: GOOGLE EARTH, 2015

Para análise da edificação no RTQ-R, foi considerada uma implantação já definida pelo programa de habitação, porém como o projeto pode ser implantado em qualquer local da cidade de Belo Horizonte, deve ser realizada uma nova análise devido a orientação solar.

O estudo de caso analisado, localiza-se no bairro Jardim Atlântico, na região da Pampulha, região na qual houve uma grande intervenção urbana como: O tratamento de fundo de vale de Córregos, implantação de sistema viário, infraestrutura de saneamento, desapropriação de áreas e imóveis particulares, remoção e reassentamento de famílias ocupantes de áreas públicas e particulares sujeitas à inundação. A figura 5, apresenta o terreno onde será implantado as edificações.

Figura 5-Terreno onde será implantado as edificações



Fonte: GOOLE EARTH, 2011

A figura 6, apresenta o projeto de implantação proposto para a região, e a figura 7, apresenta a tipologia de reassentamento que será implantada.

Figura 6–Edificação escolhida para análise



Fonte: AUTORA, 2011

Figura 7– Posicionamento do sol em relação ao edifício



Fonte: AUTORA, 2011

3.1.3 Tipologia de reassentamento

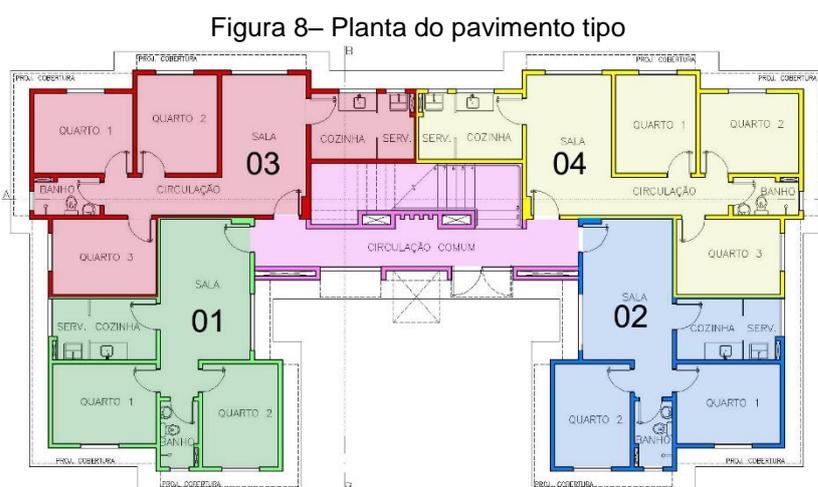
As tipologias propostas pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital - SUDECAP, são edificações de dois e três quartos. A unidade habitacional é composta por uma edificação de quatro pavimentos, sendo no total 16 apartamentos (4 apartamentos em cada andar). O programa é constituído por:

- 2 ou 3 quartos,
- 1 sanitário com chuveiro,
- 1 sala,
- 1 cozinha conjugada com a área de serviço.

As edificações possuem na área de uso comum, uma escada central para acesso aos pavimentos superiores. Na área externa, foi projetado um espaço para futura instalação de elevador.

Os empreendimentos são executados com alvenaria estrutural. As paredes indicadas para alimentação dos pontos de água, não possuem função estrutural, permitindo-se assim a passagem de tubulação.

Os apartamentos com final 01 e 02 possuem dois quartos e 45,5 m². Os demais, final 03 e 04, possuem três quartos e 57 m², como pode ser observado na figura 8.



Fonte: SUDECAP, 2011

Os apartamentos não possuem pilotis, ou seja, o contato do primeiro pavimento é direto com o solo, como mostra a figura 9.

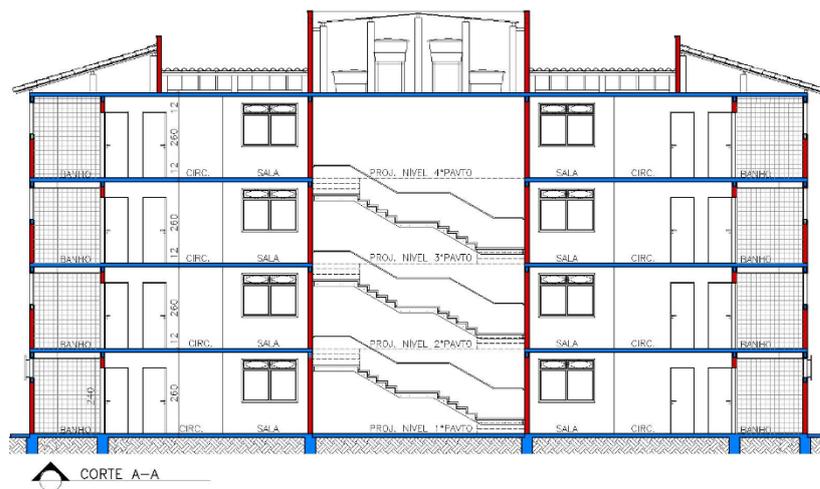
Figura 9– Exemplo de tipologia já construída



Fonte: AUTORA, 2011

A figura 10, apresenta um corte referente ao projeto arquitetônico das edificações.

Figura 10 – Corte tipologia de implantação



Fonte: AUTORA, 2011

Nenhum dos apartamentos possui forro, a cobertura é composta por laje plana de 12 cm e telhado de fibrocimento. O pé direito de cada UH é 2,60 m. Todos os cômodos, incluindo banheiro, cozinha e área de serviço possuem iluminação e ventilação natural. A figura 11, apresenta a laje de cobertura vista internamente dos ambientes.

Figura 11– Imagem interna de um dos ambientes da edificação



Fonte: AUTORA, 2011

O projeto prevê medição individualizada de água e eletricidade. Como são implantados vários edifícios em um único terreno, as áreas comuns externas são medidas separadamente, ou seja, se cada edifício possui 16 vagas, o custo com a iluminação dessas vagas, é repassado para o edifício que usufrui delas.

Materiais:

Os materiais utilizados nos ambientes de permanência prolongada, sala e quartos, foram:

Paredes:

- Sala: Revestimento em gesso sobre bloco de concreto devidamente impermeabilizado. Pintura com tinta acrílica acetinada cor branco neve.
- Quartos: Revestimento em gesso sobre bloco de concreto devidamente impermeabilizado. Pintura com tinta acrílica acetinada cor branco neve, Suvinil ou similar.

Coberturas:

- Cobertura em telha de fibrocimento ondulada
- Revestimento em gesso sobre laje e pintura com tinta látex PVA cor branco neve

Cada tipologia é pintada de uma cor diferente, a maioria delas são cores escuras, com absorvância solar alta, prejudicando o conforto térmico na edificação, como pode ser observado em tipologias já construídas nas figuras 12, 13, 14 e 15.

Figura 12 - Exemplo de tipológica construída



Fonte: AUTORA, 2011

Figura 13 - Exemplo de tipológica construída



Fonte: AUTORA, 2011

Figura 14- Exemplo de tipológica construída



Fonte: AUTORA, 2011

Figura 15- Exemplo de tipológica construída

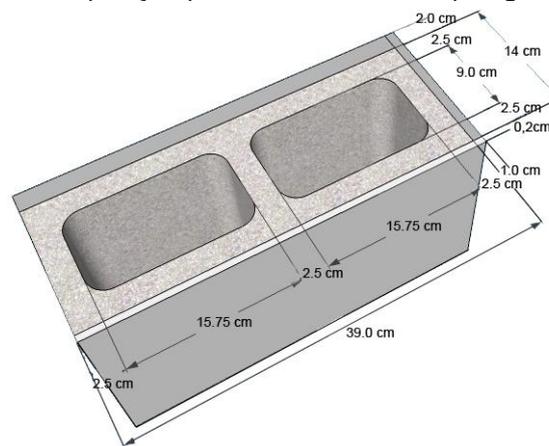


Fonte: AUTORA, 2011

Propriedades térmicas dos materiais

As paredes externas da tipologia de edifício são constituídas de alvenaria de bloco de concreto estrutural 14x19x39 cm, argamassa externa 2 cm, camada de gesso interna de 0,2 cm, pintura externa na cor escura e interna na cor branco neve, como mostra a figura 16.

Figura 16– Composição paredes externas da tipologia de edifícios



Fonte: AUTORA, 2011

Os valores de transmitância, capacidade e absorvância térmica das paredes, são apresentados na tabela 12.

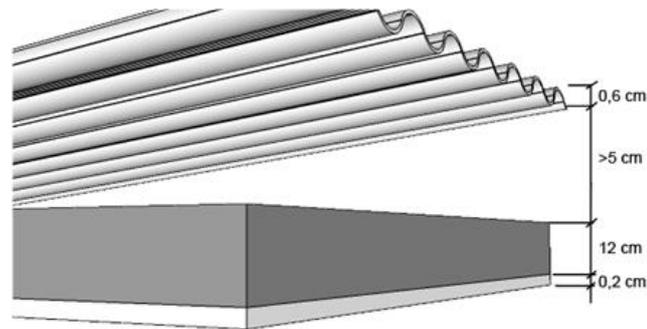
Tabela 12- Propriedade térmica das paredes

Transmitância Térmica	Capacidade térmica	Absorvância
U= 2,84	166,53	0,7

Fonte: AUTORA, 2011

As coberturas são de telha de fibrocimento ondulada $e=6\text{mm}$, possuem laje com espessura de 12 cm, revestida com camada de gesso de 0,2cm e pintura com tinta látex PVA cor branco neve, como mostra a figura 17 e 18.

Figura 17– Composição da cobertura da tipologia de edifícios



Fonte: AUTORA, 2011

Figura 18– Cobertura de tipologia existente



Fonte: AUTORA, 2011

Os valores de transmitância, capacidade e absorvância térmica da cobertura, são apresentados na tabela 13.

Tabela 13- Propriedade térmica da cobertura

Transmitância Térmica	Capacidade térmica	Absortância
$U= 2,00$	299,09	0,7

Fonte: AUTORA, 2011

4- RESULTADOS

4.1 Análise e discussão dos resultados pela Norma de Desempenho

Adequação de paredes externas:

A edificação não atende a norma de desempenho quanto à transmitância térmica nas paredes e coberturas devido aos valores de absorvância das mesmas, como mostra a tabela 14.

Tabela 14- Análise comparativa entre os dados obtidos e a norma de desempenho

	Transmitância Térmica U	Absortância a radiação solar	Atende a Norma 15575?	Capacidade térmica	Atende a norma 15575?
Paredes	2,84	0,7	Não	166,53	Sim
Coberturas	2,00	0,7	Não	299,09	Sem exigência

Fonte: AUTORA, 2011

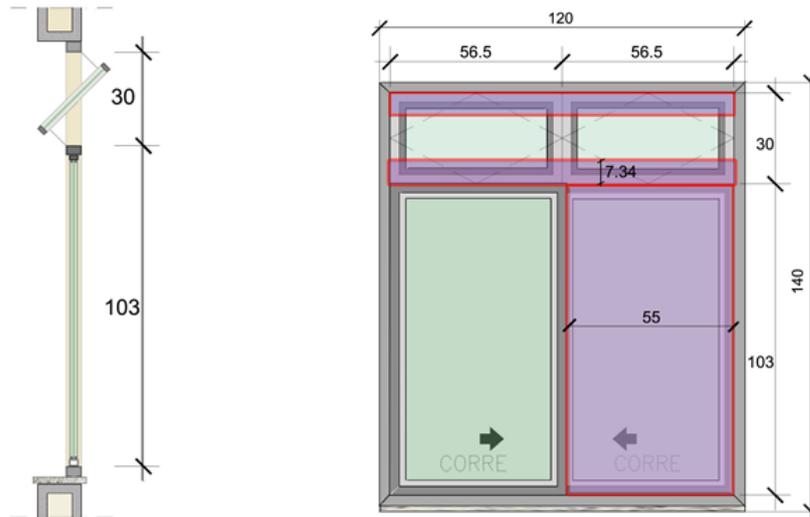
Aberturas para ventilação:

Todos os cômodos possuem aberturas para ventilação. Os cálculos das aberturas foram realizados desconsiderando os caixilhos e as áreas que não permitem a passagem do vento. Após análise das aberturas, é necessário transferir os resultados para a equação 2, já apresentada neste trabalho.

Janela dos Quartos:

- Cálculo área de abertura: $A_A = 1,20\text{m} \times 1,40\text{m} = 1,68\text{m}^2$
- Cálculo área de ventilação janela de correr: $A_{vent1} = 0,55\text{m} \times 1,03\text{m} = 0,5665\text{m}^2$
- Cálculo da área de ventilação da janela basculante: $A_{vent2} = 4 \times (0,565\text{m} \times 0,0734\text{m}) = 0,165\text{m}^2$
- $A_{vent\text{ total}} = 0,5665\text{m}^2 + 0,165\text{m}^2 = 0,7315\text{m}^2$

Figura 19- Janela dos quartos

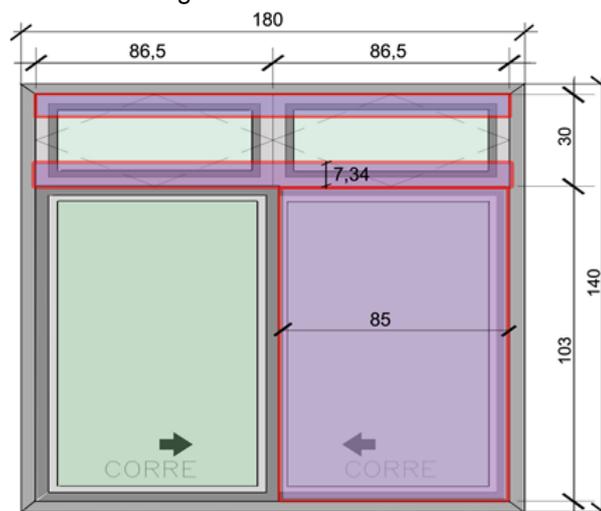


Fonte: AUTORA, 2011

Janela da sala:

- Cálculo da área de abertura: $A_a = 1,80\text{m} \times 1,40\text{m} = 2,52\text{m}^2$
- Cálculo da área de ventilação janela de correr: $A_{vent1} = 0,85\text{m} \times 1,03\text{m} = 0,8755\text{m}^2$
- Cálculo da área de ventilação janela basculante: $A_{vent2} = 4 \times (0,865\text{m} \times 0,0734\text{m}) = 0,253\text{m}^2$
- $A_{vent\ total} = 0,8755\text{m}^2 + 0,253\text{m}^2 = 1,1285\text{m}^2$

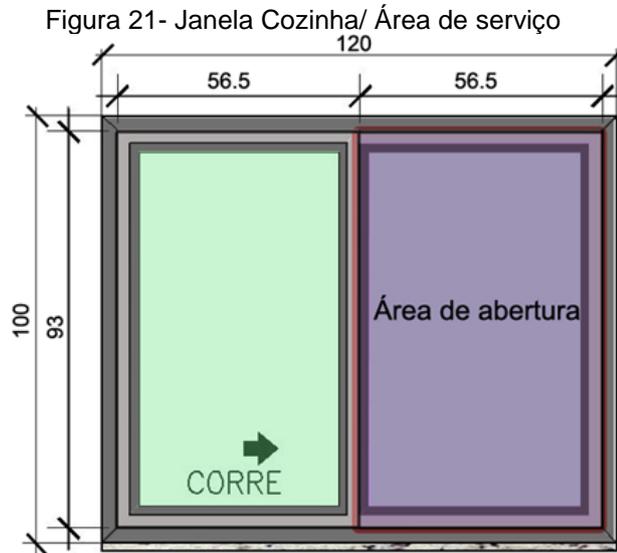
Figura 20- Janela da Sala



Fonte: AUTORA, 2011

Janela cozinha:

- Cálculo da área de abertura: $A_a = 1,20\text{m} \times 1,00\text{m} = 1,2\text{m}^2$
- Cálculo da área de ventilação janela de correr: $A_{\text{vent}} = 0,565\text{m} \times 0,93\text{m} = 0,52\text{m}^2$



Fonte: AUTORA,2011

As tabelas 15 e 16, apresentam um resumo das áreas de abertura para ventilação e uma comparação com o exigido pela norma.

Tabela 15 - Análise abertura para ventilação tipologias 1 e 2

Tipologia 01 e 02				
Ambiente	Área do piso (m ²)	Área abertura ventilação (m ²)	% de abertura	Atende a norma? (A ≥8%)
Quarto 1	8,47	0,7315	8,63	Sim
Quarto 2	8,47	0,7315	8,63	Sim
Sala	12,87	1,1285	8,76	Sim
Cozinha/ Área de serviço	6,49	0,7315	11,27	Sim

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 16- Análise abertura para ventilação tipologias 3 e 4

Tipologia 03 e 04				
Ambiente	Área do piso (m ²)	Área abertura ventilação (m ²)	% de abertura	Atende a norma 15575? (A ≥8%)
Quarto 1	8,09	0,7315	9	Sim
Quarto 2	8,09	0,7315	9	Sim
Quarto 3	7,98	0,7315	9,16	Sim

Sala	12,22	1,1285	9,23	Sim
Cozinha/ Área de serviço	6,98	0,8367	11,68	Sim

Fonte: AUTORA, 2011

Todas as Unidades Habitacionais atendem ao requisito de ventilação natural exigido na NBR 15575, porém, o requisito sombreamento das aberturas não é atendido pois não há nenhum tipo de proteção nos dormitórios que proporcionem sombreamento.

4.2 Análise da edificação pelo RTQ-R

Segundo análise dos pré-requisitos do RTQ-R a edificação seria classificada como “E” em todas as UHs, pelas propriedades térmicas dos materiais, como mostram as tabelas 17 e 18.

Figura 22 - Etiqueta E edificação



Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 17- Comparativo entre as propriedades térmicas das paredes do edifício e o exigido pela norma

Ambiente	α (adimensional)	Upar W/ (m ² K)	Atende?	CTpar	Atende?
Paredes externas	0,7	2,84	Não	166,53	Sim

Fonte: AUTORA, 2012

Tabela 18- Comparativo entre as propriedades térmicas da cobertura do edifício e o exigido pela norma

Ambiente	α (adimensional)	Upar W/ (m ² K)	Atende?	CTpar	Atende?
Coberturas	0,7	2,00	Não	299	Sem exigência

Fonte: AUTORA, 2012

A ventilação e a iluminação natural atendem aos pré-requisitos exigidos no RTQ-R para classificação “A” como mostra a tabela 19.

Tabela 19 – Comparativo entre a área de iluminação existente e o exigido pelo RTQ-R, 2010

Tipologia	Ambiente	Área ambiente	Área iluminação	Exigido pela Norma	Atende?
1 e 2	Sala	12,87	1,76	1,60	Sim
	Quarto 1	8,47	1,08	1,05	Sim
	Quarto 2	7,98	1,08	1,0	Sim
	Cozinha/ Serviço	6,98	0,78	0,70	Sim
3 e 4	Sala	12,22	1,52	1,60	Sim
	Quarto 1	8,09	1,08	1,01	Sim
	Quarto 2	8,09	1,08	1,01	Sim
	Quarto 3	7,98	1,08	1,0	Sim
	Cozinha/ Serviço	6,98	0,78	0,70	Sim

Fonte: AUTORA, 2011

Para atender a norma, sem elevar o custo da construção, as paredes deverão ser pintadas em cores mais claras, com absorvância menor ou igual a 0,6.

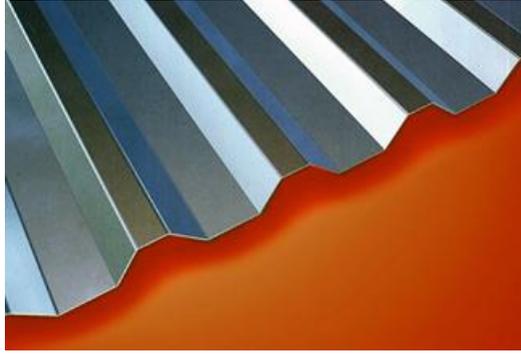
Quanto às coberturas, pode-se reduzir a transmitância térmica a partir da utilização de materiais isolantes, ou diminuir a absorvância da cobertura trocando sua cor.

4.2.1 Análise na substituição da telha de fibrocimento

Após análise da substituição das telhas, conclui-se que não é viável financeiramente para uma edificação que visa redução de custos a substituição das telhas por telha de alumínio, telha cerâmica, telha sanduíche ou telha metálica.

As telhas de alumínio (figura 23) possuem uma capacidade térmica melhor por possuir baixa emissividade e absorvância térmica de 0,05 a 0,15, porém, seu custo segundo a revista Informador das Construções de fevereiro de 2011 é de 178,92% a mais do que a telha de fibrocimento.

Figura 23 - Telha de alumínio



Fonte: PATRÍCIO TELHAS, 2011

A chapa de aço galvanizado com espessura inferior a 0,6mm, varia de 29,97% a 79,82 % a mais no custo em relação às telhas de fibrocimento. Com espessura aproximada de 0,65 mm, a diferença sobe para 159,84%.

A telha cerâmica (figura 24), apesar de possuir absorvência térmica alta, devido a sua porosidade, quando não pintada, absorve água nos dias úmidos e chuvosos, e através da evaporação, ajuda no controle da temperatura interna dos ambientes nos dias quentes. Devido ao custo mais elevado das telhas e da sua estrutura em madeira, não são freqüentemente utilizadas nas habitações de interesse social.

Figura 24 - Telha cerâmica



Fonte: PATRÍCIO TELHAS, 2011

A telha de fibrocimento (figura 25) é bastante utilizada no mercado de habitações populares, pelo fato de ter um custo atrativo. Segundo a revista Informador das Construções (fev/2011), o valor do metro quadrado é em media R\$ 10,00, enquanto

as telhas de alumínio chegam a R\$ 36,34 m² e as termo acústicas R\$ 70,00 m². Apesar do baixo custo e da durabilidade, apresenta desvantagem quanto ao conforto térmico, pois, com o acúmulo de sujeiras e a presença de fungos, escurece com o tempo o que leva a um aumento da absorção a radiação solar.

Figura 25- Escurecimento da telha de fibrocimento

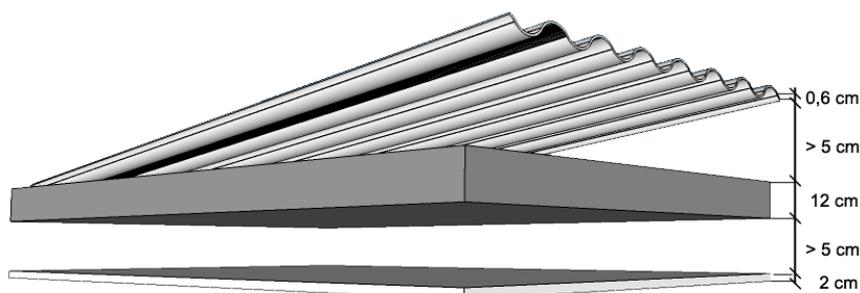


Fonte: AUTORA,2011

Para atender a norma com este tipo de cobertura, é necessário aumentar a resistência térmica, ou diminuir a absorção solar.

A utilização de forro na cobertura (figura 26) aumentaria a resistência térmica e a transmitância passaria de 2,00 W/m²K para 1,31 W/m²K. Esta alteração é significativa pela camada de ar e não pela utilização do forro de PVC, gesso, ou de madeira. Porém, segundo a revista informador das construções (fev 2011), o custo do forro de madeira é de R\$ 11,23 o metro quadrado, o forro de PVC R\$ 22,00 m² e o forro de gesso é em média R\$ 19,90 m².

Figura 26 - Cobertura com forro de gesso



Fonte: AUTORA, 2011

Pintura branca na telha de fibrocimento:

Segundo pesquisa realizada em Areia, na Paraíba, pela Universidade Federal da Paraíba, em uma região agrária visando a melhoria da produção de carne de frango no qual o crescimento das aves estava diretamente relacionado à temperatura do ambiente, observou-se que a pintura da telha de fibrocimento na cor branca, reduziu em média a temperatura do ambiente em 9,0°C.

A pintura do telhado na cor branca, além de atender a norma, proporciona um melhor conforto térmico. No entanto, a edificação é projetada para evitar manutenções ao longo da sua vida útil, e segundo um estudo realizado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a pesquisadora Márcia Shirakawa, responsável pela pesquisa, demonstrou que as tintas são suscetíveis ao crescimento de fungos escuros. Atacado por micro-organismos, o telhado volta a absorver a mesma quantidade de calor devido a cor. O início da colonização por fungos, já ocorre nas primeiras semanas após a pintura, e os efeitos visíveis a olho nu, começam a ser observados a partir do primeiro ano. A utilização de biocidas, para impedir o crescimento de micro-organismos, não resolve o problema porque o produto é retirado da superfície por ação da água de chuva conforme o tempo de exposição, o que obrigaria uma constante manutenção do telhado. A figura 27, apresenta um exemplo de telha de fibrocimento escurecida pela ação do tempo.

Figura 27- Telha de fibrocimento escurecida pela ação do tempo



Fonte: AUTORA, 2011

Mantas térmicas:

A manta térmica possui emissividade baixa e aumenta a resistência térmica por reter o calor e não transmiti-lo para a laje.

A transmitância térmica do telhado reduz de 2,00 W/m².K para 1,11 W/m².K atendendo a norma de desempenho.

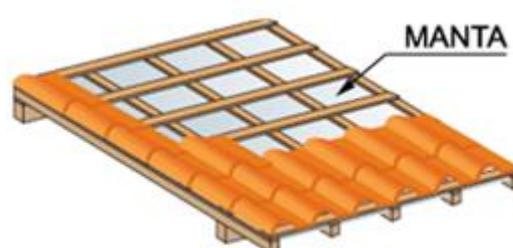
A manta é colocada sob os caibros, no sentido da largura do telhado, a face aluminizada é voltada para baixo e é fixada na estrutura de madeira com auxílio de pregos ou grampos. Posteriormente se coloca as telhas, como mostra a figura 28 e 29.

Figura 28 – Manta térmica



Fonte: CASA DA TELHA, 2011

Figura 29 - Instalação manta térmica



Fonte: CASA DA TELHA, 2011

O preço, sem considerar a mão de obra, varia entre R\$2,50 e R\$4,10 o metro quadrado, e a garantia informada pelo vendedor da Disbel é de 5 anos. A tabela 20, apresenta as especificações técnicas da manta de alumínio.

Tabela 20- Especificações técnicas Manta de alumínio Disbel

Especificações técnicas		
Propriedade	Dupla face	Uma face
Espessura	0,128 mm	0,100 mm
Largura	120 mm	120 mm
Rolo	10, 20 e 50m ²	10, 20 e 50 m ²
Peso por m ²	0,142 Kg.m ²	0,102 Kg.m ²
Refletividade	95%	95%
Emissividade	0,05	0,05

Resistência a fungos

Não propaga

Não propaga

Fonte: DISBEL, 2011

4.2.2 Classificação do Nível de Eficiência de Unidades Autônomas

Para a classificação do nível de eficiência da envoltória nas unidades autônomas, foi considerada a utilização de três tipos de solução visando atender a norma NBR 15575:

- Paredes com absorvância inferior a 0,6 e cobertura em telha de fibrocimento pintada na cor branca;
- Paredes com absorvância inferior a 0,6 e cobertura em telha de fibrocimento com manta de alumínio;
- Paredes com absorvância inferior a 0,6 e cobertura em telha de fibrocimento com manta de alumínio e utilização de veneziana nas janelas.

A análise do Equivalente numérico da envoltória do ambiente foi realizada através da Planilha de Cálculo do Desempenho da Envoltória fornecida pelo Laboratório de Eficiência Energética em edificações, LabEE. As tabelas 21, 22, 23 e 24 apresentam os valores para duas unidades autônomas, 402 e 404, localizadas no último pavimento, utilizando a telha de fibrocimento pintada de branco e a telha com manta de alumínio.

Tabela 21 - Apart. 404- Análise envoltória utilizando pintura branca em telha de fibrocimento

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 3	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	404	404	404	404
Área	12,22	7,98	8,09	8,09
U Cobertura	2,00	2,00	2,00	2,00

CT Cobertura	299,00	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,20	0,20	0,20	0,20
U Parede	2,84	2,84	2,84	2,84
CT Parede	166,33	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para resfriamento	C 2292	C 2417	D 2610	D 2656
Consumo relativo para aquecimento	B 10,661	B 10,088	B 9,495	B 9,881
Consumo relativo para refrigeração	C 14,557	D 19,592	D 18,638	D 18,880

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 22 - Apart. 402- Análise envoltória utilizando pintura branca em telha de fibrocimento

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	402	402	402
Área	12,87	7,98	8,47
U Cobertura	2,00	2,00	2,00
Ct Cobertura	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,20	0,20	0,20
U Parede	2,84	2,84	2,84
Ct Parede	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	0	0
Indicador de Graus-hora para resfriamento	C 2054	D 3037	C 2420
Consumo relativo para aquecimento	B 11,405	B 12,259	B 12,373
Consumo relativo para refrigeração	C 15,167	D 18,452	D 17,805

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 23- Apart. 404- Análise envoltória utilizando manta de alumínio e telha de fibrocimento

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 3	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	404	404	404	404
Área	12,22	7,98	8,09	8,09

U Cobertura	1,11	1,11	1,11	1,11
Ct Cobertura	299,00	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,70	0,70	0,70	0,70
U Parede	2,84	2,84	2,84	2,84
Ct Parede	166,33	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	0	0	0
Indicador de Graus-hora para resfriamento	D 3125	D 3209	E 3403	E 3449
Consumo relativo para aquecimento	B 8,653	B 8,080	B 7,486	B 7,873
Consumo relativo para refrigeração	C 15,971	D 20,858	D 19,908	D 20,150

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 24- Apart. 402- Análise envoltória utilizando manta de alumínio e telha de fibrocimento

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	402	402	402
Área	12,87	7,98	8,47
U Cobertura	1,11	1,11	1,11
Ct Cobertura	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,70	0,70	0,70
U Parede	2,84	2,84	2,84
Ct Parede	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	0	0
Indicador de Graus-hora para resfriamento	D 2893	E 3829	D 3217
Consumo relativo para aquecimento	B 9,397	B 10,251	B 10,365
Consumo relativo para refrigeração	C 16,604	D 19,718	D 19,088

Fonte: AUTORA, 2011

Os resultados, segundo as constantes para resfriamento e aquecimento, apontaram um desempenho melhor na utilização da telha de fibrocimento pintada de branco. Entretanto, como citado anteriormente, o desempenho é por um curto prazo, inviabilizando assim a sua utilização como único método para aumentar o conforto térmico.

Como na norma de desempenho, o uso de veneziana nos dormitórios é obrigatório. Foram realizados testes com veneziana nos quartos dos apartamentos, fato que aumentou o EqNumEnv como pode ser observado nas tabelas 25 e 26.

Tabela 25- Apart. 404- Análise envoltória utilizando manta de alumínio, telha de fibrocimento e veneziana nas janelas.

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 3	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	404	404	404	404
Área	12,22	7,98	8,09	8,09
U Cobertura	1,11	1,11	1,11	1,11
Ct Cobertura	299,00	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,70	0,70	0,70	0,70
U Parede	2,84	2,84	2,84	2,84
Ct Parede	166,33	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	1,00	1,00	1,00
Indicador de Graus-hora para resfriamento	D 3125	C 2167	C 2422	D 2468
Consumo relativo para aquecimento	B 8,653	B 8,080	B 7,486	B 7,873
Consumo relativo para refrigeração	C 15,971	D 19,030	D 18,525	D 18,767

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 26 - Apart. 402- Análise envoltória utilizando manta de alumínio, telha de fibrocimento e veneziana nas janelas.

Zona Bioclimática	ZB3	ZB3	ZB3
Ambiente	Sala	Quarto 2	Quarto 1
Apartamento	402	402	402
Área	12,87	7,98	8,47
U Cobertura	1,11	1,11	1,11

Ct Cobertura	299,00	299,00	299,00
α Cobertura	0,70	0,70	0,70
U Parede	2,84	2,84	2,84
Ct Parede	166,33	166,33	166,33
α Parede	0,40	0,40	0,40
Fator ventilação	0,5	0,5	0,5
Sombreamento	0	1,0	1,0
Indicador de Graus-hora para resfriamento	D 2893	D 2877	C 2265
Consumo relativo para aquecimento	B 9,397	B 10,251	B 10,365
Consumo relativo para refrigeração	C 16,604	D 17,891	C 17,261

Fonte: AUTORA, 2011

Para obter o resultado final do equivalente numérico da envoltória em cada unidade habitacional autônoma, é necessário ponderar os resultados obtidos em cada ambiente para o consumo relativo de aquecimento e resfriamento. A tabela 27 mostra o resultado final para as unidades 404 e 402.

Tabela 27- EqNumEnv apartamento 402 e 404

UH	404	402
Indicador de Graus-hora para resfriamento (GHR)	2,55525	2,72
Consumo relativo para aquecimento (CA)	4	4

Fonte: AUTORA, 2011

Para o Equivalente Numérico da Envoltória devemos substituir os valores da tabela 27 na equação específica para a zona bioclimática 3, equação 4:

$$404 = \text{EqNumEnv} = 0,64 \times 2,55525 + 0,36 \times 4 = 3,07536 \quad \text{Equação 4}$$

A tabela 28, apresenta o equivalente numérico da Envoltória utilizando a telha de fibrocimento pintada de branca.

Tabela 28- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento pintada de branca

Apartamento	GHR	CA	EqNumEnv
404	2,55525 C	4 B	3,07536 C
403	2,55525 C	4 B	3,07536 C
402	2,727831 C	4 B	3,185812 C
401	2,727831 C	4 B	3,185812 C
304/204	2,55525 C	4,664101 A	3,314437 C

303/203	2,55525	C	4,664101	A	3,314437	C
302/202	2,727831	C	4	B	3,185812	C
301/201	2,727831	C	4	B	3,185812	C
104	3,335899	C	4	B	3,574975	B
103	3,335899	C	4	B	3,574975	B
102	3,43895	C	4	B	3,640928	B
101	3,16678	C	4	B	3,466739	C

Fonte: AUTORA, 2011

A tabela 29, apresenta o equivalente numérico da Envoltória utilizando a telha de fibrocimento e a manda de alumínio.

Tabela 29- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento e manta de alumínio

Apartamento	GHR		CA		EqNumEnv	
404	1,55525	D	4	B	2,43536	D
403	1,55525	D	4	B	2,43536	D
402	1,727831	D	4	B	2,545812	C
401	1,727831	D	4	B	2,545812	C
304/204	2,55525	C	4,664101	A	3,314437	C
303/203	2,55525	C	4,664101	A	3,314437	C
302/202	2,727831	C	4	B	3,185812	C
301/201	2,727831	C	4	B	3,185812	C
104	3,335899	C	4	B	3,574975	B
103	3,335899	C	4	B	3,574975	B
102	3,43895	C	4	B	3,640928	B
101	3,16678	C	4	B	3,466739	C

Fonte: AUTORA, 2011

A tabela 30, apresenta o equivalente numérico da Envoltória utilizando a telha de fibrocimento em conjunto com a manta de alumínio e considerando veneziana nas janelas.

Tabela 30- Equivalente numérico da Envoltória para telha de fibrocimento e manta de alumínio e veneziana nas janelas.

Apartamento	GHR		CA		EqNumEnv	
404	2,441726	D	4	B	3,002705	C
403	2,664101	C	4	B	3,145225	C
402	2,288881	D	4	B	2,904884	C
401	2,288881	D	4	B	2,904884	C
304/204	3,219351	C	4,664101	A	3,739461	B

303/203	3,664101	C	4,664101	A	4,024101	B
302/202	3,288881	C	4	B	3,544884	B
301/201	3,288881	C	4	B	3,544884	B
104	4,219351	B	4	B	4,140385	B
103	4,219351	B	4	B	4,140385	B
102	4,288881	B	4	B	4,184884	B
101	4,288881	B	4	B	4,184884	B

Fonte: AUTORA, 2011

A classificação do nível de eficiência de unidades habitacionais autônomas (UHs) é o resultado da distribuição dos pesos através da Equação:

$$PTUH = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

PTUH é a pontuação total do nível e eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente da tabela 31 adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada;

Tabela 31- Coeficientes da Equação 5

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

Fonte: RTQ-R- 2010

EqNumAA é o equivalente numérico do sistema de aquecimento de água. São avaliados os sistemas que serão entregues instalados pelo empreendedor.

O sistema de aquecimento de água deve ter sua eficiência estabelecida através do equivalente numérico obtido na Tabela 5, utilizando resultados de acordo com o sistema utilizado:

- Aquecimento solar;
- Aquecimento a gás;
- Bombas de calor;
- Aquecimento elétrico.

Os sistemas de aquecimento solar, aquecimento a gás e bombas de calor, permitem que a envoltória possua classificação A, caso atenda aos requisitos específicos.

O sistema de aquecimento utilizado na edificação é o aquecimento elétrico. Para os aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas sua eficiência é atribuída em função da potência do aparelho, e, não ultrapassa D.

Os aparelhos com potência menor ou igual 4.600 W, recebem equivalente numérico do sistema de aquecimento de água - EqNumEnvAA = 2, correspondente a D, os aparelhos com potência maior que 4.600 W recebem EqNumEnvAA = 1, correspondente a E. Equipamentos com potência regulável são classificados pela maior potência.

O aparelho especificado para a edificação na planilha de materiais do empreendimento é o chuveiro elétrico cromado da Lorenzetti, figura 30.

Figura 30- Chuveiro elétrico cromado D=1/2" LORENZETTI/SIM.



Fonte: LORENZETTI, 2012

A tabela 32, apresenta as características técnicas do chuveiro utilizado.

Tabela 32 - Características técnicas do chuveiro Lorenzetti

Características Elétricas			
Tensão (Volts)	Potência (Watts)	Fios (mm ²)	Disjuntor (A)
127	4600	6	40
127	5500	10	50
220	5700	4	30
220	6800	6	35

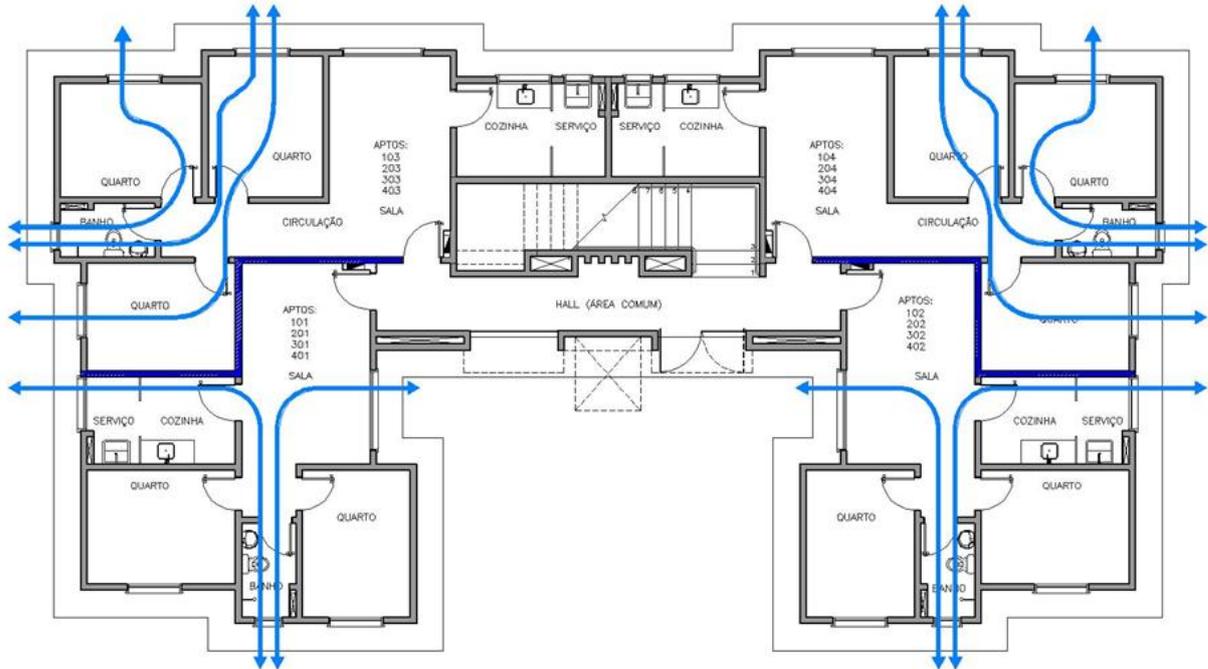
Fonte: Lorenzetti, 2012

Para efeito de cálculo, foi considerada a pior situação, nível E, EqNumEnvAA =1

4.2.3 Ventilação cruzada

Todas as unidades habitacionais atendem ao requisito de ventilação cruzada como mostra a figura 31 e a tabela 33.

Figura 31- Ventilação cruzada



Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 33 -Pré-requisito iluminação

	Resultado	Exigido RTR-R	Atende?
Tipologia 1 e 2	1,13	$\geq 0,25$	Sim
Tipologia 3 e 4	0,35	$\geq 0,25$	Sim

Fonte: AUTORA, 2011

4.2.4 Bonificações

Ventilação natural:

A pontuação referente à bonificação por ventilação natural, varia de zero a 0,40. A edificação não recebe bonificação em nenhum item de ventilação natural, pois, não possui dispositivos especiais, nem aberturas cujo vão livre tenha o centro

geométrico localizado entre 0,4 e 0,7 a partir do piso, além de não atender quanto a porosidade da fachada, como mostram as tabelas 34 e 35.

Tabela 34- Bonificação porosidade – Fachadas Norte e Sul

FACHADA NORTE						
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
101	102	1,20 m ²	0	0	20%	Não
201	202	1,20 m ²	0	0	20%	Não
301	302	1,20 m ²	0	0	16%	Não
401	402	1,20 m ²	0	0	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
103	104	30,518 m ²	3,4282 m ²	11,23%	20%	Não
203	204	30,518 m ²	3,4282 m ²	11,23%	20%	Não
303	304	30,518 m ²	3,4282 m ²	11,23%	16%	Não
403	404	30,518 m ²	3,4282 m ²	11,23%	14%	Não
FACHADA SUL						
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
101	102	18,018 m ²	1,6457 m ²	9,130%	20%	Não
201	202	18,018 m ²	1,7797 m ²	9,877%	20%	Não
301	302	18,018 m ²	1,7797 m ²	9,877%	16%	Não
401	402	18,018 m ²	1,7797 m ²	9,877%	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
103	104	1,20 m ²	0	0	20%	Não
203	204	1,20 m ²	0	0	20%	Não
303	304	1,20 m ²	0	0	16%	Não
403	404	1,20 m ²	0	0	14%	Não

Fonte: AUTORA, 2011

Tabela 35- Bonificação porosidade – Fachadas Leste e Oeste

FACHADA LESTE						
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
101	201	15,262 m ²	1,1285 m ²	7,39%	20%	Não
	301	15,262 m ²	1,1285 m ²	7,39%	16%	Não
	401	15,262 m ²	1,1285 m ²	7,39%	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
102	202	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	20%	Não
	302	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	16%	Não
	402	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
103	203	1,20 m ²	0	0	20%	Não
	303	1,20 m ²	0	0	16%	Não
	403	1,20 m ²	0	0	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
	104	16,068 m ²	0,9142 m ²	5,69%	20%	Não
	204	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	20%	Não
	304	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	16%	Não
	404	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	14%	Não
FACHADA OESTE						
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
101	201	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	20%	Não
	301	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	16%	Não
	401	11,752 m ²	0,7315 m ²	6,22%	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
102	202	15,22 m ²	1,1285 m ²	7,39%	20%	Não
	302	15,22 m ²	1,1285 m ²	7,39%	16%	Não
	402	15,22 m ²	1,1285 m ²	7,39%	14%	Não
UH		Área fachada	Área abertura de ventilação	Porosidade	Exigência RTQ-R	Atende?
	103	16,068 m ²	0,9142 m ²	5,69%	20%	Não
	203	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	20%	Não
	303	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	16%	Não
	403	16,068 m ²	1,0482 m ²	6,52%	14%	Não

Fonte: AUTORA, 2011

Iluminação natural:

Os ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia, com iluminação natural lateral, devem ter profundidade máxima estabelecida pela equação 6:

$$P \leq 2,4 \cdot h_a$$

Equação 6

Em que:

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

Segundo os cálculos, a edificação obtém bonificação de 0,20 pontos, pois, a profundidade máxima permitida segundo o resultado da Equação 6, é de 5,59 metros, e nenhum ambiente ultrapassa este valor, conforme podemos observar na tabela 36.

Tabela 36- Bonificação Iluminação natural

Bonificação Iluminação natural			
Apartamentos	Ambientes	Profundidade (m)	Atende?
Terminação 01 e 02	Quarto 1	2,56	Sim
	Quarto 2	3,31	Sim
	Cozinha/ Serviço	3,31	Sim
	Sala	2,86	Sim
Terminação 03 e 04	Quarto 1	2,56	Sim
	Quarto 2	3,16	Sim
	Quarto 3	3,31	Sim
	Cozinha/ Serviço	2,11	Sim
	Sala	4,51	Sim

Fonte: AUTORA, 2011

As paredes e o teto são pintados na cor branca, por isso a edificação recebe bonificação de refletância do teto = 0,10 pontos

Uso racional da água

A edificação não possui aproveitamento de água pluvial, nem restritor de vazão nas torneiras e chuveiros. A bacia sanitária especificada possui caixa acoplada, mas não foi especificado o tipo de acionamento de descarga. Dessa forma, não foi considerado este item para bonificação.

Iluminação artificial

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

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

O projeto elétrico especifica duas lâmpadas incandescentes de 100 W para cada quarto e para os banheiros. Conforme a tabela PBE PARA LÂMPADAS DO INMETRO, as lâmpadas incandescentes de 100 W possuem eficiência de 16,2 lm/W. Somando-se a isso, o fato da área citada abranger mais de 50% do apartamento, a edificação não receberá bonificação sob esse aspecto.

Medição Individualizada:

A edificação possui medição individualizada de água e eletricidade

Bonificação = 0,10

Total de bonificações:

Iluminação natural = 0,20 pontos

Refletância do teto = 0,10 pontos

Medição individual = 0,10 pontos

Total = 0,40 pontos.

4.2.4 Classificação Final da Envoltória

Materiais:

Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e chuveiro elétrico.

Resultado: 16 Edificações C, como pode ser observado na tabela 37.

Tabela 37 – Classificação final Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e chuveiro elétrico.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – CHUVEIRO ELÉTRICO PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 1] +Bonificação)		
Apartamento	Classificação	
404	2,748984	C
403	2,748984	C
402	2,820778	C
401	2,820778	C
304/204	2,904384	C
303/203	2,904384	C
302/202	2,820778	C
301/201	2,820778	C
104	3,073734	C
103	3,073734	C
102	3,116603	C
101	3,00338	C

Fonte: AUTORA, 2011

Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e aquecedor solar.

Resultado: 15 Edificações B e uma Edificação A, como pode ser observado na tabela 15.

Tabela 38– Classificação final Paredes claras, telha de fibrocimento pintada de branco e aquecedor solar.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – AQUECEDOR SOLAR		
PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 5] +Bonificação)		
Apartamento	Classificação	
404	4,148984	B
403	4,148984	B
402	4,220778	B
401	4,220778	B
304/204	4,304384	B
303/203	4,304384	B
302/202	4,220778	B
301/201	4,220778	B
104	4,473734	B
103	4,473734	B
102	4,516603	A
101	4,40338	B

Fonte: AUTORA, 2011

Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e chuveiro elétrico. Resultado: 4 Edificações D e 12 edificações C, como pode ser observado na tabela 39.

Tabela 39 – Classificação final -Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e chuveiro elétrico.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – CHUVEIRO ELÉTRICO		
PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 1] +Bonificação)		
Apartamento	Classificação	
404	2,332984	D
403	2,332984	D
402	2,404778	D
401	2,404778	D
304/204	2,904384	C
303/203	2,904384	C
302/202	2,820778	C
301/201	2,820778	C
104	3,073734	C
103	3,073734	C
102	3,116603	C
101	3,00338	C

Fonte: AUTORA, 2011

Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e aquecedor solar. Resultado: 15 Edificações B e uma Edificação A, como pode ser observado na tabela 40.

Tabela 40– Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e aquecedor solar.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – AQUECEDOR SOLAR		
PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 5] +Bonificação)		
Apartamento		Classificação
404	3,432984	B
403	3,432984	B
402	3,804778	B
401	3,804778	B
304/204	4,304384	B
303/203	4,304384	B
302/202	4,220778	B
301/201	4,220778	B
104	4,473734	B
103	4,473734	B
102	4,516603	A
101	4,50338	B

Fonte: AUTORA, 2011

Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e chuveiro elétrico. Resultado: 16 Edificações C, como pode ser observado na tabela 41.

Tabela 41 – Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e chuveiro elétrico.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – CHUVEIRO ELÉTRICO		
PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 1] +Bonificação)		
Apartamento		Classificação
404	2,701758	C
403	2,794266	C
402	2,638175	C
401	2,638175	C
304/204	3,18065	C
303/203	3,365666	C
302/202	3,054175	C
301/201	3,054175	C
104	3,44125	C
103	3,44125	C
102	3,470175	C
101	3,470175	C

Fonte: AUTORA, 2011

Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e aquecedor solar. Resultado: 8 Edificações B e 8 Edificações A, como pode ser observado na tabela 42.

Tabela 42 - Classificação final - Paredes claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio, veneziana nas janelas e aquecedor solar.

CLASSIFICAÇÃO FINAL UH – AQUECEDOR SOLAR		
PTUB = (0,65 x EqNumEnv + [(1-0,65) x 5] +Bonificação)		
Apartamento	Classificação	
404	4,101758	B
403	4,194266	B
402	4,038175	B
401	4,038175	B
304/204	4,58065	A
303/203	4,765666	A
302/202	4,454175	B
301/201	4,454175	B
104	4,84125	A
103	4,84125	A
102	4,870175	A
101	4,870175	A

Fonte: AUTORA, 2011

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com este trabalho que a tipologia de edifícios da SUDECAP não possui atualmente conforto térmico adequado para os usuários. Não atingindo o mínimo exigido pela norma de desempenho quanto à transmitância térmica das paredes e das coberturas.

Caso a edificação fosse submetida à etiquetagem residencial, esta receberia Equivalente numérico “E”, pois o resultado da equação final seria 1,3, devido à utilização do chuveiro elétrico e ao não atendimento aos pré-requisitos para envoltória.

A norma NBR 15575 estabelece parâmetros que, seguidos, melhorará o conforto térmico da edificação. Com as propriedades térmicas de paredes e coberturas

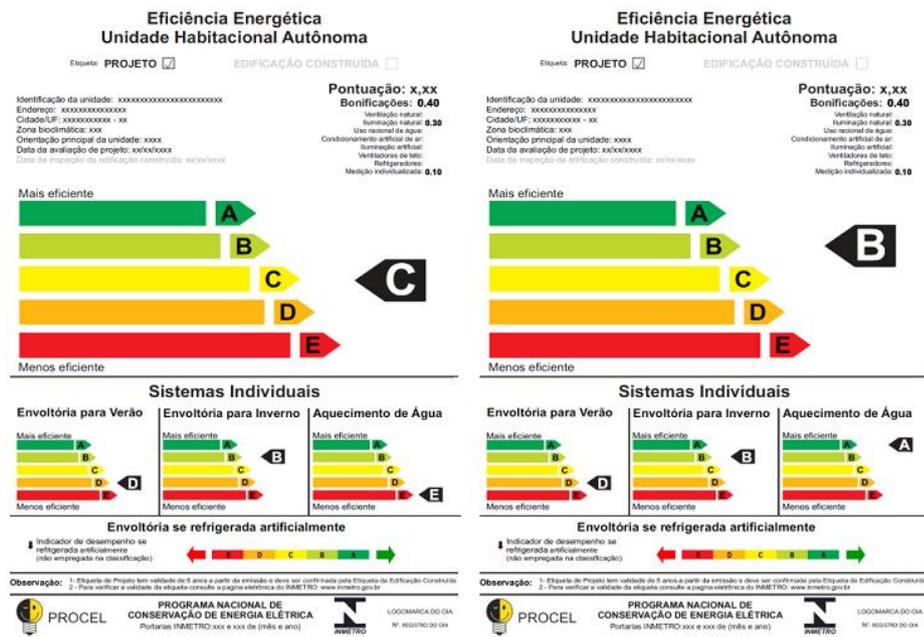
atendendo a norma de desempenho, a envoltória passará a atender aos pré-requisitos para etiquetagem.

A alternativa para atender a resistência térmica das paredes sem alterar o custo seria modificar a cor da pintura. Como as edificações de reassentamento possuem um apelo visual e utiliza-se das cores como recurso, a proposta seria mesclar cores claras e escuras, sendo as escuras utilizadas apenas na circulação comum do edifício e em ambientes de permanência transitória.

Após as modificações nos materiais da cobertura, percebe-se que o mais viável é manter a telha de fibrocimento e colocar a manta de alumínio, reduzindo assim a transmitância térmica da cobertura.

Com a obrigatoriedade da veneziana pela norma de desempenho, a classificação do edifício atinge nota “C” para aquecimento elétrico e nota “B” para aquecimento solar, sendo que metades das UHs passam a ser “A”. Esta nota para um edifício neste padrão, pode ser classificada como alta, devido ao tamanho das unidades que naturalmente concentram mais calor e ao pé direito. As figuras 32 e 33, apresentam o resultado da etiquetagem para a edificação utilizando cores claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas.

Figura 32- Etiquetagem utilizando cores claras, fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas



Fonte: RTR-R, 2010

Figura 33- Resultado etiquetagem utilizando cores claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas



Fonte: AUTORA, 2011

A figura 34, apresenta a ponderação final do edifício considerando a utilização de cores claras, telha de fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas

Figura 34- Ponderação final – Etiquetagem edifício utilizando-se de cores claras, fibrocimento com manta de alumínio e veneziana nas janelas



Fonte: AUTORA, 2011

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - *NBR 15215-3 Iluminação natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos*. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. *NBR 15575 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho*. Rio de Janeiro, 2008.

_____. *NBR 15220 Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro, 2005.

RTQ-C - REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, 2010

DICKER, Claudia Souto; GUTIERREZ, Grace Cristina Roel UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. *Desempenho térmico em ambiente administrativo : estudo de caso em edifício de empresa pública mineira*. 2010.

MORENO, Ana Cecília Rodrigues; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. *Análise de desempenho térmico em habitação de interesse social em Montes Claros-MG*. 2010.

LEE, Alexandre; JOHN, Vanderley M. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *O Custo das Alternativas de Substituição do Telhado de Cimento Amianto*. 2000

C.M.R, Dias; M.A. Cincotto, H. Savastano Jr, V.M.John ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Envelhecimento de longo prazo de telhas onduladas de fibrocimento – O efeito de carbonatação, lixiviação e chuva ácida* 2007.

SARMENTO, Luciene Guimarães V.; DANTAS, Renilson Targino; FURTADO, Dermeval Araújo; NASCIMENTO, José Wallace B.; SILVA, José Humberto Vilar. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. *Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte*.2005

VECCHIA, Francisco; ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. *Isolamento por reflexão* 2001