

Sabrine Santos Mendonça

Eficiência energética: análise de um edifício residencial segundo RTQ-R e recomendações de projeto arquitetônico para Divinópolis, MG.

Belo Horizonte, MG
Escola de Arquitetura da UFMG
2017

Sabrine Santos Mendonça

Eficiência energética: análise de um edifício residencial segundo RTQ-R e recomendações de projeto arquitetônico para Divinópolis, 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

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, MG
Escola de Arquitetura da UFMG
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

M539e Mendonça, Sabine Santos.
Eficiência energética [manuscrito] : análise de um edifício residencial segundo RTQ-R e recomendações de projeto arquitetônico para Divinópolis, MG / Sabine Santos Mendonça. - 2017.
88 f. : il.

Orientadora: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura e conservação de energia. 2. Energia - Conservação. 3. Conforto térmico. 4. Rotulagem. I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.472

Ficha catalográfica: Biblioteca Raffaello Berti, Escola de Arquitetura/UFMG

Eficiência energética: análise de um edifício residencial segundo RTQ-R e recomendações de projeto arquitetônico para Divinópolis, MG.

Monografia defendida junto ao curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído, da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, em 20 de dezembro de 2017, e aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes profissionais:

PROFA. DRA. ROBERTA VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA (Orientadora)
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

DRA. ANA CAROLINA DE OLIVEIRA VELOSO (Avaliadora)
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Belo Horizonte, MG
Escola de Arquitetura da UFMG

2017

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me dar forças para seguir em frente.

Aos meus pais e meus irmãos, que me apoiam incondicionalmente.

Aos professores do Departamento de Arquitetura da UFMG, em especial à professora Roberta Vieira, pela forma profissional, dedicada e afetuosa com que conduziu as orientações.

À turma do curso de Sustentabilidade pelas trocas de conhecimento.

À Construtora Pimenta, principalmente ao Paulo, pela disponibilidade, colaboração, paciência e incentivo de sempre.

À amiga Rafaella, pela infinita paciência em auxiliar na correção deste trabalho.

Enfim, a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram com mais essa etapa da minha formação acadêmica.

Resumo

Notícias relacionadas à escassez de recursos naturais, alterações climáticas de grande magnitude, degradação da camada de ozônio, entre outros, são recorrentes. Dessa forma, o presente trabalho tem a finalidade de avaliar o desempenho térmico e classificar a eficiência energética do projeto de uma edificação residencial multifamiliar a ser construída em Divinópolis-MG, cidade pertencente a Zona Bioclimática 3. Trata-se de um edifício de aproximadamente 2000 metros quadrados, com oito pavimentos e seis unidades habitacionais. Foi utilizado o método prescritivo disponibilizado pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R), no qual o desempenho dos sistemas construtivos e dos equipamentos a serem utilizados na edificação foram avaliados, resultando em uma classificação final da ENCE nível B para o edifício e nível E para as áreas comuns. A partir disso foram feitas sugestões de melhorias a fim aumentar o desempenho térmico e energético do edifício além de alcançar nível A de eficiência. Foi possível confirmar que, escolhendo materiais e equipamentos de forma mais criteriosa, conhecendo suas propriedades e a influência destas no resultado final de uma etiquetagem, é possível obter resultados mais satisfatórios sem precisar, para isso, onerar a obra.

Palavras-chave: RTQ-R, Eficiência Energética, Conforto térmico, Etiquetagem, Envoltória, Desempenho Térmico, PROCEL Edifica, PBE Edifica.

Abstract

News related to the scarcity of natural resources, climatic changes of great magnitude, degradation of the ozone layer, among others, are recurrent. In this way, the present work aims to evaluate the thermal performance and energy efficiency of a building multi-family residential project to be built in Divinópolis, Minas Gerais, a city in the Bioclimatic Zone 3. It is a building of approximately 2000 square meters with eight floors and six housing units. The prescriptive method provided by Quality Technical Regulation to the Level of Energy Efficiency in Residential Buildings (RTQ-R) was applied, in which the performance of the building components and equipment to be used in the building were assessed, resulting in a final ENCE ranking B level for the building and E level to the building common areas. From suggestions for improvements were made in order to increase thermal and energy performance of the building as well as to achieve the A level of efficiency. It was possible to confirm that, choosing materials and equipment judiciously, knowing their properties and the influence of these on the labelling result, it is possible to obtain more satisfactory results without the need to increase construction costs.

Keywords: RTQ-R, Energy Efficiency, Thermal Comfort, Labeling, Envelopment, Thermal Performance, PROCEL Edifica, PBE Edifica.

Lista de Ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Exemplos de Etiquetas residenciais _____ | 20 |
| Figura 2 - Mapa do Estado de Minas Gerais destacando Divinópolis e Belo Horizonte ____ | 27 |
| Figura 3 - Imagem aérea de Divinópolis, MG _____ | 28 |
| Figura 4 - Zona Bioclimática de Divinópolis _____ | 28 |
| Figura 5 - Terreno onde o edifício será construído _____ | 30 |
| Figura 6 - Planta pavimento térreo _____ | 31 |
| Figura 7 - Planta 2º Pavimento (tipo) _____ | 32 |
| Figura 8 - Planta 3º, 4º, 5º e 6º pavimentos (tipo) _____ | 33 |
| Figura 9 - Planta 7º Pavimento - Duplex 1 _____ | 33 |
| Figura 10 - Planta 8º Pavimento - Duplex 2 _____ | 34 |
| Figura 11 - Planta de Cobertura _____ | 35 |
| Figura 12 - Materiais das paredes externas _____ | 36 |
| Figura 13 - Materiais das paredes internas _____ | 36 |
| Figura 14 - Corte transversal _____ | 37 |
| Figura 15 - Materiais da laje Tipo 1 _____ | 38 |
| Figura 16 - Materiais da Laje Tipo 2 _____ | 38 |
| Figura 17 - Telha metálica galvanizada _____ | 39 |
| Figura 18 - Piso cerâmico em tom marfim _____ | 39 |
| Figura 19 - Porta e janela com persiana integrada _____ | 39 |
| Figura 20 - Fachada Frontal (Sul) e Lateral Esquerda (Oeste) _____ | 41 |
| Figura 21 - Fachada Frontal (Sul) e Lateral Direita (Leste) _____ | 41 |
| Figura 22 - Fachada Posterior (Norte) e Lateral Esquerda (Oeste) _____ | 41 |
| Figura 23 - Fachada Posterior (Norte) e Lateral Direita (Leste) _____ | 41 |
| Figura 24 - Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - coletores solares - edição 03/16 _____ | 43 |
| Figura 25 - Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - reservatórios térmicos - edição 01/2016 _____ | 44 |
| Figura 26 - Classificação do Elevador Synergy quanto a sua eficiência energética _____ | 65 |
| Figura 27 - Ângulos de projeto para o cálculo de "Somb" nos pavimentos tipo _____ | 76 |
| Figura 28 - Ângulos de projeto para o cálculo de "Somb" no apartamento duplex _____ | 78 |
| Figura 29 – Nova parede externa _____ | 88 |
| Figura 30 - Nova laje Tipo 2 _____ | 88 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida _____ | 20 |
| Tabela 2 - Coeficientes conforme Região Geográfica _____ | 21 |
| Tabela 3 - Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas _____ | 22 |
| Tabela 4 - Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente _____ | 22 |
| Tabela 5 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água ____ | 23 |
| Tabela 6 - Classificação dos sistemas de aquecimento elétrico _____ | 24 |
| Tabela 7 - Critérios para classificação da iluminação artificial de áreas comuns de uso frequente de acordo com o nível pretendido _____ | 26 |
| Tabela 8 – Fator das janelas e portas externas para ventilação e iluminação _____ | 40 |
| Tabela 9 - Atendimento ao pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica _____ | 47 |
| Tabela 10 - Área de aberturas e área efetiva para ventilação _____ | 48 |
| Tabela 11 - Área de aberturas e área efetiva para iluminação _____ | 49 |
| Tabela 12 - Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos ambientes de todas UHs ____ | 50 |
| Tabela 13 - Análise dos Pré-Requisitos para Envoltória das UHs _____ | 51 |
| Tabela 14 - Análise do aquecimento de água _____ | 54 |
| Tabela 15 - Classificação final das UHs _____ | 55 |
| Tabela 16 - Análise da classificação final do edifício _____ | 56 |
| Tabela 17 - Análise da Eficiência Energético do Elevador _____ | 58 |
| Tabela 18 - Classificação final das UHs alterando o Aquecimento de água _____ | 60 |
| Tabela 19 - Análise da classificação final do edifício alterando o Aquecimento de água ____ | 61 |
| Tabela 20 - Análise da Envoltória das UHs após todas as recomendações _____ | 62 |
| Tabela 21 - Classificação final das UHs após todas as recomendações _____ | 63 |
| Tabela 22 - Análise da classificação final do edifício após recomendações _____ | 64 |
| Tabela 23 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 2º pavimento ____ | 71 |
| Tabela 24 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 3º, 4º e 5º pavimentos _____ | 72 |
| Tabela 25 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 6º pavimento ____ | 73 |

| | |
|--|----|
| Tabela 26 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do Apartamento duplex (1ª parte) | 74 |
| Tabela 27 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do Apartamento duplex (2ª parte) | 75 |
| Tabela 28 - Ângulos utilizados para o cálculo de "Somb" nos pavimentos tipo | 76 |
| Tabela 29 - Ângulos utilizados para o cálculo de "Somb" no apartamento duplex | 78 |
| Tabela 30 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória da UH do 2º pavimento | 79 |
| Tabela 31 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória das UHs do 3º, 4º e 5º pavimentos | 80 |
| Tabela 32 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória da UH do 6º pavimento | 80 |
| Tabela 33 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória do Apartamento duplex | 81 |
| Tabela 34 - Análise do sistema de aquecimento Solar de Água | 82 |
| Tabela 35 - Análise das Bonificações de todas as unidades habitacionais | 85 |
| Tabela 36 - Análise da classificação final das UHs do 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos | 86 |
| Tabela 37 - Análise da classificação final da UH do 6º pavimento | 86 |
| Tabela 38 - Análise da classificação final da UH duplex | 87 |
| Tabela 39 - Conjunto de Ângulos mínimos para proteção solar das fachadas para a cidade de Bambuí. | 89 |
| Tabela 40 - Irradiação solar no plano inclinado para Oliveira, MG | 90 |
| Tabela 41 - Tabela Climática de Divinópolis, MG | 90 |

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | Conforto Ambiental | 16 |
| 2.2 | Eficiência Energética | 17 |
| 3 | REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS | 19 |
| 3.1 | Pré-requisito geral | 19 |
| 3.2 | Procedimento para determinação da eficiência | 19 |
| 3.3 | Unidades Habitacionais Autônomas | 21 |
| 3.3.1 | Envoltória | 21 |
| 3.3.1.1 | Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies | 22 |
| 3.3.1.2 | Ventilação natural | 22 |
| 3.3.1.3 | Iluminação natural | 23 |
| 3.3.2 | Sistema de aquecimento de água | 23 |
| 3.3.2.1 | Sistema de Aquecimento Solar | 24 |
| 3.3.2.2 | Sistema de Aquecimento Elétrico | 24 |
| 3.3.3 | Bonificações | 24 |
| 3.4 | Áreas de uso comum | 25 |
| 3.4.1 | Áreas comuns de uso frequente | 25 |
| 3.4.1.1 | Iluminação artificial | 25 |
| 3.4.1.2 | Bombas centrífugas | 26 |
| 3.4.1.3 | Elevadores | 26 |
| 3.4.2 | Áreas comuns de uso eventual | 26 |
| 4 | DIVINÓPOLIS, MG | 27 |
| 5 | OBJETO DE ESTUDO | 30 |
| 5.1 | Materiais e demais Elementos Construtivos | 35 |
| 5.1.1 | Paredes externas | 35 |
| 5.1.2 | Paredes internas | 36 |
| 5.1.3 | Coberturas | 37 |
| 5.1.4 | Aberturas | 39 |
| 5.1.5 | Pé-direito | 40 |
| 5.1.6 | Fachadas | 40 |
| 5.1.7 | Sistemas hidráulico e elétrico | 42 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.1.8 | Aquecimento de água | 42 |
| 5.1.8.1 | Aquecedor solar | 42 |
| 5.1.8.2 | Aquecimento Elétrico | 44 |
| 5.1.9 | Motores elétricos de indução trifásicos | 44 |
| 5.1.10 | Iluminação artificial | 45 |
| 5.1.11 | Bombas centrífugas | 45 |
| 5.1.12 | Elevador | 45 |
| 6 | ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO SEGUNDO RTQ-R | 46 |
| 6.1 | Pré-requisito geral | 46 |
| 6.2 | Unidade habitacionais autônomas | 46 |
| 6.2.1 | Envoltória | 46 |
| 6.2.1.1 | Pré-requisitos específicos | 46 |
| 6.2.1.1.1 | Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies | 46 |
| 6.2.1.1.2 | Ventilação natural | 47 |
| 6.2.1.1.3 | Iluminação natural | 48 |
| 6.2.1.2 | Análise da eficiência da Envoltória | 49 |
| 6.2.1.3 | Classificação final para Envoltória | 51 |
| 6.2.2 | Sistema de aquecimento de água | 52 |
| 6.2.2.1 | Sistema de Aquecimento Solar | 52 |
| 6.2.2.2 | Sistema de Aquecimento Elétrico | 52 |
| 6.2.2.3 | Classificação final para o Sistema de aquecimento de água | 53 |
| 6.2.3 | Bonificações | 55 |
| 6.2.4 | Classificação final das Unidade Habitacionais | 55 |
| 6.2.5 | Classificação final da edificação | 56 |
| 6.3 | Áreas de uso comum | 56 |
| 6.3.1 | Áreas comuns de uso frequente | 57 |
| 6.3.1.1 | Pré-requisitos | 57 |
| 6.3.1.2 | Iluminação artificial e Bombas centrífugas | 57 |
| 6.3.1.3 | Elevador | 57 |
| 6.3.1.4 | Bonificações | 59 |
| 6.3.2 | Classificação final das Áreas de uso comum do edifício | 59 |
| 7 | ADEQUAÇÕES SUGERIDAS | 60 |
| 7.1 | Unidades Habitacionais | 60 |
| 7.2 | Áreas de Uso Comum | 64 |
| 8 | CONCLUSÕES | 66 |
| 9 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 68 |

| | |
|---|----|
| Apêndice A – Tabelas de Análise da Envoltória e Pré-Requisitos dos Ambientes de cada UH _____ | 71 |
| Apêndice B – Cálculo de “Somb” pavimento tipo _____ | 76 |
| Apêndice C – Cálculo de “Somb” apartamento duplex _____ | 78 |
| Apêndice D – Análise dos Pré-Requisitos e classificação da Envoltória de cada UH _____ | 79 |
| Apêndice E - Análise do sistema de aquecimento Solar de Água _____ | 82 |
| Apêndice F – Análise das Bonificações de cada UH _____ | 85 |
| Apêndice G – Análise da classificação final de cada UH _____ | 86 |
| Apêndice H – Novos Elementos Construtivos para Envoltória _____ | 88 |
| Anexo I – Ângulos de sombreamento recomendados _____ | 89 |
| Anexo II – Dados para cálculo da eficiência do aquecedor solar _____ | 90 |

1 INTRODUÇÃO

Notícias relacionadas à escassez de recursos naturais, alterações climáticas de grande magnitude, degradação da camada de ozônio, entre outros, são recorrentes. No que se refere aos recursos hídricos, por exemplo, os dados são alarmantes. Segundo um relatório do Conselho de Assessoramento da Agência Nacional de Águas (UNSGAB, 2015) a crise hídrica se apresenta como “o risco global nº 1, no que refere aos impactos na sociedade”. Além disso, a expectativa é de que em 2050 mais de 40% da população mundial viva “sob severo *stress* hídrico” (de 1,6 bilhão em 2000 a 3,9 bilhões em 2050).

Segundo Santo et al (2014) a construção civil apresenta-se como um dos maiores consumidores de recursos naturais da atualidade. Por ser um dos setores que mais polui e, ainda, responsável por grande impacto ambiental, buscar novos conhecimentos no que se refere a mitigar os danos que a construção civil traz ao meio ambiente torna-se quase obrigatório.

A produção e o transporte de materiais de construção, segundo Batista (2010, p.17), consomem uma quantidade bastante elevada de energia, o que gera preocupação do ponto de vista ambiental. E não é só durante a construção que o gasto energético é preocupante. Ainda segundo Batista (2010, p.17), quando as obras terminam e as edificações começam a ser utilizadas percebe-se que, muitas das vezes, o gasto de energia com iluminação e condicionamento ambiental é muito elevado.

Segundo o Relatório Síntese do Ministério de Minas e Energia (BEN, 2017) é bastante expressivo o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais e comerciais, de serviços e públicas do Brasil, chegando a aproximadamente 43% do total da eletricidade consumida no país.

Esse consumo energético das edificações pode ser reduzido a partir de decisões relacionadas ao projeto arquitetônico. Quando o projeto é condizente com as características climáticas do local onde será inserido, o desempenho da futura edificação tende a ser mais eficiente, uma vez que reduz a necessidade de resolver artificialmente problemas relacionados ao conforto do usuário, diminuindo o gasto com eletricidade. Como “o consumo e a geração de energia estão entre os principais contribuintes no que se refere às mudanças climáticas globais”, segundo Batista (2010, p.17) é importante que as construções sejam planejadas de forma mais consciente, com menor impacto ambiental e de forma mais sustentável.

[...] o uso eficiente da energia apresenta-se como uma das principais dimensões de sustentabilidade a serem obtidas no espaço habitado. No âmbito da construção civil, os termos sustentabilidade, adequação ambiental e eficiência energética se inter-relacionam, de modo que as edificações podem ser utilizadas como instrumento para a disseminação de tais conceitos. (BATISTA, p. 17).

Esse contexto mostra o quanto é importante que os profissionais envolvidos com projeto arquitetônico e construção de edifícios estejam mais familiarizados com os conceitos em questão e, conseqüentemente, estejam aptos a produzir edificações que tragam o menor impacto possível ao meio ambiente.

Em Divinópolis - MG, cidade que será abordada no estudo, os problemas relacionados ao calor excessivo, períodos de enchentes alternados com grandes temporadas de seca, entre outros, também são frequentes. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015) apontam aumento de temperatura e baixa umidade relativa do ar na cidade nos últimos anos.

Além das questões ambientais é importante mencionar algumas questões legislativas. O Código de Obras e a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Divinópolis - MG, que são da década de 70 e 80 respectivamente, pouco foram atualizados. Questões relacionadas à taxa de impermeabilização do solo, por exemplo, não são abordadas nesses documentos. Tendo em vista a grande mudança do cenário ambiental dos últimos anos e a quantidade de informação nova disponibilizada nesse período, uma análise crítica da situação se faz necessária. Diante desse contexto, estudos relacionados à forma de projetar e construir em Divinópolis - MG, principalmente no que se refere às questões ambientais, devem ser incentivados, permitindo aos profissionais envolvidos a possibilidade de ir além do que a legislação determina.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o desempenho térmico e classificar a eficiência energética do projeto de uma edificação residencial multifamiliar a ser construída em Divinópolis - MG, cidade pertencente a Zona Bioclimática 3. Trata-se de um edifício de aproximadamente 2000 metros quadrados, com oito pavimentos e seis unidades habitacionais (uma unidade por andar).

Será utilizado o método prescritivo disponibilizado pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R), no qual o desempenho dos sistemas construtivos e dos equipamentos a serem utilizados na

edificação serão avaliados, resultando na classificação final da ENCE para o edifício e para as áreas comuns.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conforto Ambiental

O conceito de conforto é amplamente encontrado em textos voltados à arquitetura. Por esse motivo o estudo do tema deve ser bastante criterioso, buscando aquelas contribuições em que a fundamentação teórica é feita de forma ponderada e sensata.

Para Rybczynski (1996, p.141, *apud* Santos e Silva, 2011, p.139) “o conforto humano não é meramente uma função do nível de dióxido de carbono. A temperatura, a umidade relativa, a circulação do ar, a ionização, a poeira e os odores são fatores igualmente importantes, se não mais”. Ainda segundo Rybczynski (1996, *apud* Santos e Silva, 2011, p.139) “trata a compreensão do sentido do conforto a partir de um todo, formado por camadas transparentes de sentido uma a uma adicionadas ao longo da história”.

Santos e Silva (2011, p.139) citam também, como forma elucidar um pensamento distinto, a explanação de Schmid (2005, *apud* Santos e Silva, 2011, p.139), que “estuda a forma como os sentidos interferem na percepção do conforto no ambiente construído, comprovando que não é apenas o sistema fisiológico que determina o conforto, mas também a expressividade que compreende os aspectos subjetivos.”. Schmid (2005) também descreve o conforto sob a ótica da física e da psicoespiritualidade, mas no contexto ambiental, ele explica o conforto como aquilo que acontece independentemente do ser humano (odor, som, temperatura, cenário, etc.).

Conforto, portanto, é de fato consolo, e isto não restringe, senão abre o campo do conforto ambiental, a ponto de impor-lhe a interdisciplinaridade como única alternativa de sobrevivência. Espero que o conforto não seja somente ideia e se concretize nos ambientes, dando-lhes sentido. (SCHMID, 2005, p. 329)

No que se refere ao conforto ambiental, especificamente, é possível trazer a ideia de Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p.43), que defendem que esse conceito “pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo”, mostrando que o conceito está intimamente ligado a questões físicas.

De forma mais subjetiva, a ASHRAE (1989), *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, coloca o conforto ambiental como um estado de espírito, dizendo que este expressa satisfação com o ambiente.

O conforto ambiental pode ser tratado em várias escalas, da urbana à arquitetônica, estudando cidades inteiras ou um único ambiente. O trabalho em questão foca os edifícios, mais especificamente aqueles destinados à habitação multifamiliar, tendo em vista o bem-estar dos seus usuários.

2.2 Eficiência Energética

Limerick e Geller (2007, p.4) dizem que ter eficiência energética significa reduzir a quantidade de energia que você precisa para executar uma determinada tarefa. Segundo eles, conseguir aumentar ou manter o nível de determinado serviço e, ao mesmo tempo, reduzir a quantidade de energia gasta para fornecer esse serviço é uma prática de eficiência energética. Como exemplo, os autores colocam que a eficiência reduz a demanda por eletricidade sem diminuir ou interferir no desempenho de um aparelho, ou sem reduzir o conforto e a conveniência que esse aparelho oferece.

Em outras palavras, a World Energy Council (2008, p.9, tradução nossa) diz que eficiência energética é a possibilidade de reduzir a energia que seria utilizada na realização de uma determinada atividade (iluminação, aquecimento, entre outros). Segundo eles, essa redução está normalmente associada a mudanças tecnológicas, mas pode também ser fruto de uma melhor organização ou melhores condições econômicas.

De forma um pouco mais profunda, Gouveia (2008, p.11) diz que eficiência energética significa prover “estratégias e medidas para combater o desperdício de energia” ao longo de um processo de transformação, do momento em que a energia é extraída até ser “utilizada pelos consumidores finais”.

Voltados especificamente à arquitetura, Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p.5) dizem que a Eficiência Energética “pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia”. Eles exemplificam dizendo que “um edifício é mais energeticamente eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”. Esses autores vão além quando dizem que além de recursos como as etiquetas de nível de eficiência, os projetos arquitetônicos de qualidade deveriam conter análises acerca do seu desempenho energético, uma vez que as decisões tomadas na fase de projeto influenciam no desempenho lumínico e térmico de uma edificação.

Para que o projeto tenha um bom desempenho, é importante que estas decisões sejam baseadas no conhecimento das variáveis e conceitos que envolvem a eficiência energética e o conforto ambiental e nas análises que o arquiteto pode fazer das diversas alternativas de projeto em todas as etapas do processo. Estes conceitos e análises devem incorporar-se naturalmente ao processo de projeto do arquiteto desde o programa de necessidades. A prática da arquitetura exige, assim, a conscientização do profissional em relação a uma série de aspectos que são usualmente negligenciados. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.7).

Assim como o conceito de Conforto Ambiental, a Eficiência energética é trabalhada nesta monografia sob a ótica da moradia, tendo como foco o projeto arquitetônico de um edifício residencial multifamiliar. Nesse contexto é válido lembrar que, já na década de 20, Le Corbusier (1983) liga o conceito de eficiência à habitação quando descreve a casa como “máquina de morar”, onde ambientes flexíveis e que aproveitem ao máximo a luz diurna, devem atender da forma mais prática possível às suas funções. Isso mostra que a preocupação com o desempenho e qualidade das construções vem de longa data. No entanto, como o assunto é desconhecido por muitos profissionais, fica evidente a necessidade de trabalhar e divulgar essas questões.

3 REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

O Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) define requisitos técnicos e métodos para classificar a eficiência energética de edificações residenciais. Tem por objetivo “criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares” (BRASIL, 2012).

3.1 Pré-requisito geral

A medição individualizada de água e eletricidade é pré-requisito para obtenção dos níveis de eficiência A ou B quando há mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote. Esse pré-requisito é válido para edifícios construídos após a publicação do regulamento em questão.

3.2 Procedimento para determinação da eficiência

O RTQ-R classifica o nível de eficiência de edificações residenciais de acordo com as seguintes determinações:

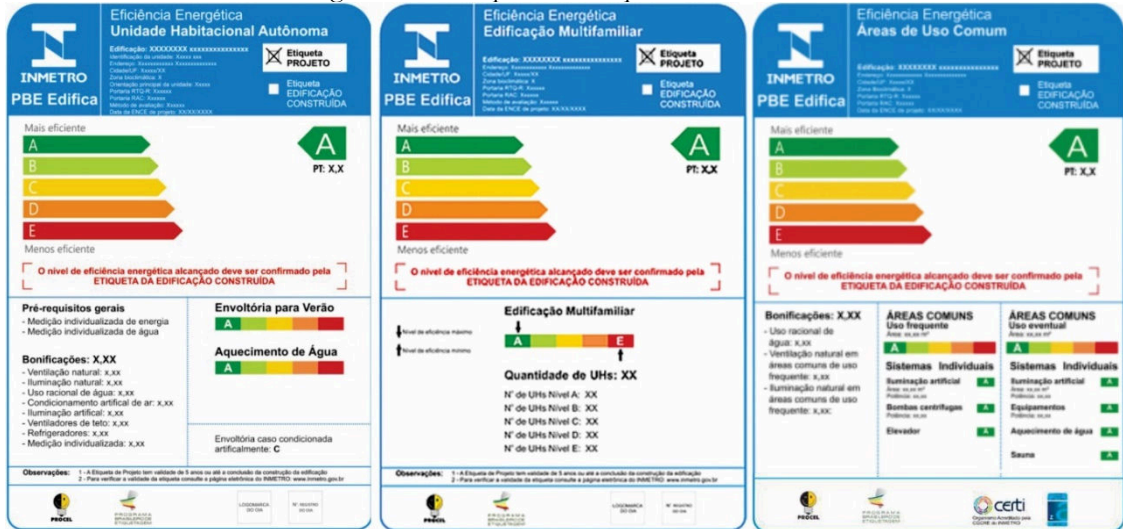
- Unidades Habitacionais Autônomas;
- Edificações Unifamiliares;
- Edificações Multifamiliares;
- Áreas de Uso Comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais.

Nas Unidades Habitacionais Autônomas e nas Edificações Unifamiliares são avaliados “os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do (s) sistema (s) de aquecimento de água e a eventuais bonificações”.

Nas Edificações Multifamiliares “o resultado da avaliação dos requisitos de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação” é ponderado obtendo-se um valor único. Nas Áreas de Uso Comum os requisitos referentes à “eficiência do sistema de iluminação artificial, do

(s) sistema (s) de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas centrífugas, dos equipamentos e de eventuais bonificações” são avaliados.

Figura 1 - Exemplos de Etiquetas residenciais



Fonte: BRASIL, 2012.

A classificação é dada a partir da pontuação final obtida. Essa classificação varia do nível E (menos eficiente) ao A (mais eficiente), como pode ser observado na Figura 1.

Os níveis intermediários de eficiências são dados conforme Tabela 1.

Tabela 1 - 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: BRASIL, 2012.

O nível de eficiência final das unidades habitacionais autônomas é classificado utilizando o nível obtido pela envoltória, o nível obtido pelo sistema de aquecimento de água e pelas bonificações, sendo que os dois primeiros itens têm pesos variados de acordo com a região geográfica onde a edificação está localizada, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes conforme Região Geográfica

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

Fonte: BRASIL, 2012.

3.3 Unidades Habitacionais Autônomas

Para a determinação da eficiência das Unidades Habitacionais foi utilizado o método prescritivo apresentado pelo RTQ-R. Os cálculos necessários ao cumprimento desse método foram feitos a partir das planilhas de apoio à classificação do nível de eficiência energética de edificações, desenvolvidas pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE, 2017) e disponibilizadas pelo PBE Edifica (www.pbeedifica.com.br). Segundo o LabEEE, 2017, as planilhas foram disponibilizadas de forma livre, com intuito didático e acadêmico.

Uma das planilhas disponibilizadas é a Planilha de cálculo do desempenho da UH, que avalia a classificação parcial de cada item da Envoltória, dos Sistemas de aquecimento de Água e das Bonificações, no que se refere aos pré-requisitos e à determinação final da eficiência. A planilha, que teve sua última atualização em março desse ano, deve ser utilizada para cada UH de forma separada. Seu preenchimento é feito a partir das informações, manuais e vídeos também disponíveis no site do PBE Edifica.

É importante dizer que a classificação final das UHs leva em conta o Indicador de Graus Hora para resfriamento (GHR), que o indicador de desempenho térmico baseado em uma temperatura de referência, e o Consumo Relativo para Aquecimento (CA), que analisa o consumo anual de energia por metro quadrado necessário para o aquecimento.

O Consumo Relativo para Refrigeração (CR) verifica qual a quantidade anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para refrigerar o ambiente no período de 21h às 8h, considerando a temperatura de 24°C. Nesse quesito, somente os dormitórios são avaliados e a eficiência quanto a esse item é de caráter informativo, não sendo contabilizada na classificação final da Envoltória.

3.3.1 Envoltória

Os pré-requisitos da envoltória são avaliados de forma separada em cada ambiente de uma unidade habitacional (UH).

3.3.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies

Os pré-requisitos relacionados a esses itens devem estar de acordo com a Zona Bioclimática (ZB) em que a edificação está inserida, conforme pode ser observado na Tabela 3. São avaliadas as coberturas e paredes externas de ambientes de permanência prolongada (APP), as quais devem estar de acordo com a referida tabela para conseguirem nível de eficiência maior que C no que se refere ao resfriamento, aquecimento e refrigeração da envoltória. Como esse trabalho aborda a ZB 3, são dadas somente as informações referentes a essa área.

Tabela 3 - Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

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

Fonte: BRASIL, 2012.

3.3.1.2 Ventilação natural

Os ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais devem atender ao percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação para estarem de acordo com o pré-requisito de ventilação natural, para que não fiquem limitadas ao nível de eficiência C no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento. Tais percentuais são dados na Tabela 4.

Tabela 4 - Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

| Ambiente | Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) |
|-------------------------------------|--|
| | ZB 1 a ZB 6 |
| Ambientes de permanência prolongada | $A \geq 8\%$ |

Fonte: BRASIL, 2012 (adaptado).

Sobre o percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação, o RTQ-R considera apenas a área útil do ambiente, o que significa que a área de corredor não é contabilizada. Além disso, para dormitórios, o pré-requisito precisa ser atendido apenas para 15 m², o que significa que, para dormitórios com área superior a essa, não é necessário considerar a área restante.

3.3.1.3 Iluminação natural

Os APP devem possuir pelo menos uma abertura para o exterior. As áreas de todas as aberturas que fornecem iluminação natural, quando somadas, devem ser maiores do que 12,5% da área útil do ambiente. Se este pré-requisito não for atendido, o ambiente alcançará, no máximo, nível de eficiência C nos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento, para aquecimento e para refrigeração.

Assim como na ventilação natural, o RTQ-R considera apenas a área útil do ambiente no cálculo do percentual de área mínima de abertura para iluminação natural. Também aqui são considerados no máximo 15 m² por dormitório.

3.3.2 Sistema de aquecimento de água

Nesse item são avaliados apenas os sistemas que o empreendedor entregará instalados, não sendo considerados os sistemas de espera para instalações futuras.

Como pré-requisito, as tubulações para água quente devem estar de acordo com as normas técnicas de produtos aplicáveis e devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam.

Para conseguir nível de eficiência A ou B é necessário comprovar, através do projeto de instalações hidrossanitárias, que as espessuras mínimas do isolamento térmico das tubulações metálicas para água quente estão de acordo com a Tabela 5, segundo o diâmetro nominal da tubulação. Nas tubulações não metálicas para água quente, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0 cm.

Tabela 5 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para aquecimento de água

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

Fonte: BRASIL, 2012.

Neste trabalho foram citados apenas os sistemas existentes no edifício a ser analisado.

3.3.2.1 Sistema de Aquecimento Solar

Como pré-requisito, exige-se que os coletores solares sejam instalados com ângulo de inclinação e orientação de acordo com o que é especificado no projeto e manual de instalação.

Quando os coletores solares forem destinados a aquecer água para banho, é necessário que possuam ENCE A ou B para que seja atingido níveis de classificação A ou B. Os reservatórios devem possuir Selo Procel, isolamento térmico adequado e capacidade de armazenamento mínimo segundo o dimensionamento indicado no RTQ-R.

Tanto os reservatórios térmicos quanto os coletores solares precisam atender às condições definidas pelas normas brasileiras aplicáveis.

3.3.2.2 Sistema de Aquecimento Elétrico

A eficiência desse sistema é definida a partir da potência dos aparelhos elétricos instalados na edificação, desde que eles façam parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). É possível obter classificação D ou E, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação dos sistemas de aquecimento elétrico

| Tipo de Aparelho/Equipamento | Classificação | |
|---|-----------------------------|-----------------------|
| | D | E |
| Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas: | $P \leq 4.600 \text{ W}$ | $P > 4.600 \text{ W}$ |
| Aquecedores elétricos de hidromassagem | $P \leq 5.000 \text{ W}$ | $P > 5.000 \text{ W}$ |
| Aquecedores elétricos por acumulação (boiler) | Classificação A ou B no PBE | Outros |
| Caldeiras a óleo | | Todos |

Fonte: elaborado pela autora.

3.3.3 Bonificações

As bonificações visam incentivar iniciativas que aumentem a eficiência da UH. Elas são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas, sendo que a bonificação total obtida é a somatória das bonificações adquiridas em cada item. A partir da soma de todas as bonificações é possível que a UH receba até 1 (um) ponto na classificação geral.

Os itens passíveis de ganho de bonificação são os seguintes:

- Ventilação natural - zero a 0,40 pontos;
- Iluminação natural - zero a 0,30 pontos;
- Uso racional de água - zero a 0,20 pontos;
- Condicionamento artificial de ar - zero a 0,20 pontos;
- Iluminação artificial - zero a 0,10 pontos;
- Ventiladores de teto instalados na UH - zero ou 0,10 pontos;
- Refrigeradores instalados na UH - zero ou 0,10 pontos;
- Medição individualizada - zero ou 0,10 pontos.

3.4 Áreas de uso comum

Neste item são avaliados os ambientes de uso coletivo. Estão inclusas as áreas comuns de uso frequente e áreas comuns de uso eventual.

3.4.1 Áreas comuns de uso frequente

Como pré-requisito da avaliação das áreas de uso comum, os motores elétricos de indução trifásicos instalados na edificação deverão ter rendimentos nominais mínimos previstos pelo Inmetro para receber nível de classificação maior que E. Além disso, para que seja possível alcançar nível A, as garagens que não possuem ventilação natural deverão dispor de sistemas de ventilação mecânica com controle do nível de concentração de monóxido de carbono (CO) e todos os motores elétricos trifásicos devem ser de alto rendimento.

3.4.1.1 Iluminação artificial

A classificação é feita a partir dos dispositivos instalados, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios para classificação da iluminação artificial de áreas comuns de uso frequente de acordo com o nível pretendido

| | Nível A | Nível B | Nível C | Nível D |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Fluorescentes Tubulares | $\eta^* \geq 84\text{lm/W}$ | $75 \leq \eta < 84\text{lm/W}$ | $70 \leq \eta < 75\text{lm/W}$ | $60 \leq \eta < 70\text{lm/W}$ |
| Reatores para fluorescentes tubulares | Eletrônicos com Selo Procel | — | Fator de potência $\geq 0,95$ | Fator de potência $< 0,95$ |
| Fluorescentes Compactas | Selo Procel | ENCE B | ENCE C | ENCE D |
| LED** | $\eta \geq 75\text{lm/W}$ | $50 \leq \eta < 75\text{lm/W}$ | $30 \leq \eta < 50\text{lm/W}$ | $\eta < 30\text{lm/W}$ |
| Lâmpadas de vapor de sódio | Selo Procel | ENCE B | ENCE C | ENCE D |
| Reatores para lâmpadas de vapor de sódio | Eletromagnéticos com Selo Procel | — | Fator de potência $\geq 0,90$ | Fator de potência $< 0,90$ |
| Automação na iluminação intermitente | Sim | — | Não | — |

* η : Eficiência luminosa; ** Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)

Fonte: BRASIL, 2012.

3.4.1.2 Bombas centrífugas

Quando houver bombas centrífugas instaladas, estas devem possuir ENCE. A classificação será a nota da ENCE, tendo como referência a Tabela 1, na página 20.

3.4.1.3 Elevadores

A eficiência dos elevadores é analisada através da demanda específica de energia, a qual se baseia na demanda em viagem e na demanda de energia em modo de espera. A classificação final é encontrada através do cálculo dessas demandas.

O PBE Edifica disponibiliza uma planilha de análise de eficiência energética de elevadores, baseada nas metodologias estabelecidas pela VDI4707-2009. Através dessa planilha, as demandas específicas do elevador são calculadas e a eficiência do equipamento é fornecida.

3.4.2 Áreas comuns de uso eventual

O edifício a ser analisado não possui áreas comuns de uso eventual, por esse motivo, os itens referentes a esse assunto não são abordados nesse trabalho.

4 CIDADE DE ESTUDO - DIVINÓPOLIS, MG

Situada a 120 quilômetros (km) da capital do Estado (Figura 2), a sede do Município de Divinópolis situa-se na interseção das coordenadas geográficas 20° 8' 21" de latitude sul e 44° 53' 17" de longitude oeste. A cidade está localizada no centro-oeste de Minas Gerais, sendo a maior da região, com aproximadamente 213 mil habitantes e 192 km² de área urbana. A extensão territorial total é de aproximadamente 716 km², o que corresponde a 0,12% da área do Estado, segundo dados da prefeitura do município (DIVINÓPOLIS, 2017).

Figura 2 - Mapa do Estado de Minas Gerais destacando Divinópolis e Belo Horizonte



Fonte: Software Google Earth. Acesso em: 5 set. 2017.

Os setores de vestuário e o siderúrgico/metalúrgico se destacam na cidade que, segundo o censo do IBGE 2010, é a quinta com melhor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Minas Gerais, situando-se entre os 10 principais municípios do Estado.

Com clima tropical, Divinópolis apresenta, invernos secos e verões chuvosos. Junho é o mês mais frio, com temperatura média próxima dos 18°. No mês mais quente, fevereiro, a temperatura média gira em torno de 25° (CLIMATE-DATA.ORG,2017). Na maior parte do ano a direção predominante dos ventos é a sudeste, mas durante o verão os ventos da direção nordeste são os mais intensos (DIVINÓPOLIS, 2017).

A Figura 3 mostra uma imagem aérea da cidade.

Figura 3 - Imagem aérea de Divinópolis, MG



Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=547382>. Acesso em: 5 set. 2017.

Assim como a capital do estado, Divinópolis está inserida na Zona Bioclimática 3 (Figura 4), a qual determina as características térmicas das vedação, estratégias de condicionamento térmico passivo, tamanho das aberturas e demais diretrizes para que o ambiente construído seja mais condizente com os elementos climáticos da região onde será inserido, proporcionando assim maior conforto humano.

Figura 4 - Zona Bioclimática de Divinópolis



Fonte: Software ZBBR.

É importante explicar que o software ZBBR é um programa de classificação Bioclimática dos municípios brasileiros disponibilizado pelo LabEEE e está baseado na NBR15220 – 3, que indica premissas para projeto. No entanto, ressalta-se que os valores de transmitância térmica da referida Norma possuem limites diferentes daqueles preconizados no RTQ-R

As construções na cidade devem ser pautadas pelo Código de Obras de Divinópolis (Lei 1.071/93) e pela Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Divinópolis, MG (Lei Nº 2.418/88), além do Plano Diretor (Lei Complementar 169/2014). Esses documentos definem a política de desenvolvimento da cidade, orientando seu crescimento e assegurando a densidade equilibrada da população. Eles também determinam as atividades compatíveis com a capacidade dos equipamentos urbanos e comunitários, infraestrutura e serviços urbanos, além de garantir a segurança, salubridade, higiene e estética das construções.

5 OBJETO DE ESTUDO

O projeto arquitetônico escolhido para ser analisado segundo os parâmetros do RTQ-R é um edifício residencial multifamiliar de 1992,24 m², com oito pavimentos e seis unidades habitacionais. O edifício será construído no bairro Belvedere, em Divinópolis, MG, área prioritariamente residencial e bastante arborizada que fica a aproximadamente 5 km do Centro da cidade (Figura 5).

A responsável pelo empreendimento é a Construtora Pimenta, a quem caberá a definição dos sistemas de vedação, revestimentos, do elevador, aquecedor solar, etc. A escolha será feita a partir da orientação dos arquitetos responsáveis pelo projeto, mas a decisão final fica a cargo da Construtora. A Construtora também será responsável pelos projetos complementares.

Figura 5 - Terreno onde o edifício será construído



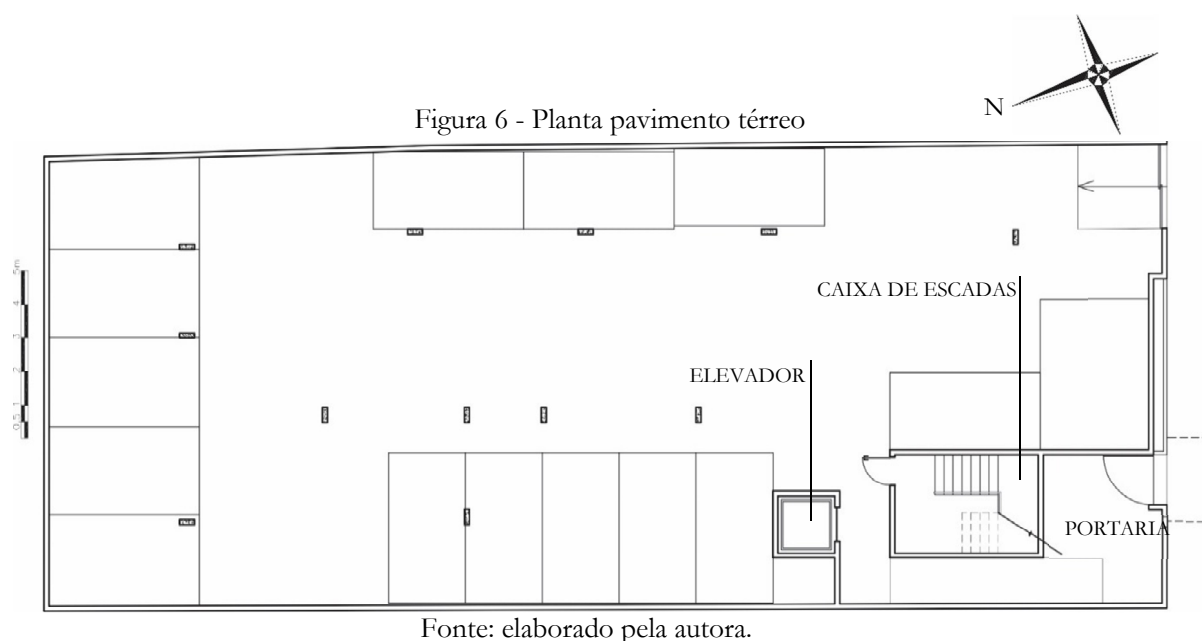
Fonte: Software Google Earth. Acesso em 3 ago. 2017. Modificado pela autora.

O lote que abrigará o empreendimento tem 465,92 m² e está localizado na Zona Residencial 1 (ZR-1), segundo a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Divinópolis, MG (Lei N° 2.418/88). Esse zoneamento permite taxa de ocupação máxima de 72%, com exceção do pavimento que tiver uso exclusivo de garagem, independentemente do nível que estiver, que pode ocupar até 100% do lote (Lei N° 2.418/88). Não há exigências quanto a taxas de permeabilidade.

No prédio em questão, que será composto por um andar de garagem e mais sete de moradia, o pavimento destinado a guarda de automóveis, locado no térreo, ocupou 100% do terreno. O pavimento tipo tem taxa de ocupação de 51,26% e os 7º e 8º pavimentos têm 40,85 e 25,33%, respectivamente.

A menor taxa de ocupação dos dois pavimentos mais altos se deve, entre outros motivos, às exigências quanto ao gabarito lateral que limita o número de pavimentos de uma construção. A altura máxima é definida a partir de um “plano com inclinação de 60° (sessenta graus) sobre a horizontal, partindo de 12,5 (doze e meio) metros de altura, na sua interseção com o plano que passa pelos alinhamentos divisórios” (Lei N° 2.418/88). É válido colocar que as áreas de uso comum da edificação (caixa de escada, elevador, casa de máquinas, caixas d’água) não são consideradas no cálculo para a delimitação dos gabaritos.

A Lei de Uso e Ocupação de Divinópolis não exige afastamento frontal, ela define apenas o gabarito frontal. No entanto, como as exigências de gabarito lateral são mais restritivas para o zoneamento em questão, o gabarito frontal não foi relevante. O afastamento mínimo posterior para edifícios com mais de seis metros de altura deve ser de 12% da profundidade média do terreno. O afastamento lateral pode ser nulo ou de 1,5 metros. Para ambos os casos as aberturas existentes devem possuir área de iluminação e ventilação definida pelo Código de Obras (Lei 1.071/93).



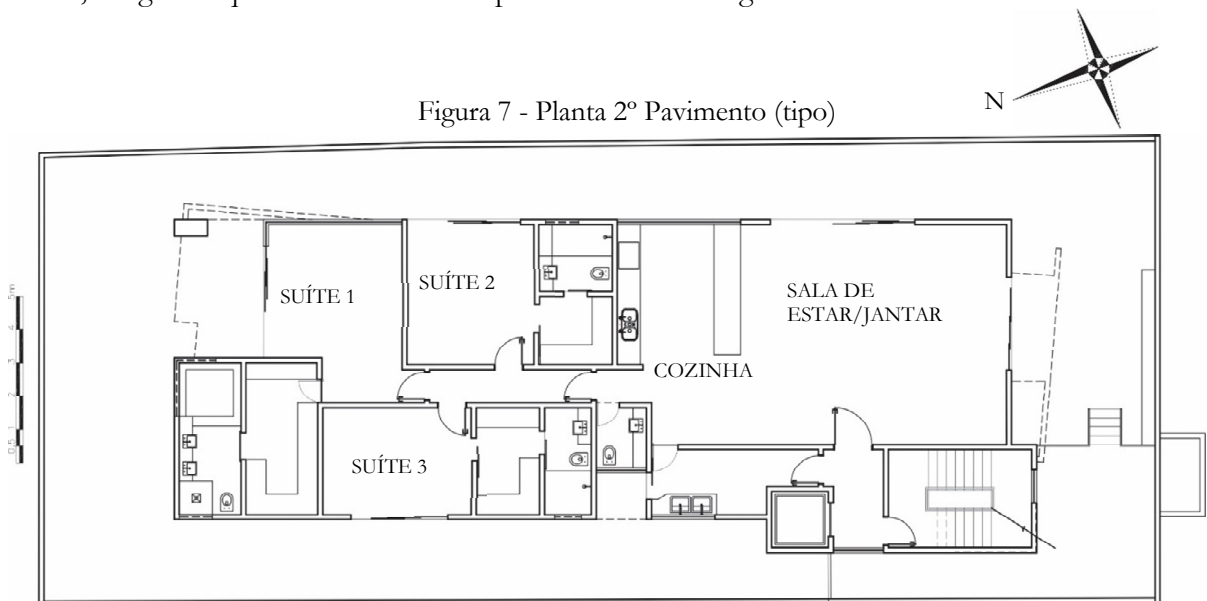
Nos pavimentos destinados à habitação foram deixados afastamento frontal de 3,7 metros e afastamentos laterais de 2,1 a 2,5 metros, medidas maiores do que as mínimas exigidas

em legislação. O contrário aconteceu com o afastamento posterior, que ficou com o espaço mínimo exigido, ficando este com aproximadamente quatro metros.

Além do pavimento de garagem do térreo, os demais pavimentos serão distribuídos da seguinte forma: 2º, 3º, 4º, 5º e 6º pavimentos com um apartamento tipo cada, 7º e 8º pavimentos com um apartamento duplex.

O pavimento térreo (Figura 6) abriga, além da garagem, a portaria do prédio e os elementos de circulação vertical do edifício. Devido à taxa de ocupação, a área do pavimento é a mesma do lote: 465,92 m². A ventilação e iluminação naturais deste pavimento é feita através dos portões de acesso ao edifício, que por serem vazados, permitem um mínimo de troca de ar e incidência de luz.

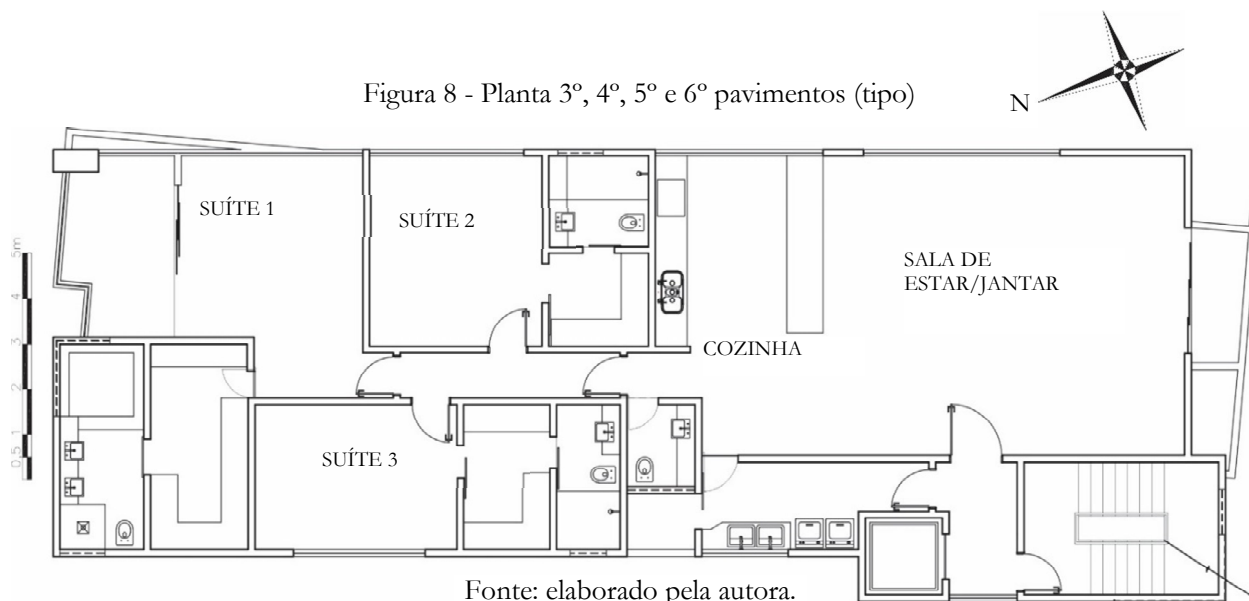
Cada pavimento tipo é formado por uma unidade habitacional, caixa de escadas, elevador e circulação, somando aproximadamente 239 m². O apartamento tipo é composto por sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço, lavabo, varandas e 3 suítes (quarto e banheiro) com closet, chegando quase a 216 m² como pode ser visto na Figura 7.



Fonte: elaborado pela autora.

Os ambientes de permanência prolongada, contemplados pelo RTQ-R, estão assinalados nas plantas da Figura 8. A cozinha, ambiente de permanência transitória, é considerada extensão da sala de estar/jantar, segundo o RTQ-R, por se tratarem de ambientes conjugados.

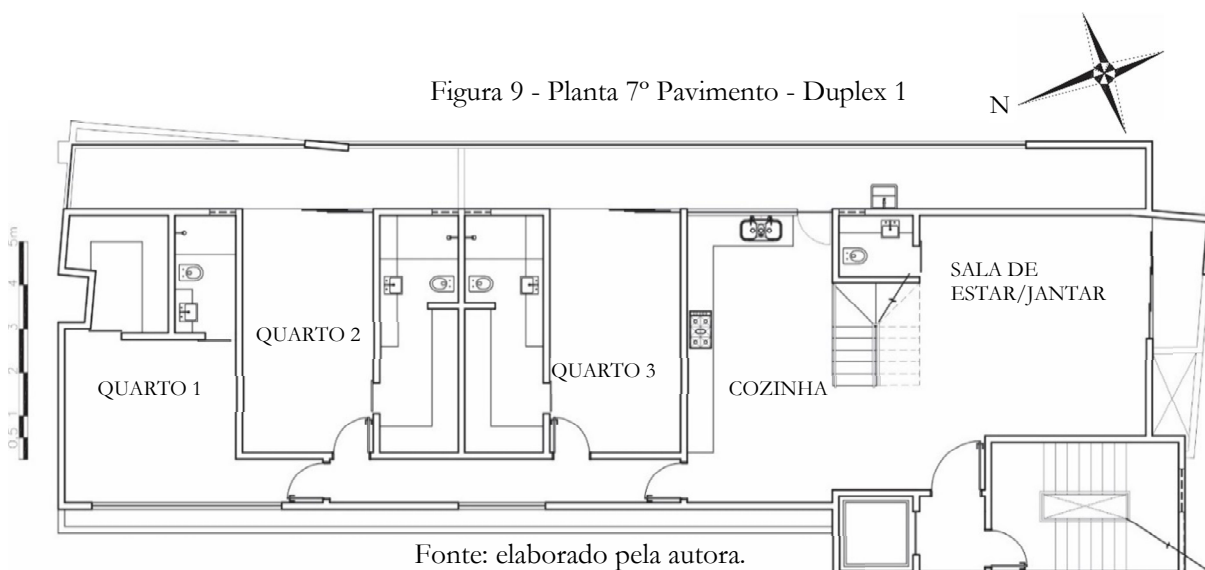
Figura 8 - Planta 3°, 4°, 5° e 6° pavimentos (tipo)



O 2º andar (Figura 7) difere-se dos demais pavimentos tipo (3º, 4º, 5º e 6º, Figura 8) por apresentar área externa descoberta. Por esse motivo, alguns ambientes apresentam portas de vidro no lugar das janelas, como forma de acesso a tais áreas. As áreas cobertas, tamanho e disposição dos ambientes são exatamente iguais nos cinco pavimentos tipo.

O apartamento duplex dispõe, no seu pavimento inferior (7º pavimento, Figura 9), de sala de estar/jantar, cozinha, lavabo, 3 suítes (quarto e banheiro) com closet, varanda frontal coberta e varanda lateral descoberta, onde funcionará um apoio da área de serviço. São aproximadamente 170 m² de área coberta e 39 m² de área descoberta nesse pavimento. O pavimento superior dessa unidade (8º pavimento, Figura 10) é composto por sala de estar, sala de jantar, cozinha, espaço gourmet, área de serviço, varandas frontal e laterais descobertas, numa soma

Figura 9 - Planta 7º Pavimento - Duplex 1



próxima de 95 m² e 43 m² de área coberta e descoberta, respectivamente. Juntando os dois pavimentos são 265 m² de área coberta, 82 m² de área descoberta e 347 m² de área total.

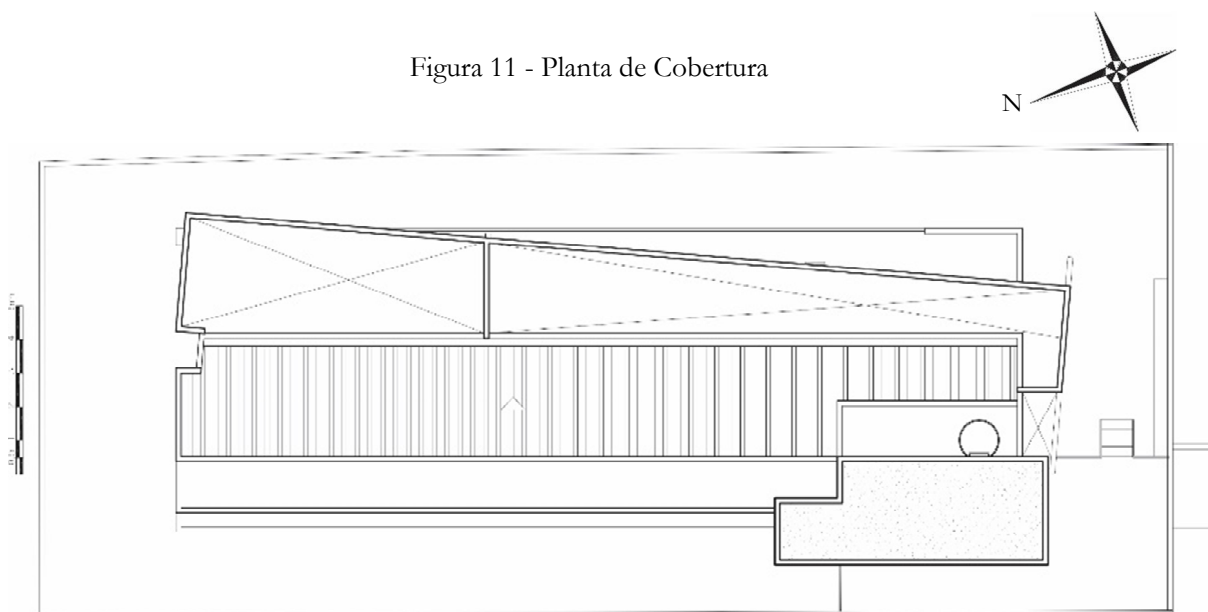


As varandas laterais existentes nessa última unidade foram necessárias por causa do gabarito lateral exigido pelo zoneamento no qual o edifício será construído.

Assim como nas unidades tipo, a cozinha e a sala de estar/jantar do pavimento inferior da unidade duplex foram considerados um único ambiente, uma vez que não existe fechamento entre eles. O mesmo acontece com a sala de estar, sala de jantar e cozinha do pavimento superior. Seguindo esse raciocínio, como os ambientes conjugados no pavimento superior estão ligados aos ambientes conjugados do pavimento inferior por meio de uma escada apenas, sem nenhum tipo de fechamento, todos eles são considerados um só ambiente para efeito de análise, conforme exigência do RTQ-R.

A planta de cobertura do edifício é apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Planta de Cobertura



Fonte: elaborado pela autora.

5.1 Materiais e demais Elementos Construtivos

Por se tratar de um projeto arquitetônico ainda em fase de aprovação junto aos órgãos competentes, os materiais utilizados na análise foram considerados como sendo os mesmos utilizados anteriormente pela Construtora Pimenta em outra obra já finalizada.

Foi escolhido um projeto ainda em fase inicial para que os estudos realizados neste trabalho e a classificação obtida sirvam como guia para Construtora, evidenciando aquilo que precisa ser alterado e o que deve ser mantido.

5.1.1 Paredes externas

As paredes externas terão aproximadamente 18 centímetros (cm) de espessura e serão construídas com bloco de concreto (14x19x39 cm), os quais serão revestidos externamente com camada de argamassa de 1,5 cm mais pastilha cerâmica e internamente com uma camada de gesso de 2 cm.

A Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (Ct) desse sistema construtivo, valores necessários na determinação do nível de eficiência da envoltória das unidades habitacionais, são apresentados na Figura 12. Foi utilizada a Calculadora de Propriedades do “Projetando Edificações Energeticamente Eficientes” (ProjetEEE), que é a primeira plataforma nacional a

agrupar soluções que visam um projeto de edifício eficiente”. O intuito deles é dar continuidade ao trabalho desenvolvido pelo PROCEL/Eletróbrás e pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Figura 12 - Materiais das paredes externas

| EXTERIOR | | |
|----------|---------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Piso cerâmico 0,75 | 0,007 |
| 2 | Argamassa 1,5 | 0,0150 |
| 3 | Bloco concreto 14x19x39 cm 14 | 0,151 |
| 4 | Gesso interno 2 | 0,0290 |

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **0,41**

Atraso Térmico φ (horas): **4,2**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **217,8**

Transmitância Térmica (W/m²K): **2,4**

| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 03 ago. 2017.

5.1.2 Paredes internas

As paredes internas, de 18 cm de espessura, também serão construídas com bloco de concreto (14x19x39 cm), os quais serão revestidos em ambas as faces com camada de gesso de dois centímetros, conforme Figura 13, também originada pela Calculadora de Propriedades do ProjetEEE.

Figura 13 - Materiais das paredes internas

| EXTERIOR | | |
|----------|---------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Gesso interno 2 | 0,029 |
| 2 | Bloco concreto 14x19x39 cm 14 | 0,151 |
| 3 | Gesso interno 2 | 0,0290 |

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **0,38**

Atraso Térmico φ (horas): **4,1**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **189,6**

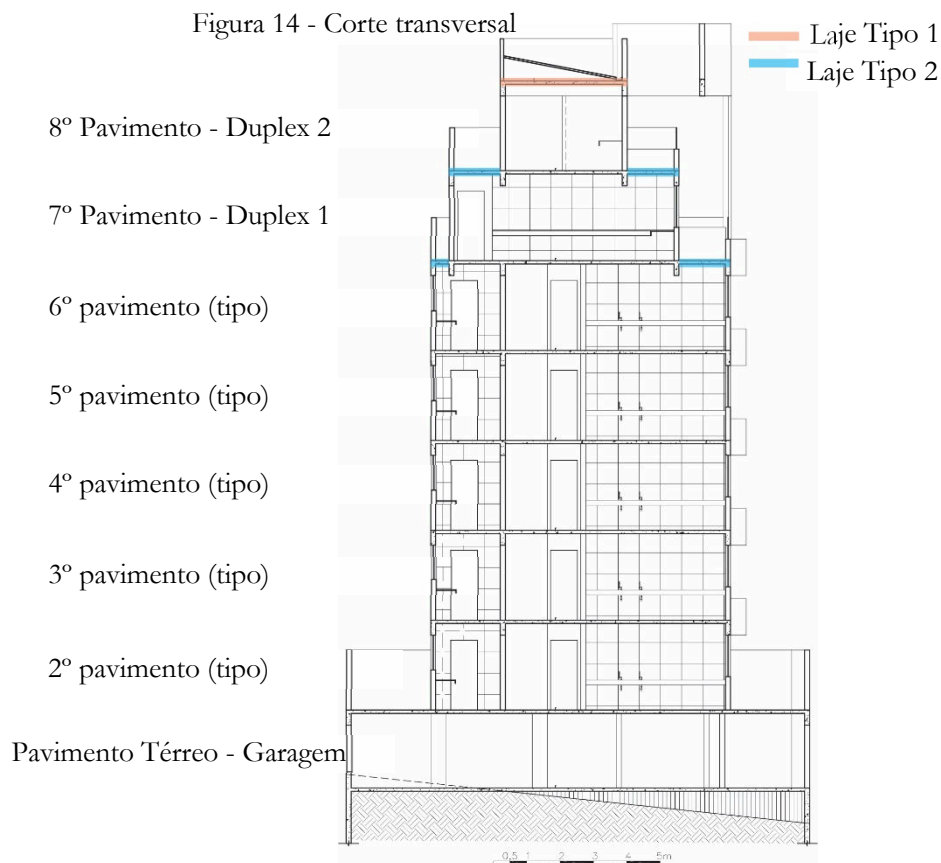
Transmitância Térmica (W/m²K): **2,6**

| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 03 ago. 2017.

5.1.3 Coberturas

O projeto arquitetônico apresenta dois tipos distintos de laje, nomeadas “Laje Tipo 1” e Laje Tipo 2”, conforme Figura 14.



Fonte: elaborado pela autora.

Ambas as lajes serão nervuradas e preenchidas com poliestireno, somando 22,5 centímetros de espessura. Em todas haverá forro de gesso na face interna do ambiente, dando acabamento. No entanto, a Laje Tipo 1, que cobre o último piso (8º pavimento) recebe ainda telhas metálicas galvanizadas (sanduiche) com preenchimento de poliestireno, o qual totaliza seis centímetros de espessura. O caimento exigido para esse tipo de telha origina uma camada de ar acima da laje, criando o sistema mostrado na Figura 15.

Figura 15 - Materiais da laje Tipo 1

| EXTERIOR | | |
|----------|-------------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Telha metálica com poliestireno 6 | 1 |
| 2 | Câmara de ar de Fluxo vertical 0 | 0,21 |
| 3 | Laje nervurada com EPS 22,5 | 0,337 |
| 4 | Gesso interno 1 | 0,0145 |

| SEU MATERIAL | |
|---|-------------|
| Resistência Térmica Total: | 1,77 |
| Atraso Térmico ϕ (horas): | 14,5 |
| Capacidade Térmica (kJ/m ² K): | 61,2 |
| Transmitância Térmica (W/m ² K): | 0,6 |

| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 03 ago. 2017.

A Laje Tipo 2 recebe, acima da laje nervurada, uma camada de dois centímetros de contrapiso mais revestimento cerâmico em tom marfim, resultando no sistema apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Materiais da Laje Tipo 2

| EXTERIOR | | |
|----------|-------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Piso cerâmico 0,75 | 0,007 |
| 2 | Contrapiso 2 | 0,017 |
| 3 | Laje nervurada com EPS 22,5 | 0,337 |
| 4 | Gesso interno 1 | 0,0145 |

| SEU MATERIAL | |
|---|--------------|
| Resistência Térmica Total: | 0,59 |
| Atraso Térmico ϕ (horas): | 3,8 |
| Capacidade Térmica (kJ/m ² K): | 103,8 |
| Transmitância Térmica (W/m ² K): | 1,7 |

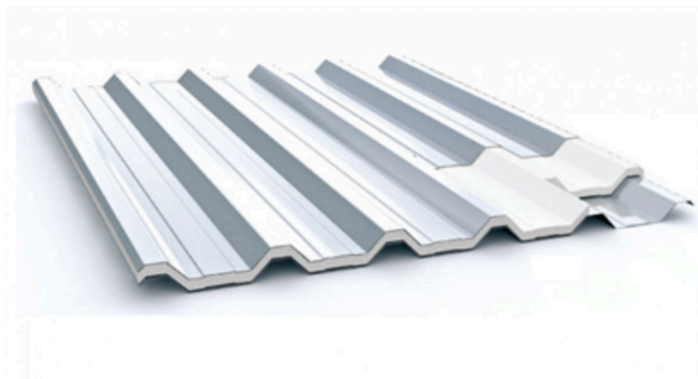
| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 03 ago. 2017.

A absorvância da face externa da Laje Tipo 1 (telha metálica galvanizada - Figura 17) é 0,25. A informação foi retirada da “Tabela B.2 - Absorvância (a) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (e) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)”, disponível na Parte 2 da NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações.

A absorvância da face externa da Laje Tipo 2 (piso cerâmico em tom marfim - Figura 18) é 0,33. A informação foi retirada do “Anexo geral V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros”, da portaria N° 50/2013 do INMETRO.

Figura 17 - Telha metálica galvanizada



Fonte: <https://goo.gl/A92L4w>. Acesso em: 03 dez. 2017.

Figura 18 - Piso cerâmico em tom marfim



Fonte: <https://goo.gl/D64Rfv>. Acesso em: 03 dez. 2017.

5.1.4 Aberturas

As janelas e portas externas serão todas em esquadrias de alumínio com pintura eletrostática de cor branca, da marca Alcoa. Quando se tratar de abertura de dormitório, esta receberá persiana integrada (Figura 19).

Figura 19 - Porta e janela com persiana integrada



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/catalog/br/products/5585/esquadrias-de-aluminio-linha-alcoa-unibox>. Acesso em: 21 nov. 2017.

As janelas dos banheiros e lavabos serão do tipo “maxim-ar”, enquanto as demais serão deslizantes (de correr) com duas folhas cada. O fator para iluminação e ventilação dessas aberturas são os descritos a seguir na Tabela 8.

Tabela 8 – Fator das janelas e portas externas para ventilação e iluminação

| | % abertura para iluminação natural | % abertura para ventilação natural |
|-------------------------------|---|---|
| Janela sem persiana integrada | 0,8 | 0,45 |
| Janela com persiana integrada | 0,75 | 0,4 |
| Porta sem persiana integrada | 0,83 | 0,48 |
| Porta com persiana integrada | 0,78 | 0,43 |
| Janelas de banheiros/lavabos | 0,8 | 0,8 |

Fonte: elaborado pela autora.

Os vidros de todas as aberturas serão temperados, translúcidos, com espessura de 8 milímetros (mm), da marca Cebrace. Somente as janelas dos banheiros receberão vidros de 6mm de espessura. Todos possuem Fator Solar (FS) de 0,43.

5.1.5 Pé-direito

Todos os pavimentos de apartamentos têm pé-direito de 2,6 metros, enquanto no pavimento térreo, que abriga a garagem, essa altura é de 2,24 metros.

5.1.6 Fachadas

As fachadas serão revestidas, em sua maior parte, com cerâmica branca (Cor 1), com algumas áreas em cerâmica cinza-claro (Cor 2) e cerâmica cinza-escuro (Cor 3). Segundo o projeto arquitetônico, as duas cores mais escuras serão colocadas nas varandas, na circulação vertical do edifício e em alguns detalhes entre portas e janelas, enquanto a cerâmica branca cobrirá o restante do edifício, conforme Figuras 20, 21, 22 e 23.

Figura 20 - Fachada Frontal (Sul) e Lateral Esquerda (Oeste)



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 21 - Fachada Frontal (Sul) e Lateral Direita (Leste)



Fonte: elaborado pela autora

Figura 23 - Fachada Posterior (Norte) e Lateral Direita (Leste)



Fonte: elaborado pela autora

Figura 22 - Fachada Posterior (Norte) e Lateral Esquerda (Oeste)



Fonte: elaborado pela autora

Segundo o “Anexo geral V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros”, da portaria Nº 50/2013 do INMETRO, as absorptâncias dessas cores são as seguintes:

Cor 1 - Cerâmica branca: 0,2

Cor 2 - Cerâmica cinza-claro: 0,61

Cor 3 - Cerâmica cinza-escuro: 0,86

5.1.7 Sistemas hidráulico e elétrico

O prédio possui medição individualizada de água e de energia elétrica. Segundo Carvalho (2010, p.15), essa medida possibilita a redução de aproximadamente 30% no consumo total de uma edificação. A medição individual permite que os moradores conheçam seu consumo, fazendo com que tomem consciência de seus próprios gastos. Quando a redução no consumo significa diminuição do valor a ser pago à concessionária, o desperdício é controlado, reduzindo o gasto total do edifício.

5.1.8 Aquecimento de água


O edifício dispõe de sistema de aquecimento solar e elétrico. Não há aquecimento a gás, bomba de calor ou caldeira a óleo.

5.1.8.1 Aquecedor solar

Para cada UH será instalado um aquecedor solar da marca Enalter, com reservatório e coletores solares independentes. A Enalter trabalha com placas solares da marca SimSol e reservatórios térmicos da Ecotherm.


O modelo de coletor utilizado será o “1.5V 1x1.5”, que possui área de 1,5 m². Serão três placas para cada apartamento, o que significa 4,5 m² de coletor por UH. Os coletores, que receberam do INMETRO a ENCE nível A, tem as características apresentadas na Figura 24, retiradas da Tabela “Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - coletores solares - edição 03/16”, do PBE.

Figura 24 - Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - coletores solares - edição 03/16



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM
SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA - COLETORES SOLARES - EDIÇÃO 03/16


41 Empresas
53 Marcas
303 MODELOS ETIQUETADOS



| CLASSES | INDICE BANHO | BANHO | |
|---------|---------------------------|------------|------|
| | | TOTAL | % |
| A | $P_{me} > 77,0$ | 210 | 69,3 |
| B | $77,0 \geq P_{me} > 71,0$ | 68 | 22,4 |
| C | $71,0 \geq P_{me} > 61,0$ | 24 | 7,9 |
| D | $61,0 \geq P_{me} > 51,0$ | 0 | 0,0 |
| E | $51,0 \geq P_{me} > 41,0$ | 1 | 0,3 |
| | | 303 | |

Critérios de Classificação

Produção de Energia Mensal Específica em m² (kWh/mês.m²)



27/04/2016 APLICAÇÃO: BANHO

| 1 FABRICANTE | 2 MARCA | 3 MODELO | 4 PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO | | 5 ÁREA EXTERNA DO COLETOR (m ²) | 6 PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA | | 7 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA (%) | 8 CLASSIFICAÇÃO | 9 MATERIAL SUPERFÍCIE ABSORVEDORA | 10 Fr(α)n | 11 FrUL |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|------------|--|---------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------|------------|
| | | | (kPa) | (mca) | | Por Coletor (kWh/mês) | Por m ² (Específica) (kWh/mês.m ²) | | | | | |
| | | | CONTINI | THERMOTINI | | TH-PS 10-22-V | 392,0 | | | | | |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 14-22-V | 392,0 | 40,0 | 1,42 | 130,3 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 15-22-V | 392,0 | 40,0 | 1,51 | 139,6 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 17-22-V | 392,0 | 40,0 | 1,71 | 157,0 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 17-22-H | 392,0 | 40,0 | 1,71 | 157,0 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 20-22-H | 392,0 | 40,0 | 2,01 | 184,5 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CONTINI | THERMOTINI | TH-PS 20-22-V | 392,0 | 40,0 | 2,01 | 184,5 | 91,8 | 66,5 | A | ALUMÍNIO | 0,830 | 7,110 |
| CUMULUS | CSC PREMIUM | 100 | 400,0 | 40,8 | 1,00 | 87,1 | 87,1 | 62,4 | A | COBRE | 0,755 | 4,716 |
| CUMULUS | CSC PREMIUM | 140 | 400,0 | 40,8 | 1,42 | 123,7 | 87,1 | 62,4 | A | COBRE | 0,755 | 4,716 |
| CUMULUS | CSC PREMIUM | 200 | 400,0 | 40,8 | 1,95 | 169,8 | 87,1 | 62,4 | A | COBRE | 0,755 | 4,716 |
| CUMULUS | CSC PREMIUM | 200H | 400,0 | 40,8 | 1,96 | 170,7 | 87,1 | 62,4 | A | COBRE | 0,755 | 4,716 |
| CUMULUS | CSC ULTRA | 100 | 400,0 | 40,8 | 1,00 | 81,5 | 81,5 | 57,9 | A | COBRE | 0,708 | 4,635 |
| CUMULUS | CSC ULTRA | 140 | 400,0 | 40,8 | 1,42 | 115,7 | 81,5 | 57,9 | A | COBRE | 0,708 | 4,635 |
| CUMULUS | CSC ULTRA | 170 | 400,0 | 40,8 | 1,68 | 136,9 | 81,5 | 57,9 | A | COBRE | 0,708 | 4,635 |
| CUMULUS | CSC ULTRA | 200 | 400,0 | 40,8 | 2,00 | 163,0 | 81,5 | 57,9 | A | COBRE | 0,708 | 4,635 |
| DINIZ E CARVALHO | SOLLIDER | HIPERQUENTE 2.0 VERTICAL | 294,0 | 30,0 | 1,99 | 154,1 | 77,4 | 56,1 | A | ALUMÍNIO | 0,730 | 6,390 |
| EZSOLAR | AKRONTHERM | CT-106 A | 392,0 | 40,0 | 1,06 | 85,0 | 80,2 | 56,7 | A | ALUMÍNIO | 0,754 | 7,130 |
| EZSOLAR | AKRONTHERM | CT-138 A | 392,0 | 40,0 | 1,38 | 110,7 | 80,2 | 56,7 | A | ALUMÍNIO | 0,754 | 7,130 |
| EZSOLAR | AKRONTHERM | CT-158 A | 392,0 | 40,0 | 1,58 | 126,7 | 80,2 | 56,7 | A | ALUMÍNIO | 0,754 | 7,130 |
| EZSOLAR | AKRONTHERM | CT-200 A | 392,0 | 40,0 | 2,00 | 160,4 | 80,2 | 56,7 | A | ALUMÍNIO | 0,754 | 7,130 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 1.0V 1x1 | 392,0 | 40,0 | 1,00 | 80,2 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 1.5V 1x1.5 | 392,0 | 40,0 | 1,50 | 120,3 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 1.7V 1x1.7 | 392,0 | 40,0 | 1,70 | 136,3 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 2.0V 1x2 | 392,0 | 40,0 | 2,00 | 160,4 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 1.7H 1.7x1 | 392,0 | 40,0 | 1,70 | 136,3 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| ENALTER | SIMSOL ALUMÍNIO | 2.0H 2x1 | 392,0 | 40,0 | 2,00 | 160,4 | 80,2 | 58,0 | A | ALUMÍNIO | 0,710 | 5,054 |
| EXCEL METALÚRGICA | EXCEL SOLAR | ES 03 | 167,0 | 17,0 | 1,00 | 77,5 | 77,5 | 56,3 | A | ALUMÍNIO | 0,724 | 6,656 |

Fonte: INMETRO, 2016.

Os reservatórios, que terão capacidade para 600 litros de água quente cada, não possuem Selo Procel. De acordo com a tabela “Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - reservatórios térmicos - edição 01/2016”, do INMETRO, apresentada parcialmente na Figura 25, o reservatório escolhido apresenta perda específica de energia mensal de 0,17 kWh/mês/litro.

Figura 25 - Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - reservatórios térmicos - edição 01/2016

| INMETRO | | INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM | | | 39 Empresas 43 Marcas 219 Modelos Etiquetados | | | PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM | | | |
|--|----------|--|---------------------|------------------------------|---|--------------------------|-------|------------------------------------|----------|---------------------------|--------------------------------|
| SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA - RESERVATÓRIOS TÉRMICOS - EDIÇÃO 01/2016 | | | | | | | | | | | |
| Critérios de Classificação 2016 Perda Específica de Energia Mensal | | | | | | | | | | | |
| 27/04/2016 | | | | | | | | | | | |
| BAIXA PRESSÃO (BP) | | | | | | | | | | | |
| FABRICANTE | MARCA | MODELO | CAPACIDADE (Litros) | POTÊNCIA DA RESISTÊNCIA (kW) | PERDA ESPECÍFICA DE ENERGIA MENSAL (*) (kWh/mes/l) | PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO | | DIMENSÕES EXTERNAS (mm) | | MATERIAL DO CORPO INTERNO | MATERIAL DO ISOLAMENTO TÉRMICO |
| | | | | | | kPa | (mca) | COMPRIMENTO | DIÂMETRO | | |
| CUMULUS | VITREX | BP 500 | 500 | 2,0 | 0,11 | 49,0 | 5,0 | 1665 | 730 | AÇO CARBONO VITRIFICADO | POLIURETANO |
| CUMULUS | VITREX | BP 600 | 600 | 2,0 | 0,11 | 49,0 | 5,0 | 1965 | 730 | AÇO CARBONO VITRIFICADO | POLIURETANO |
| CUMULUS | VITREX | BP 800 | 800 | 3,0 | 0,09 | 49,0 | 5,0 | 1700 | 900 | AÇO CARBONO VITRIFICADO | POLIURETANO |
| CUMULUS | VITREX | BP 1000 | 1.000 | 3,0 | 0,09 | 49,0 | 5,0 | 2070 | 900 | AÇO CARBONO VITRIFICADO | POLIURETANO |
| E2SOLAR | KONFORT | K 200 | 200 | 2,0 | 0,16 | 39,0 | 4,0 | 990 | 616 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| E2SOLAR | KONFORT | K 400 | 400 | 2,0 | 0,15 | 39,0 | 4,0 | 1768 | 616 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| E2SOLAR | KONFORT | K 500 | 500 | 3,0 | 0,14 | 39,0 | 4,0 | 1395 | 793 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| E2SOLAR | KONFORT | K 600 | 600 | 3,0 | 0,15 | 39,0 | 4,0 | 1525 | 793 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| E2SOLAR | KONFORT | K 800 | 800 | 3,0 | 0,15 | 39,0 | 4,0 | 1960 | 793 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 200 L C.D/1010302 | 200 | 3,0 | 0,24 | 40,0 | 4,1 | 1140 | 620 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 300 L C.D/1010303 | 300 | 3,0 | 0,25 | 40,0 | 4,1 | 1460 | 610 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 400 L C.D/1010304 | 400 | 3,0 | 0,21 | 40,0 | 4,1 | 1640 | 705 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 600 L C.D/1010306 | 600 | 3,0 | 0,17 | 40,0 | 4,1 | 1660 | 840 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 800 L C.D/1010307 | 800 | 3,0 | 0,16 | 40,0 | 4,1 | 1518 | 935 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| ENALTER | ENALTER | ECOTHERM 1000L C.D/1010308 | 1.000 | 3,0 | 0,13 | 40,0 | 4,1 | 1620 | 1030 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| EXCEL | EXCEL | ES 03 | 200 | 2,0 | 0,17 | 49,0 | 5,0 | 860 | 723 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 200 | 200 | 3,0 | 0,19 | 49,0 | 5,0 | 700 | 690 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 300 | 300 | 3,0 | 0,19 | 49,0 | 5,0 | 1080 | 690 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 400 | 400 | 3,0 | 0,14 | 49,0 | 5,0 | 1320 | 690 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 500 | 500 | 3,0 | 0,17 | 49,0 | 5,0 | 1320 | 790 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 600 | 600 | 3,0 | 0,13 | 49,0 | 5,0 | 1630 | 790 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 800 | 800 | 5,0 | 0,14 | 49,0 | 5,0 | 1940 | 790 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| HELIODIN | HELIODIN | HD 1000 | 1.000 | 5,0 | 0,15 | 49,0 | 5,0 | 2560 | 790 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| KISOL | KISOL | 200 DESNÍVEL | 200 | 3,0 | 0,19 | 50,0 | 5,1 | 935 | 600 | AÇO INOX | POLIURETANO |
| KISOL | KISOL | 500 DESNÍVEL | 500 | 3,0 | 0,14 | 50,0 | 5,1 | 1680 | 690 | AÇO INOX | POLIURETANO |

O usuário deve dar preferência a produtos com menor perda de energia

Fonte: INMETRO, 2016.

5.1.8.2 Aquecimento Elétrico

Os apartamentos são entregues aos clientes com as instalações prontas para receber os equipamentos mais potentes do mercado, mas a construtora não entrega as unidades com chuveiros e demais equipamentos elétricos de aquecimento de água instalados.

5.1.9 Motores elétricos de indução trifásicos

O edifício será dotado de um motor elétrico de indução trifásicos que será utilizado na bomba do hidrante. No entanto, não há informações sobre o equipamento, impossibilitando a determinação de sua eficiência.

5.1.10 Iluminação artificial

A Construtora responsável pelo empreendimento entrega lâmpadas LED instaladas em todos os ambientes comuns do prédio. No entanto, não há informação acerca da marca e/ou modelo dos equipamentos instalados, inviabilizando a análise da Eficiência luminosa e, conseqüentemente, da classificação do sistema.

5.1.11 Bombas centrífugas

O edifício fará uso de bombas centrífugas para levar água do reservatório inferior até as caixas d'água que ficam no telhado. Não há informação sobre o modelo escolhido, tornando impossível a verificação do nível de eficiência.

5.1.12 Elevador

Será instalada no edifício a cabina Amazon da Thyssenkrupp. Um elevador com capacidade para transportar até 6 passageiros ou 450 quilos de carga. Segundo o fabricante, o equipamento, que possui velocidade máxima de 1 metro por segundo (m/s), apresenta consumo energético de 3,9 quilowatt em uma hora de viagem e demanda energética de 0,5 miliampère em modo de espera, ou seja, 3900 watts/hora em viagem e 0,115 watt em *standby*.

Segundo o RTQ-R, a VDI 4707 coloca que elevadores de edificações residenciais com até 6 UHs possuem intensidade de uso muito baixa, e estabelece um tempo médio de viagem de 0,2 horas/dia para esse tipo de equipamento. Dessa forma, considerando o tempo médio de viagem de 26,88 segundos, fornecido pelo fabricante, é possível estimar que o elevador em questão faça aproximadamente 45 viagens por dia.

O equipamento, que por ser residencial funcionará 365 dias por ano, terá oito opções de parada (uma em cada pavimento da edificação). A altura de percurso, medida do piso da primeira parada até o piso da última, será de 18,54 metros.

Segundo o fabricante, o elevador a ser utilizado funcionará através de um contrapeso lateral.

6 ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO SEGUNDO RTQ-R

O projeto arquitetônico apresentado foi analisado segundo os requisitos do RTQ-R e os resultados são apresentados a seguir. Por se tratar de uma edificação multifamiliar, foram avaliadas as UHs e as áreas de uso comum do edifício, além dos pré-requisitos gerais.

6.1 Pré-requisito geral

Haverá medição individualizada de água e eletricidade para cada unidade e para as áreas de uso comum, atendendo ao pré-requisito que possibilita a obtenção dos níveis de eficiência A ou B.

6.2 Unidade habitacionais autônomas

Foram avaliados os requisitos relacionados ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do (s) sistema (s) de aquecimento de água e às bonificações de cada UH.

6.2.1 Envoltória

Nesse item, foram avaliadas a transmitância térmica, capacidade térmica e absorptância solar das superfícies, além da ventilação e iluminação naturais dos ambientes.

6.2.1.1 Pré-requisitos específicos

6.2.1.1.1 Transmitância térmica, capacidade térmica e absorptância solar das superfícies

Todas as superfícies da envoltória estão de acordo com o pré-requisito apresentado anteriormente na Tabela 3. Como forma de facilitar o entendimento, foi produzida a Tabela 9, que

mostra os pré-requisitos para a Zona Bioclimática 3 e os dados dos materiais a serem utilizados na envoltória da construção.

Tabela 9 - Atendimento ao pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica

| Componente | Absorvância solar (adimensional) | Transmitância térmica [W/(m ² K)] | | Capacidade térmica [kJ/(m ² K)] | |
|------------|-------------------------------------|---|-----------|---|--------------|
| | | Exigido | Projeto | Exigido | Projeto |
| Parede | $\alpha \leq 0,6$ | $U \leq 3,50$ | 2,4 | $CT \geq 130$ | 217,8 |
| | $\alpha > 0,6$ | $U \leq 2,50$ | | $CT \geq 130$ | |
| Cobertura | $\alpha \leq 0,6$ | $U \leq 2,30$ | 0,6 e 1,7 | Sem exigência | 61,2 e 103,8 |
| | $\alpha > 0,6$ | $U \leq 1,50$ | - | Sem exigência | - |

Fonte: elaborado pela autora, baseado no RTQ-R (BRASIL, 2012).

Dessa forma, todos os ambientes avaliados podem alcançar nível de eficiência A.

6.2.1.1.2 Ventilação natural

Segundo o projeto arquitetônico, todos os ambientes de permanência prolongada apresentam áreas de abertura para ventilação maiores do que 8% da área útil do ambiente, mínimo exigido para os níveis A e B pelo RTQ-R para a Zona Bioclimática em questão, conforme mostrado anteriormente na Tabela 4.

A Tabela 10 apresenta as áreas de piso e de abertura de todos os ambientes de permanência prolongada do projeto analisado. É importante colocar que a área de ventilação a ser contabilizada desconta os caixilhos das portas e janelas, além de considerar apenas a área efetiva de abertura para ventilação. Por esse motivo, foram utilizados os percentuais de abertura para ventilação apresentados anteriormente na Tabela 8, página 40.

Nos ambientes com mais de uma abertura, a área total considerada foi a soma de todas as aberturas. O fator para ventilação desses ambientes foi ponderado a partir do fator para ventilação de cada tipo de porta/janela (com ou sem persiana integrada) e da área de cada abertura.

É válido lembrar que as áreas de abertura das suítes 2 e 3 do 2º pavimento se diferem dos demais pavimentos tipo porque, como já foi colocado, este andar possui área externa descoberta e o acesso a elas é feito por meio de portas que, nos pavimentos superiores, são substituídas por janelas.

Tabela 10 - Área de aberturas e área efetiva para ventilação

| Unidade Habitacional | Ambiente | Área útil do ambiente - m ² | Área mínima exigida para ventilação (8%) - m ² | Área total de abertura - m ² | Percentual de abertura para ventilação - % | Área efetiva para ventilação - m ² |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|---|---|--|---|
| 2º pavimento (tipo) | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 74,96 | 6,00 | 20,61 | 0,47 | 9,69 |
| | Suíte 1 | 19,24 | 1,20 | 14,98 | 0,42 | 6,29 |
| | Suíte 2 | 14,24 | 1,14 | 6,53 | 0,43 | 2,81 |
| | Suíte 3 | 15,96 | 1,20 | 7,65 | 0,43 | 3,29 |
| 3º, 4º, 5º e 6º pavimentos (tipo) | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 74,96 | 6,00 | 16,28 | 0,46 | 7,49 |
| | Suíte 1 | 19,24 | 1,20 | 14,98 | 0,42 | 6,09 |
| | Suíte 2 | 14,24 | 1,14 | 3,63 | 0,40 | 1,45 |
| | Suíte 3 | 15,96 | 1,20 | 5,44 | 0,40 | 2,18 |
| 7º e 8º pavimentos (cobertura duplex) | Espaço Gourmet | 20,71 | 1,66 | 20,92 | 0,48 | 10,04 |
| | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 116,08 | 9,29 | 48,46 | 0,47 | 22,78 |
| | Suíte 1 | 14,72 | 1,18 | 5,63 | 0,4 | 2,25 |
| | Suíte 2 | 16,35 | 1,20 | 6,75 | 0,43 | 2,90 |
| | Suíte 3 | 16,35 | 1,20 | 6,75 | 0,43 | 2,90 |

Fonte: elaborado pela autora.

6.2.1.1.3 Iluminação natural

Todos os ambientes de permanência prolongada existentes no projeto apresentam área de abertura para o exterior maiores do que 12,5% da área útil do ambiente, o que significa que, também nesse quesito, todos os ambientes analisados estão de acordo com os pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-R, possibilitando nível de eficiência maior que C para a envoltória.

Nos ambientes com mais de um vão para o exterior, para obter a área total de abertura para iluminação foi somada a área de cada abertura. No que se refere ao fator de iluminação, foi feita uma média ponderada utilizando os valores do fator para iluminação de cada abertura e suas áreas.

As áreas úteis de piso, áreas de abertura de todos os ambientes de permanência prolongada, bem como suas respectivas áreas mínimas para iluminação, foram apresentados na Tabela 11. Estão presentes também os percentuais de abertura para iluminação utilizados (Tabela 8), uma vez que na área efetiva de abertura para iluminação os caixilhos das portas e janelas devem ser desconsiderados.

Tabela 11 - Área de aberturas e área efetiva para iluminação

| Unidade Habitacional | Ambiente | Área útil do ambiente - m ² | Área mínima exigida para iluminação (12,5%) - m ² | Área total de abertura - m ² | Fator para iluminação - % | Área efetiva para iluminação - m ² |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|--|---|---------------------------|---|
| 2º pavimento (tipo) | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 74,96 | 9,37 | 20,61 | 0,82 | 16,90 |
| | Suíte 1 | 19,24 | 1,88 | 14,98 | 0,77 | 11,53 |
| | Suíte 2 | 14,24 | 1,78 | 6,53 | 0,78 | 5,09 |
| | Suíte 3 | 15,96 | 1,88 | 7,65 | 0,78 | 5,97 |
| 3º, 4º, 5º e 6º pavimentos (tipo) | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 74,96 | 9,37 | 16,28 | 0,81 | 13,19 |
| | Suíte 1 | 19,24 | 1,88 | 14,98 | 0,77 | 11,53 |
| | Suíte 2 | 14,24 | 1,78 | 3,63 | 0,75 | 2,72 |
| | Suíte 3 | 15,96 | 1,88 | 5,44 | 0,75 | 4,08 |
| 7º e 8º pavimentos (cobertura duplex) | Espaço Gourmet | 20,71 | 2,59 | 20,92 | 0,83 | 17,36 |
| | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | 116,08 | 14,51 | 48,46 | 0,82 | 39,74 |
| | Suíte 1 | 14,72 | 1,84 | 5,63 | 0,75 | 4,22 |
| | Suíte 2 | 16,35 | 1,88 | 6,75 | 0,76 | 5,13 |
| | Suíte 3 | 16,35 | 1,88 | 6,75 | 0,76 | 5,13 |

Fonte: elaborado pela autora.

6.2.1.2 Análise da eficiência da Envoltória

A eficiência da envoltória foi obtida por meio das Planilhas de cálculo do desempenho da UH. Tais planilhas, preenchidas conforme as informações do projeto em questão, a partir dos dados dispostos nos capítulos anteriores, são apresentadas no Apêndice A.

Para o projeto em questão foram utilizadas quatro planilhas. Uma para o apartamento duplex (7º e 8º pavimentos) e três para os apartamentos tipo, sendo uma para o 2º pavimento, uma para o 6º pavimento e outra para os demais (3º, 4º e 5º pavimentos).

A planilha do 2º pavimento se difere das demais planilhas de apartamento tipo devido às áreas de algumas aberturas, conforme dito anteriormente, enquanto no 6º pavimento a diferença está na cobertura (Figura 14). O último apartamento tipo não é totalmente coberto por outro apartamento, como acontece nas demais unidades tipo. Por esse motivo, no 6º pavimento a variável “Cob”, que define se o ambiente possui fechamento superior voltado para o exterior, tem valor 1, enquanto nas outras unidades o valor desse item é 0. Isso significa que nos pavimentos tipo inferiores a Transmitância térmica, Capacidade térmica e Absortância (U, Ct e α) da cobertura são

anulados no cálculo para determinação da eficiência energética, enquanto no 6º pavimento esses itens são considerados.

Dentro dessas planilhas, o item Característica construtiva define se cada ambiente possui Ct alta ou baixa. Como todos os materiais utilizados apresentam Ct entre 50 e 250 [W/(m²K)], foi considerado que os ambientes não possuem Ct baixa nem alta, não sendo necessário fazer ponderação dos dados.

No item Características das Aberturas, a variável “Somb”, que define se as aberturas possuem dispositivos de proteção solar externos, foi considerada 1 para todos os dormitórios, uma vez que todas as aberturas desses ambientes serão dotadas de persianas integradas. Para as Salas de Estar/Jantar e Cozinhas que possuem varandas cobertas voltadas para Sul o cálculo foi feito a partir do Anexo I do RTQ-R.

Para isso, foi utilizado o conjunto de ângulos mínimos para proteção solar para a cidade de Bambuí, que possui latitude próxima a de Divinópolis e também está inclusa na Zona Bioclimática 3. Estes ângulos podem ser consultados no Anexo I.

Foram considerados os ângulos recomendados para janelas pequenas presentes na fachada Sul, conforme o projeto arquitetônico. Os cálculos efetuados estão nos Apêndices B e C, e os valores obtidos para “Somb” são 0,08 para a Sala do 2º pavimento, 0,10 para as Salas do 3º ao 6º pavimentos e 0,06 para a Sala do apartamento duplex.

As aberturas do 8º pavimento que são voltadas para o leste também recebem proteção devido a presença de um pórtico que compõe essa fachada. No entanto, como não há ângulo de proteção recomendado para essa orientação, todas essas aberturas recebem “Somb” 0.

Os resultados de todas UHs são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos ambientes de todas UHs

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|--|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Classificação da envoltória para verão | B | B | B | C |
| Classificação da envoltória para inverno | B | B | B | B |
| Classificação da envoltória se refrigerada artificialmente | C | C | C | C |
| Classificação final da envoltória da UH | B | B | B | C |

Fonte: elaborado pela autora.

Na classificação da envoltória para verão, todas as unidades tipo ficaram com nível de eficiência B e a unidade duplex ficou com nível C. Nos apartamentos tipo, três ambientes receberam nota B e apenas um ambiente recebeu nota C para envoltória para verão. Já no

apartamento superior, enquanto três ambientes receberam nível B, os outros dois ambientes receberam classificação D. Estes dois últimos ambientes possuem área maior que os demais, o que justifica a baixa nota final da UH.

No que se refere à classificação da envoltória para inverno, as UHs do 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos tiveram dois ambientes com nota B e dois ambientes com nota A, ficando com nota final B. No apartamento do 6º pavimento, três ambientes alcançaram nível B e somente um alcançou nota A, fazendo com que a nota da UH também seja B. Já a unidade duplex, obteve nível B em todos os ambientes analisados, sendo esta a nota final da unidade.

Já na classificação da envoltória se refrigerada artificialmente, todos os dormitórios, que são os únicos ambientes analisados nesse item, ficaram com nível C, sendo essa também a nota final de todos os apartamentos.

A nota final, que não leva em consideração a classificação da envoltória se refrigerada artificialmente, foi a mesma obtida na classificação da envoltória para verão, que para a Zona Bioclimática em questão tem peso maior do que a classificação da envoltória para inverno.

6.2.1.3 Classificação final para Envoltória

Como todos os pré-requisitos foram atendidos, a classificação dos ambientes permanece a mesma apresentada na Tabela 12.

As tabelas do Apêndice D mostram a Análise dos Pré-Requisitos para Envoltória para cada UH. Os dados dessas tabelas foram resumidos na Tabela 13, a seguir.

Tabela 13 - Análise dos Pré-Requisitos para Envoltória das UHs

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|---|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Classificação máxima pelos pré-requisitos | A | A | A | A |
| Classificação da envoltória para verão | B | B | B | C |
| Classificação da envoltória para inverno | B | B | B | B |
| Classificação final da envoltória da UH | B | B | B | C |
| Nota | 3,89 | 3,89 | 3,75 | 3,1 |

Fonte: elaborado pela autora.

Embora todos os ambientes tivessem condições de alcançar nível A por atenderem a todos os pré-requisitos, as notas obtidas na envoltória para verão e inverno limitaram a nota final das unidades para B, no caso dos apartamentos tipo, e para C, no caso da unidade duplex.

6.2.2 Sistema de aquecimento de água

Segundo informações disponibilizadas informalmente pela Construtora Pimenta, as instalações dos sistemas de aquecimento de água atendem a todos os pré-requisitos no que se refere às tubulações para água quente e espessuras mínimas do isolamento térmico das tubulações metálicas para água quente. No entanto, não há projeto hidrossanitário que comprove as informações. Sendo este um pré-requisito para os níveis A e B, segundo o RTQ-R, a nota máxima que o sistema pode alcançar é C.

6.2.2.1 Sistema de Aquecimento Solar

Os coletores serão instalados com ângulo de inclinação e orientação de acordo com o que é especificado no projeto e manual de instalação, conforme pré-requisito. No entanto, apesar do coletor solar possuir ENCE A, o reservatório adotado não recebeu Selo Procel, o que limita a classificação ao nível C para aquecimento solar.

O equivalente à fração solar desse sistema (99,43%) foi obtido a partir da planilha de Análise do Sistema de Aquecimento Solar de Água, disponibilizada pelo PBE Edifica e apresentada no Apêndice E - Análise do sistema de aquecimento Solar de Água. Os dados utilizados para o preenchimento dessa planilha e que não foram disponibilizados pelo RTQ-R, estão dispostos no Anexo II.

6.2.2.2 Sistema de Aquecimento Elétrico


Como os apartamentos não serão entregues aos clientes com chuveiros e demais equipamentos elétricos de aquecimento de água instalados, considera-se a maior potência para esses aparelhos, ou seja, nível E, que é também a nota final para Aquecimento Elétrico.

6.2.2.3 Classificação final para o Sistema de aquecimento de água

Segundo o RTQ-R, quando há sistema de aquecimento solar combinado com aquecimento elétrico, o nível de eficiência final obtido será o resultado do sistema de aquecimento solar, desde que este corresponda a uma fração solar mínima de 70%. Sendo assim, o Sistema de aquecimento de água tem classificação final C.

Todas as unidades apresentam as mesmas características no que se refere ao aquecimento de água. Sendo assim, a Tabela 14 representa a análise desse sistema para todas as unidades habitacionais avaliadas.

Tabela 14 - Análise do aquecimento de água

|  | | |
|--|---|------------------|
| Análise do aquecimento de Água RTQ - Edificações Residenciais | | |
| 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 (mK)/W? | Sim |
| | Atende? | Sim |
| | As tubulações para água quente são metálicas? | Sim |
| | A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)? | Não |
| | Diâmetro nominal da tubulação (cm) | 2,2 |
| | Espessura do isolamento (cm) | 1 |
| | Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK) | 0,24 |
| | Atende? | Sim |
| | A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é: | A |
| Sistema de aquecimento Solar | Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel? | Não |
| | Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)? | 600 |
| | Qual é a área de coletores solares existente? (m ²) | 4,5 |
| | Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²) | 133,33 |
| | Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual. | de 70% ou mais |
| | Demanda | 80 |
| | Classificação | C 3 |
| Sistema de Aquecimento Elétrico | | |
| Aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas | Insira a Potência Máxima do Equipamento (W) | 7500 |
| | Demanda | 15 |
| | Classificação | E 1 |
| Aquecedor elétrico de Hidromassagem | Insira a Potência Máxima do Equipamento (W) | 7500 |
| | Demanda | 5 |
| | Classificação | E 1 |
| Nota final para o aquecimento de água | | C 3,00 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

6.2.3 Bonificações

No que se refere à Ventilação Natural, todas UHs ganharam 0,12 pontos no item Porosidade, que é a “relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada” (BRASIL, 2012).

Quanto à Iluminação Natural, todos os apartamentos receberam 0,1 pontos no item Refletância do teto, uma vez que todos os ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço terão refletância do teto acima de 60%. Já no item Profundidade, que exige que a maioria dos ambientes de permanência prolongada, além da cozinha e área de serviço (50% mais 1) tenham profundidade menor do que 2,4 vezes a distância do piso até a altura máxima da abertura para iluminação, descontando os caixilhos, apenas os apartamentos tipo pontuaram, recebendo 0,2 pontos cada.

Também todas UHs ganharam 0,1 pontos por apresentarem medição individualizada de água quente.

Dessa forma, todas as UHs tipo, 2º ao 6º pavimento, atingiram 0,52 pontos cada, enquanto o apartamento duplex, 7º e 8º pavimento, alcançou apenas 0,32 pontos no total, conforme tabela de análise das Bonificações de cada UH, apresentada no Apêndice F

6.2.4 Classificação final das Unidade Habitacionais

A classificação final das UHs é mostrada a seguir na Tabela 15.

Tabela 15 - Classificação final das UHs

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|-----------------------------------|--------------|------------------------|--------------|----------------|
| Classificação final da envoltória | B | B | B | C |
| Aquecimento de água | C | C | C | C |
| Bonificações | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,32 |
| Classificação final da UH | B | B | B | C |
| Nota | 4,1 | 4,1 | 4 | 3,39 |

Fonte: elaborado pela autora.

Mesmo com a nota C para Aquecimento de água, todos os apartamentos mantiveram a mesma nota apresentada anteriormente para Envoltória. Isso se deve à pontuação recebida como

Bonificação. Sendo assim, todas as unidades tipo alcançaram nível B, enquanto a unidade duplex ficou com classificação C.

6.2.5 Classificação final da edificação

Por se tratar de uma edificação multifamiliar, a classificação final do nível de eficiência é encontrada através da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas pela área útil das UHs, excluindo-se as varandas e terraços. Dessa forma, a edificação ficou com nível de eficiência B, conforme mostra Tabela 16.

Tabela 16 - Análise da classificação final do edifício

| Análise da classificação final do edifício | | | |
|---|------------------|------------------|-------------------------|
| RTQ - Edificações Residenciais | | | |
| Apartamento | Área útil | Pontuação | Area X Pontuação |
| 2º pavimento | 180,09 | 4,10 | 738,37 |
| 3º pavimento | 180,09 | 4,10 | 738,37 |
| 4º pavimento | 180,09 | 4,10 | 738,37 |
| 5º pavimento | 180,09 | 4,10 | 738,37 |
| 6º pavimento | 180,09 | 4,00 | 720,36 |
| Duplex | 228,36 | 3,39 | 774,14 |
| | 1128,81 | | 4447,98 |

| | |
|--|-------------|
| Classificação final do edifício | B |
| Pontuação Total | 3,94 |

Obs.: A classificação final do edifício não considera as áreas comuns

Fonte: elaborado pela autora.

6.3 Áreas de uso comum

O projeto arquitetônico em questão não possui áreas comuns de uso eventual. Sendo assim, este item apresentará a análise das áreas comuns de uso frequente, que no edifício a ser construído trata-se de portaria, corredor, halls, garagem, circulações, elevador e escadas.

6.3.1 Áreas comuns de uso frequente

6.3.1.1 Pré-requisitos

Não é possível avaliar se o motor elétrico de indução trifásicos instalado na edificação tem rendimento nominal mínimo previsto pelo Inmetro. Dessa forma, a classificação final das áreas comuns fica limitada ao nível E.

6.3.1.2 Iluminação artificial e Bombas centrífugas

Como não é possível analisar a eficiência dos equipamentos instalados, o nível de classificação para esses dois itens será E.

6.3.1.3 Elevador

A eficiência do elevador a ser utilizado foi encontrada através da planilha de Análise de eficiência energética de elevadores, disponibiliza pelo PBE Edifica no site: www.pbeedifica.com.br. Todos os dados (apresentados anteriormente no item 5.1.12) foram preenchidos de acordo as informações fornecidas pelo fabricante, com os elementos apresentadas na VDI 4707, 2009 e com o projeto arquitetônico do edifício.

A Tabela 17, a seguir, dispõe de todas essas informações e apresenta a classificação final alcançada pelo elevador escolhido.

Tabela 17 - Análise da Eficiência Energético do Elevador

| Características | Edificação Residencial | Elevador |
|---|-----------------------------------|-------------|
| Características Básicas do Elevador | Carga nominal (Kg) | 450 |
| | Paradas: | 8 |
| | Altura de levantamento (m) | 18,54 |
| | Viagens/dia: | 45 |
| | Consumo (Wh) | 3900 |
| | Dias de uso | 365 |
| | Velocidade (m/s) | 1 |
| | P_{espera} (W) | 0,115 |
| | Tipo de elevador | Contra Peso |
| | $D_{média}$ (m) | 9,27 |
| Calculo e Classificação da Demanda Energética Especifica Durante a Viagem | Fator Carga | 0,70 |
| | $E_{viagem,especific}$ (mWh/kg.m) | 163,61 |
| Determinação da Categoria do Elevador | Tempo Diario (Horas) | 0,12 |
| | Categoria | 1 |
| Calculo da demanda especifica do Elevador | T_{viagem} (h) | 0,20 |
| | T_{espera} (h) | 23,80 |
| | $D_{nominal}$ (m) | 720,00 |
| | E_{viagem} (Wh) | 53009,71 |
| | E_{espera} (Wh) | 2,74 |
| | E_{total} (Wh) | 53012,45 |
| | $E_{elevador,especific}$ (Wh) | 163,62 |
| | E_{ano} (kWh) | 19349,54 |
| Classificação Final da Categoria e Classificação do Elevador | Categoria 1 | E |
| | | |

Fonte: PBE Edifica, preenchido pela autora.

6.3.1.4 Bonificações

O único item pontuado refere-se à iluminação natural. Será recebido 0,10 pontos devido a refletância do teto, uma vez que todo o pavimento de garagem e todos os ambientes internos das áreas comuns de uso frequente terão o teto pintado de branco, o que significa refletância de aproximadamente 80%, acima do mínimo de 60% definido pelo RTQ-R.

6.3.2 Classificação final das Áreas de uso comum do edifício

Segundo o RTQ-R, a classificação do nível de eficiência das áreas de uso comum quando não há áreas comuns de uso eventual, é dada pela fórmula:

$$PT_{AC} = \frac{\left(\frac{EqNumIllum_F \times PIllum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIllum_F + PB_F} \right) + EqNumElev}{2} + \text{Bonificações}$$

Sendo que:

PT_{AC} : pontuação total do nível de eficiência da área de uso comum;

$EqNumIllum$: equivalente numérico do sistema de iluminação artificial;

$PIllum$: potência instalada para iluminação;

$EqNumB$: equivalente numérico das bombas centrífugas;

PB : potência instalada para bombas centrífugas;

$EqNumElev$: equivalente numérico do elevador;

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

F : corresponde às áreas comuns de uso frequente;

Como a nota final das áreas comuns já está limitada ao nível mais baixo de classificação, não há necessidade de utilizar a equação acima. A Bonificação alcançada, de 0,1 pontos, não é suficiente para melhorar a classificação final.

Devido à falta de informação sobre a maioria dos itens que compõem essa análise, o projeto arquitetônico em questão recebe ENCE com nível de eficiência E para Áreas de Uso Comum.

7 ADEQUAÇÕES SUGERIDAS

7.1 Unidades Habitacionais

A principal modificação a ser feita se refere ao sistema de aquecimento solar, uma vez que esse item, que não apresentou eficiência satisfatória, tem peso alto na classificação final das unidades. É necessário comprovar, através de um projeto hidrossanitário, que as instalações dos sistemas de aquecimento de água atendem a todos os pré-requisitos no que se refere às tubulações para água quente e espessuras mínimas do isolamento térmico das tubulações metálicas para água quente. Em adição a isso, com a simples substituição do reservatório atualmente escolhido por outro mais eficiente, que possua Selo Procel, o sistema alcança classificação A. Essas alterações no sistema de aquecimento de água, isoladamente, já elevam a eficiência de todas as unidades tipo para A e a eficiência da unidade duplex para B, como mostra a Tabela 18.

Tabela 18 - Classificação final das UHs alterando o Aquecimento de água

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Classificação final da envoltória | B | B | B | C |
| Aquecimento de água | A | A | A | A |
| Bonificações | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,32 |
| Classificação final da UH | A | A | A | B |
| Nota | 4,8 | 4,8 | 4,7 | 4,06 |

Fonte: elaborado pela autora.

Dessa forma, apenas com essas alterações no Aquecimento solar, o edifício alcança classificação final com ENCE nível A, conforme Tabela 19.

Tabela 19 - Análise da classificação final do edifício alterando Aquecimento de água



**Análise da classificação final do edifício
RTQ - Edificações Residenciais**

| Apartamento | Área útil | Pontuação | Área X Pontuação |
|--------------|----------------|-----------|------------------|
| 2º pavimento | 180,09 | 4,80 | 864,43 |
| 3º pavimento | 180,09 | 4,80 | 864,43 |
| 4º pavimento | 180,09 | 4,80 | 864,43 |
| 5º pavimento | 180,09 | 4,80 | 864,43 |
| 6º pavimento | 180,09 | 4,70 | 846,42 |
| Duplex | 228,36 | 4,09 | 933,99 |
| | 1128,81 | | 5238,14 |

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Classificação final do edifício | A |
| Pontuação Total | 4,64 |

Fonte: elaborado pela autora.

Embora as modificações mencionadas já façam com o que o prédio alcance a classificação mais alta na ENCE para o edifício, é possível ainda melhorar a eficiência das UHs. Por esse motivo, foram colocadas a seguir mais algumas sugestões que permitem aumentar a eficiência energética das unidades.

Todas as UHs obtiveram nível B na eficiência da Envoltória para inverno, enquanto na Envoltória para verão, as unidades tipo ficaram com nível B e a unidade duplex alcançou nível C. A nota mais baixa do apartamento superior se deve à classificação alcançada pelo Espaço Gourmet e pela Sala. A este último mais que ao primeiro, devido a área. A eficiência do Espaço gourmet sobe de D para B se as portas do ambiente forem trocadas por modelos com veneziana integrada, enquanto na Sala, a classificação passa de D para C. No entanto, a nota final da UH não é alterada. De qualquer forma, recomenda-se usar veneziana integrada em todos os APP do edifício, nas seis unidades.

Para aumentar a eficiência de todos os ambientes do projeto estudado e melhorar a nota final da Envoltória, aconselha-se alterar os sistemas de vedação da Parede externa e da Laje tipo 2, utilizando outras opções com Capacidade Térmica e Transmitância um pouco mais baixas, através do acréscimo de uma camada isolante. As novas opções sugeridas são apresentadas no Apêndice H.

Alterando esses dois materiais e utilizando veneziana integrada conforme mencionado acima, as UHs do 2º ao 5º pavimento e a UH duplex passam a receber nível A na Envoltória para Inverno. Além disso, esta última fica com nível B na Envoltória se Refrigerada Artificialmente.

Quanto às cores da fachada, a utilização de um cinza mais claro, em substituição ao mais escuro melhora a eficiência da Envoltória para Verão das suítes 1 e 3 de todas as unidades. Dessa forma, em adição às demais recomendações, aconselha-se utilizar cinza claro com absorvância máxima de 0,55 e cinza escuro com até 0,70.

Com todas as modificações sugeridas as novas notas para Envoltória alcançadas por cada UH é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 - Análise da Envoltória das UHs após recomendações

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|--|--------------|------------------------|--------------|----------------|
| Classificação da envoltória para verão | B | B | B | B |
| Classificação da envoltória para inverno | A | A | B | A |
| Classificação final da envoltória da UH | B | B | B | B |
| Nota | 4,36 | 4,36 | 3,85 | 4,25 |
| Classificação da envoltória se refrigerada artificialmente | C | C | C | B |

Fonte: elaborado pela autora.

Seria possível aumentar de C para B o nível para Envoltória se Refrigerada Artificialmente de todos os ambientes utilizando materiais cuja média ponderada das capacidades térmicas seja baixa, menor que 50 kJ/(m²K). No entanto, essa alteração prejudica a classificação da Envoltória para verão, não se justificando, principalmente porque a informação sobre a Envoltória se Refrigerada Artificialmente é somente informativa

No que se refere às Bonificações, sugere-se aumentar a pontuação e, conseqüentemente, a eficiências da UHs, instalando lâmpadas com Selo Procel em todos os ambientes (0,1 pontos), entregando os apartamentos com ventiladores de teto (0,1 pontos) e refrigeradores (0,1 pontos) com, pelo menos, ENCE nível A.

É válido acrescentar ainda que, a utilização de sistemas e equipamentos economizadores de água também são opções relativamente simples e que garantem maior desempenho das unidades, podendo aumentar em até 0,20 pontos o valor final de Bonificação.

Independente de pontuação, o investimento em dispositivos que melhorem o desempenho dos apartamentos, auxiliando na economia de água e energia elétrica, deve ser incentivado. Desde que esteja de acordo com as exigências do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), alterar o centro geométrico das aberturas, por exemplo, é uma medida que não gera grandes custos. Assim como manter a profundidade dos ambientes menor do que 2,4 vezes a distância do piso até a altura máxima da abertura para iluminação, descontando os caixilhos. Essas questões se referem a alterações simples no projeto arquitetônico, que beneficia a eficiência sem onerar o orçamento da obra.

Seguindo as recomendações acima, todas as unidades recebem classificação nível A, conforme pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21 - Classificação final das UHs após todas as recomendações

| Apartamento | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Classificação final da envoltória | B | B | B | B |
| Aquecimento de água | A | A | A | A |
| Bonificações | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,62 |
| Classificação final da UH | A | A | A | A |
| Nota | 5,4 | 5,4 | 5,07 | 5,13 |

Fonte: elaborado pela autora.

Dessa forma, a classificação e a pontuação final do edifício após todas as alterações recomendadas, é dada pela Tabela 22.

Tabela 22 - Análise da classificação final do edifício após recomendações



**Análise da classificação final do edifício
RTQ - Edificações Residenciais**

| Apartamento | Área útil | Pontuação | Area X Pontuação |
|--------------|----------------|-----------|------------------|
| 2º pavimento | 180,09 | 5,40 | 972,49 |
| 3º pavimento | 180,09 | 5,40 | 972,49 |
| 4º pavimento | 180,09 | 5,40 | 972,49 |
| 5º pavimento | 180,09 | 5,40 | 972,49 |
| 6º pavimento | 180,09 | 5,07 | 913,06 |
| Duplex | 228,36 | 5,13 | 1171,49 |
| | 1128,81 | | 5974,49 |

| | |
|---------------------------------|------|
| Classificação final do edifício | A |
| Pontuação Total | 5,29 |

Fonte: elaborado pela autora.

7.2 Áreas de Uso Comum

Para aumentar a classificação desse item é necessário, em primeiro lugar, conhecer todos os equipamentos utilizados nas áreas de uso comum e, a partir disso, verificar o nível de eficiência de cada um. Como a maioria dos itens que compõe a classificação final da eficiência das áreas comuns recebem nota segundo a etiqueta já atribuída pelo Inmetro, deve-se priorizar a escolha de equipamentos que possuam ENCE A ou Selo Procel.

Dessa forma, sugere-se a utilização de lâmpadas de bulbo do modelo LEDBulb 8-60W E27 4000K W A60 ND 1PF BR, da PHILIPS. Segundo o INMETRO, o produto possui selo Procel e apresenta Eficiência luminosa de 118 lm/wt (INMETRO, 2017).

Recomenda-se o uso da Bomba centrífuga do modelo TBHCG-0051-T-55, da marca TEXIUS que, segundo INMETRO possui Selo Procel.

No que refere ao elevador, é necessário trocar o modelo escolhido até então por outro que apresente menor demanda de consumo energético. Para o edifício em questão, que por ter apenas seis unidades habitacionais está incluso na Categoria de uso 1, o consumo de energia do equipamento deveria ser de, no máximo, 100Wh para alcançar nível de eficiência A.

Recomenda-se a utilização do elevador Synergy, da ThyssenKrupp, uma vez que, segundo Soares (2014), a divisão europeia disponibiliza um catálogo que aponta o elevador com classificação nível A segundo a VDI 4707, conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 - Classificação do Elevador Synergy quanto a sua eficiência energética
synergy element. An efficient elevator.



Fonte: SOARES, 2014 *apud* ThyssenKrupp.

Levando em consideração todas as recomendações anteriores, a ENCE das Áreas de Uso Comum também tem classificação nível A.

8 CONCLUSÕES

Mesmo o edifício tendo alcançado classificação B, nota ainda que satisfatória, há muito o que melhorar, conforme foi descrito no capítulo anterior. A partir disso, é possível concluir que, para alcançar uma nota alta na etiquetagem de um edifício, é necessário utilizar os materiais corretos, que forneçam maior eficiência especificamente para o projeto a ser analisado, segundo a Zona Bioclimática em que estiver inserido. Além disso, a eficiência de cada equipamento presente numa edificação contribui na classificação final. Por esses motivos, a escolha de cada item precisa ser feita de forma criteriosa, levando em consideração as propriedades e características específicas de cada material e sua influência no gasto energético do edifício, o que só pode ser feito por um profissional com conhecimento técnico no assunto. Sendo assim, ter um profissional que conheça as etapas do processo de etiquetagem, seus pré-requisitos e a influência de cada item na classificação final é imprescindível na obtenção de uma etiqueta com nota alta. A contratação deste profissional deve acontecer no início de projeto para que as orientações sejam dadas.

Em Divinópolis, é possível observar que normalmente acontece o oposto. O profissional da arquitetura, por exemplo, é contratado para a execução das plantas e fachadas de um edifício, mas a especificação dos equipamentos e dos sistemas construtivos fica a cargo dos construtores e usuários das edificações que, não tendo o conhecimento técnico necessário para fundamentar suas escolhas, acabam, na maioria das vezes, optando unicamente pelo menor custo, sem se atentar ao benefício agregado. Isso evidencia a necessidade de uma mudança de postura por parte de quem constrói e de quem projeta, que precisam trabalhar juntos para garantir a eficiência das edificações.

Na análise apresentada neste trabalho, a nota E obtida nas Áreas de Uso Comum deveu-se, principalmente, à falta de informação dos equipamentos, o que poderia ter sido evitado se houvesse projetos elétrico e hidráulico para o edifício estudado. A partir da análise do projeto em questão ficou evidenciada a importância da execução de projeto para cada sistema de uma edificação, como forma de atestar sua eficiência. Por mais que os construtores tenham boa intenção de optar por equipamentos mais eficientes, se essa eficiência não é comprovada, ela não conta pontos na etiquetagem do edifício.

Entregar uma edificação com equipamentos como, por exemplo, ventiladores de teto, refrigeradores e lâmpadas já instalados, melhora o nível de classificação da etiqueta e garante maior eficiência no funcionamento do edifício. No entanto, algumas construtoras têm certa resistência quanto a isso, por se tornarem responsáveis pelo bom funcionamento e, muitas vezes, pela

manutenção desses produtos, o que as leva a entregar suas obras com o mínimo de equipamentos possível.

Isso acontece porque a venda de habitações ainda é feita, muitas das vezes, diretamente com o construtor. Em Divinópolis, cidade de pequeno/médio porte, onde as pessoas já se conhecem previamente, é natural que se crie uma relação de amizade entre construtora e cliente, originando assim uma responsabilidade informal por parte de quem constrói. No entanto, essa situação poderia ser resolvida, ou pelo menos melhorada, com a execução de um contrato formal que confirme que a construtora está entregando cada equipamento em perfeita forma de uso e funcionamento, passando a responsabilidade, em caso de defeitos, para o fabricante de cada produto.

É importante destacar que, no que se refere às unidades habitacionais, o projeto em questão já estava de acordo com todos os pré-requisitos. A partir disso, propor melhorias para aumentar a classificação final da etiqueta se tornou mais fácil. Um projeto que não atenda, por exemplo, o pré-requisito de ventilação cruzada, pode tornar inviável a obtenção de uma etiqueta com nota alta.

Mesmo com o auxílio das planilhas que automatizam a maioria dos cálculos, o método prescritivo, utilizado para a análise do projeto aqui apresentado, é bastante complexo e trabalhoso, tornando-se, por isso, uma tarefa demorada. Espera-se que, a partir da repetição do processo em questão por parte da autora, o trabalho torne-se mais direto e conciso. Como algumas informações e soluções se repetem, as próximas análises tendem a se tornar mais simples, o que incentiva a continuidade no aprendizado do assunto e sua real aplicação no mercado de trabalho.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. ASHRAE Standard 90.1 –1989. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1989.

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.

_____. **NBR- 5665 Cálculo de Tráfego nos Elevadores – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1977.

BATISTA, Juliana Oliveira. Introdução. In: LAMBERTS, Roberto, et al. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. 1ª Ed. Vol. 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.

BRASIL. Lei nº. 1071, de 21 de novembro de 1973. **Estabelece o Código de Obras de Divinópolis**. Divinópolis, 1973. Disponível em: <http://177.69.246.150/portal/instar/aprovaprojetos/documentos/35_1071.pdf>. Acesso em 15 ago. 2017.

_____. Lei nº 2.418 de 1988. **Dispõe sobre o uso e ocupação do solo no município de Divinópolis e dá outras providências**. Divinópolis, 1988. Disponível em: <<http://177.69.246.150/portal/instar/aprovaprojetos/documentos/ocupacaoSolo.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2017.

_____. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. 2012. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

CARVALHO, Weber de Freitas. **Medição Individualizada De Água Em Apartamentos – UFMG**. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

CLIMATE-DATA.ORG. **Tabela Climática Divinópolis, MG**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/2892/>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CRESESB - Centro de Referência para a Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Irradiação Solar em Plano Inclinado**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#>>. Acesso em: 02 out. 2017.

DIVINÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Divinópolis. **A Cidade**. Disponível em: <<https://www.divinopolis.mg.gov.br/portal/cidade/11/A-cidade>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

_____. Prefeitura Municipal de Divinópolis. **Geografia**. Disponível em: <<https://www.divinopolis.mg.gov.br/portal/cidade/12/Geografia>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

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.

ELETROBRÁS. **Programa Nacional De Energia Elétrica – Procel**. Disponível em: <<Http://Www.Eletrabras.Com/Elb/Procel/Main.Asp>>. Acesso em: 25 de jul. 2017.

ELETROBRAS/UFSC. **Determinação Da Eficiência Energética De Um Edifício Exemplo Utilizando O RTQ – R. 2013**. Universidade Federal De Santa Catarina. Centro Tecnológico – Departamento De Engenharia Civil.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional de 2017: Relatório Síntese, ano base 2016**. 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese do Relatório Final_2017_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2017_Web.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2017.

ENALTER. **Aquecedor Solar**. Disponível em: < <http://enalter.tempsite.ws/>>. Acesso em: 15 set. 2017.

FELAIO, Lessa. **Sky Scraper City**. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=547382>>. Acesso em: 5 set. 2017.

GOOGLE EARTH. Software Google Earth Pro. Divinópolis, MG

GOUVEIA, Joao Pedro Costa Luz Baptista. **Certificados Brancos: Análise e Contributos para a sua aplicação em Portugal**. Dissertação (Mestrado). Lisboa, 2008.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Monitoramento Climático**. 2015. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos> >. Acesso em: 02 out. 2017.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE / **Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>>. Acesso em: 15 set. 2017.

_____. ProcellInfo. **Equipamentos com Selo Procel**. Disponível em: <<http://www.procellinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABA5FA%7D>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LabEEE. Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. **Planilhas de apoio à classificação do nível de eficiência energética de edificações**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. 1ª Ed. Vol. 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. [3. ed.] Rio de Janeiro, 2014.

LE CORBUSIER. **Por uma arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1983.

LIMERICK, P. & GELLER, H. (2007). **What Every Westerner Should Know About Energy Efficiency and Conservation**. Center of the American e Southwest Energy Efficiency Project. Boulder, Colorado. Disponível em: <<http://www.centerwest.org/publications/pdf/energycons.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2016.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (2010). **Apresentação Procel Edifica**. Disponível em: <<http://goo.gl/MnbAJY>>. Acesso em: 10 maio 2016.

_____. **Critérios para a Concessão do Selo Procel a Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp%3FDocumentID%3D%7B58354987-9AE3-400C-9510-254DF2C1BEDA%7D%26ServiceInstUID%3D%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D+%&cd=1&chl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 26 set. 2017.

PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES – ProjetEEE. UFSC. **Componentes Construtivos**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

RYBCZYNSKI, Witold. **Casa: Pequena história de uma ideia**. Rio de Janeiro: Record, 1996.

SANTO, J. de O.; BATISTA, O. H. S.; SOUZA, J. K. S.; LIMA, C.T.; SANTOS, J. R.; MARINHO, A. A. **Resíduos da Indústria da Construção Civil e o seu Processo de Reciclagem para Minimização dos Impactos Ambientais**. Maceió, 2014.

SCHMID, A. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba, Pacto Ambiental, 2005.

SOARES, Cinthia de Toledo. **Análise de um edifício residencial segundo ABNT NBR 15575 e RTQ-R, e sugestões de intervenções para a melhoria do desempenho**. 2014. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados Ao Ambiente Construído, Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

UNSGAB, CONSELHO DE ACESSORAMENTO AO SECRETÁRIO-GERAL DA ONU PARA ASSUNTOS DE ÁGUA E SANEAMENTO. **A Jornada do UNSGAB**. Nova York, 2015.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC) (2008). **Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation**. World Energy Council. London, pp. 122. Disponível em: <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_Energy_Efficiency_Policies_Around_the_World_Review_and_Evaluation_2008_WEC.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

Apêndice A – Tabelas de Análise da Envoltória e Pré-Requisitos dos Ambientes de cada UH

Tabela 23 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 2º pavimento



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 | ZB3 | ZB3 | ZB3 |
|---|---------------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | Suíte 1 - Tipo | Suíte 2 - Tipo | Suíte 3 - Tipo |
| | Área útil do APP | m² | 76,36 | 19,91 | 14,24 | 15,96 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Contato com solo | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m².K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | CTcob | kJ/m².K | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | ccob | adimensional | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Paredes Externas | Upar | W/m².K | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 |
| | CTpar | kJ/m².K | 217,80 | 217,80 | 217,80 | 217,80 |
| | qpar | adimensional | 0,23 | 0,47 | 0,28 | 0,20 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m² | 0,00 | 1,82 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 10,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 15,97 | 4,00 | 0,00 | 2,23 |
| Áreas de Aberturas Externas | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 5,05 | 0,00 |
| | NORTE | m² | 0,00 | 0,00 | 8,58 | 0,00 |
| | SUL | m² | 6,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Características das Aberturas | LESTE | m² | 14,37 | 6,40 | 0,00 | 7,65 |
| | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 6,53 | 0,00 |
| | Fvent | adimensional | 0,47 | 0,42 | 0,43 | 0,43 |
| Características Gerais | Somb | adimensional | 0,08 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Área das Paredes Internas | m² | 47,67 | 29,65 | 26,53 | 30,04 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | Pé Direito | m | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| | C altura | adimensional | 0,034 | 0,131 | 0,183 | 0,163 |
| | isol | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | vid | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m².K | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | GHR | °C.h | B | C | B | B |
| | CA | kWh/m².ano | 1223 | 1714 | 877 | 867 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | | | A | A | B | B |
| | CR | kWh/m².ano | 5,561 | 6,382 | 7,311 | 7,432 |
| | | | Não se aplica | C | C | C |
| | | | 0,000 | 14,459 | 14,321 | 13,194 |

| Pré-requisitos por ambiente | | | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|--|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | Upar, Ctpar e qpar atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, Ct cob e ccob atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Sim | Sim | Sim |
| | | Há corredor no Ambiente? | Sim | Sim | Não | Não |
| | Iluminação Natural | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 74,96 | 19,24 | | |
| | | Área de abertura para iluminação [m²] | 16,9002 | 11,5346 | 5,09 | 5,967 |
| | | Av/Auamb (%) | 22,55 | 76,90 | 35,77 | 39,78 |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | Área de abertura para ventilação | 9,6867 | 6,2916 | 2,8079 | 3,2895 |
| | Ventilação Natural | Avi/Auamb (%) | 12,92 | 41,94 | 19,72 | 21,93 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | Tipo de abertura | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não | Não | Não |
| | | Atende? | Sim | Sim | Sim | Sim |

| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | | | |
|---|---|---------------|------|------|------|------|
| | Envoltória para Verão | B | B | C | B | B |
| | | 3,60 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 |
| | Envoltória para Inverno | B | A | A | B | B |
| | | 5,00 | 4,40 | 4,00 | 5,00 | 4,00 |
| Envoltória se Refrigeração Artificialmente | C | Não se aplica | C | C | C | |
| | 3,00 | 0,00 | 3,00 | 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"

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 24 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 3º, 4º e 5º pavimentos



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 | ZB3 | ZB3 | ZB3 |
|---|---------------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | Suite 1 - Tipo | Suite 2 - Tipo | Suite 3 - Tipo |
| | Área útil do APP | m² | 76,36 | 19,91 | 14,24 | 15,96 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Contato com solo | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m².K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | CTcob | kJ/m².K | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | acob | adimensional | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Paredes Externas | Upar | W/m².K | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 |
| | CTpar | kJ/m².K | 217,80 | 217,80 | 217,80 | 217,80 |
| | opar | adimensional | 0,21 | 0,47 | 0,40 | 0,57 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m² | 0,00 | 1,82 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 10,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 20,30 | 4,44 | 0,00 | 4,00 |
| | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 7,95 | 0,00 |
| Áreas de Aberturas Externas | NORTE | m² | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,58 |
| | SUL | m² | 6,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 10,04 | 6,40 | 0,00 | 5,44 |
| | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 3,63 | 0,00 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,46 | 0,42 | 0,40 | 0,40 |
| | Somb | adimensional | 0,10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Características Gerais | Área das Paredes Internas | m² | 47,67 | 29,65 | 26,53 | 30,04 |
| | Pé Direito | m | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| | C altura | adimensional | 0,034 | 0,131 | 0,183 | 0,163 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | vid | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | Uvid | W/m².K | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | GHR | °C.h | B | C | B | B |
| Consumo Relativo para Aquecimento | | | 1065 | 1714 | 1003 | 1311 |
| | CA | kWh/m².ano | A | A | B | B |
| Consumo Relativo para Refrigeração | | | 5,903 | 6,382 | 7,217 | 6,666 |
| | CR | kWh/m².ano | Não se aplica 0,000 | C | C | C |
| | | | | 14,459 | 14,488 | 14,950 |

| Pré-requisitos por ambiente | | | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|--|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | Upar, CTpar e opar atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, CTcob e acob atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Sim | Sim | Sim |
| | | Há corredor no Ambiente? | Sim | Sim | Não | Não |
| | | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 74,96 | 19,24 | | |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m²] | 13,1868 | 11,165 | 2,72 | 4,08 |
| | | Ai/Auamb (%) | 17,59 | 74,43 | 19,12 | 27,20 |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 7,4888 | 6,09 | 1,452 | 2,176 |
| | | Av/Auamb (%) | 9,99 | 40,60 | 10,20 | 14,51 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | Tipo de abertura | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não | Não | Não |
| | | | Sim | Sim | Sim | Sim |

| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | | | |
|---|---|---------------|------|------|------|------|
| | Envoltória para Verão | B | B | C | B | B |
| | | 3,60 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 |
| | Envoltória para Inverno | B | A | A | B | B |
| 5,00 | | 4,40 | 4,00 | 4,00 | 5,00 | |
| Envoltória se Refrigeração Artificialmente | C | Não se aplica | C | C | C | |
| | | 3,00 | 0,00 | 3,00 | 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".

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 25 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do 6º pavimento



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 | ZB3 | ZB3 | ZB3 |
|---|---------------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Sala de Estar/Jantar e Cozinha | Suite 1 - Tipo | Suite 2 - Tipo | Suite 3 - Tipo |
| | Área útil do APP | m² | 76,36 | 19,91 | 14,24 | 15,96 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| | Contato com solo | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m².K | 0,00 | 1,70 | 0,00 | 1,70 |
| | CTcob | kJ/m².K | 1,00 | 103,80 | 1,00 | 103,80 |
| | ccob | adimensional | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,33 |
| Paredes Externas | Upar | W/m².K | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 |
| | CTpar | kJ/m².K | 217,80 | 217,80 | 217,80 | 217,80 |
| | qpar | adimensional | 0,21 | 0,47 | 0,40 | 0,57 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m² | 0,00 | 1,82 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 10,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 20,30 | 0,00 | 4,00 | 4,44 |
| Áreas de Aberturas Externas | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 7,95 | 0,00 |
| | NORTE | m² | 0,00 | 8,58 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 6,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Características das Aberturas | LESTE | m² | 10,04 | 0,00 | 6,40 | 5,44 |
| | OESTE | m² | 0,00 | 0,00 | 3,63 | 0,00 |
| | Fvent | adimensional | 0,46 | 0,42 | 0,40 | 0,40 |
| Características Gerais | Somb | adimensional | 0,10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | Área das Paredes Internas | m² | 47,67 | 29,65 | 26,53 | 30,04 |
| | Pé Direito | m | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | C altura | adimensional | 0,034 | 0,131 | 0,183 | 0,163 |
| | isol | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | vid | binário | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m².K | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | GHR | °C.h | B | C | B | B |
| | CA | kWh/m².ano | 1065 | 1999 | 1003 | 1581 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m².ano | A | B | B | B |
| | | | 5,903 | 7,993 | 7,217 | 8,278 |
| | | | Não se aplica | C | C | C |
| | | | 0,000 | 14,057 | 14,488 | 14,539 |

| Pré-requisitos por ambiente | | | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|--|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | Upar, CTpar e qpar atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, CTcob e ccob atendem? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Sim | Sim | Sim |
| | | Há corredor no Ambiente? | Sim | Sim | Não | Não |
| | | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 74,96 | 19,24 | | |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m²] | 13,1868 | 11,165 | 2,72 | 4,08 |
| | | Ai/Auamb (%) | 17,59 | 74,43 | 19,12 | 27,20 |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 7,4888 | 6,09 | 1,452 | 2,176 |
| | | Av/Auamb (%) | 9,99 | 40,60 | 10,20 | 14,51 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Tipo de abertura | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada | Janela de vidro de correr. Veneziana integrada |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não | Não | Não |
| | | | | Sim | Sim | Sim |

| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | | | |
|---|---|---------------|------|------|------|------|
| | Envoltória para Verão | B | B | C | B | B |
| | | 3,60 | 4,00 | 3,00 | 4,00 | 4,00 |
| Envoltória para Inverno | B | A | B | B | B | |
| | 5,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | |
| Envoltória se Refrigeração Artificialmente | C | Não se aplica | C | C | C | |
| | 3,00 | 0,00 | 3,00 | 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".

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 26 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do Apartamento duplex (1ª parte)

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 | ZB3 |
|---|---------------------------|---|------------------------|--------------------------------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Espaço Gourmet | Sala de Estar/Jantar e Cozinha |
| | Área útil do APP | m² | 20,71 | 116,08 |
| | Cobertura | adimensional | 1 | 1 |
| Situação do piso e cobertura | Contato com solo | adimensional | 0 | 0 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m².K | 0,60 | 0,89 |
| | CTcob | kJ/m².K | 61,20 | 72,49 |
| | acob | adimensional | 0,25 | 0,27 |
| Paredes Externas | Upar | W/m².K | 2,40 | 2,40 |
| | CTpar | kJ/m².K | 217,80 | 217,80 |
| | qpar | adimensional | 0,36 | 0,31 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 0 | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m² | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 0,00 | 15,94 |
| | LESTE | m² | 4,93 | 38,54 |
| | OESTE | m² | 4,93 | 19,86 |
| Áreas de Aberturas Externas | NORTE | m² | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 0,00 | 6,24 |
| | LESTE | m² | 10,46 | 25,46 |
| | OESTE | m² | 10,46 | 16,76 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,48 | 0,47 |
| | Somb | adimensional | 0,00 | 0,06 |
| Características Gerais | Área das Paredes Internas | m² | 10,35 | 60,46 |
| | Pé Direito | m | 2,60 | 2,60 |
| | C altura | adimensional | 0,126 | 0,022 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | 0 | 0 |
| | vid | binário | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m².K | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | GHR | °C.h | D | D |
| | | | 2822 | 3167 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | CA | kWh/m².ano | B | B |
| | | | 11,082 | 7,052 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m².ano | Não se aplica 0,000 | Não se aplica 0,000 |

| Pré-requisitos por ambiente | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | Upar, Ctpar e qpar atendem? | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, Ctcob e acob atendem? | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Não |
| | | Há corredor no Ambiente? Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | Não | Não |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m²] | 17,3636 | 39,7372 |
| | | Ai/Auamb (%) | 83,84 | 34,23 |
| | | Atende 12.5%? | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 10,0416 | 22,7762 |
| | | Av/Auamb (%) | 48,49 | 19,62 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim |
| | | Tipo de abertura | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não |
| | | Atende? | Sim | Sim |

| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | |
|---|---|---------------|---------------|------|
| | Envoltória para Verão | C | D | D |
| | | 2,60 | 2,00 | 2,00 |
| | Envoltória para Inverno | B | B | B |
| | | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | Não se aplica | Não se aplica | |
| | 3,00 | 0,00 | 0,00 | |

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

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 27 - Análise da Envoltória e dos Pré-requisitos dos ambientes do Apartamento duplex (2ª parte)



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 | ZB3 | ZB3 |
|---|---------------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Suite 1 | Suite 2 | Suite 3 |
| | Área útil do APP | m² | 16,72 | 16,35 | 16,35 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Contato com solo | adimensional | 0 | 0 | 0 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m².K | 1,70 | 1,70 | 1,70 |
| | CTcob | kJ/m².K | 103,80 | 103,80 | 103,80 |
| | acob | adimensional | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| Paredes Externas | Upar | W/m².K | 2,40 | 2,40 | 2,40 |
| | CTpar | kJ/m².K | 217,80 | 217,80 | 217,80 |
| | qpar | adimensional | 0,22 | 0,20 | 0,20 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 0 | 0 | 0 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m² | 9,75 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 0,00 | 1,05 | 1,05 |
| | OESTE | m² | 9,97 | 0,00 | 0,00 |
| Áreas de Aberturas Externas | NORTE | m² | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m² | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | LESTE | m² | 0,00 | 6,75 | 6,75 |
| | OESTE | m² | 5,63 | 0,00 | 0,00 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,40 | 0,43 | 0,43 |
| | Somb | adimensional | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Características Gerais | Área das Paredes Internas | m² | 19,34 | 32,99 | 32,99 |
| | Pé Direito | m | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| | C altura | adimensional | 0,156 | 0,159 | 0,159 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | 0 | 0 | 0 |
| | vid | binário | 0 | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m².K | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | GHR | °C.h | B 1614 | B 1130 | B 1130 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | CA | kWh/m².ano | B 9,931 | B 8,983 | B 8,983 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m².ano | C 12,701 | C 12,388 | C 12,388 |

| Pré-requisitos por ambiente | | | | | |
|------------------------------|--|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | Upar, Ctpar e qpar atendem? | Sim | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, Ctcob e acob atendem? | Sim | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Sim | Sim | Sim |
| | | Há corredor no Ambiente? | Sim | Não | Não |
| | | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 14,72 | | |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m²] | 4,2225 | 5,13 | 5,13 |
| | | Ai/Auamb (%) | 28,69 | 34,20 | 34,20 |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 2,252 | 2,9025 | 2,9025 |
| | | Av/Auamb (%) | 15,30 | 19,35 | 19,35 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim | Sim |
| | | Tipo de abertura | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. | Porta e janela de vidro de correr. |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não | Não |
| Atende? | Sim | Sim | Sim | | |

| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | | |
|---|---|------|------|------|------|
| | Envoltória para Verão | C | B | B | B |
| | | 2,60 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| | Envoltória para Inverno | B | B | B | B |
| | | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | C | C | C | |
| | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | |

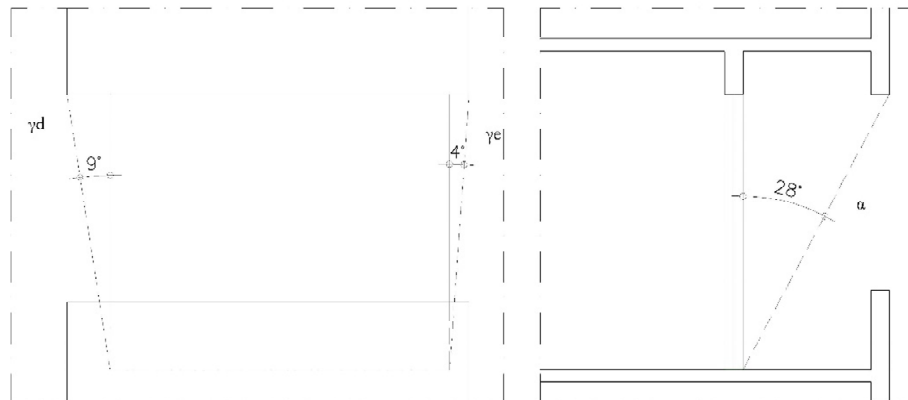
A PONTUAÇÃO ACIMA NÃO É A NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA. AINDA É NECESSÁRIO PREENCHER ALGUNS PRÉ-REQUISITOS NA ABA "Pré-requisitos da UH"

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Apêndice B – Cálculo de “Somb” pavimento tipo

A partir do projeto arquitetônico foram encontrados os ângulos de projeto apresentados na Figura 27, no que se refere ao pavimento tipo:

Figura 27 - Ângulos de projeto para o cálculo de "Somb" nos pavimentos tipo



Fonte: elaborado pela autora.

Os ângulos recomendados e os ângulos de projeto utilizados para a fachada Sul estão dispostos na Tabela 28.

Tabela 28 - Ângulos utilizados para o cálculo de "Somb" nos pavimentos tipo

| | Ângulos recomendados | Ângulos de projeto |
|------------|----------------------|--------------------|
| α | 10° | 28° |
| β_d | 15° | - |
| β_e | - | - |
| γ_d | - | 9° |
| γ_e | - | 4° |

Fonte: elaborado pela autora.

O RTQ-Q coloca que, na Equação para o cálculo de “Somb”, os ângulos de projeto utilizados não devem ser maiores do que os ângulos recomendados. Sendo assim, quando o ângulo de projeto for superior, deverá ser considerado o valor máximo do ângulo recomendado para α , β ou γ . Levando em consideração essa informação, temos a Equação a seguir:

$$\text{Somb} = \frac{10^\circ + 0^\circ + 0^\circ + 0^\circ + 0^\circ}{10^\circ + 15^\circ + 0^\circ + 0^\circ + 0^\circ} = 0,4$$

Segundo o Anexo I do RTQ-R, “este valor percentual é utilizado para calcular-se “somb”, na equação que define a eficiência da envoltória no RTQ-R, considerando que 0,75 de “somb_{abertura}” corresponde a um valor de somb igual a 0,5”. O que significa que é o valor de “somb”, obtido por meio de uma regra de três, será 0,27.

No entanto, o valor de “Somb” encontrado é válido apenas para uma das aberturas do ambiente. O valor final de “Somb” para o ambiente todo será obtido através da média ponderada de todas as aberturas externas do ambiente em questão.

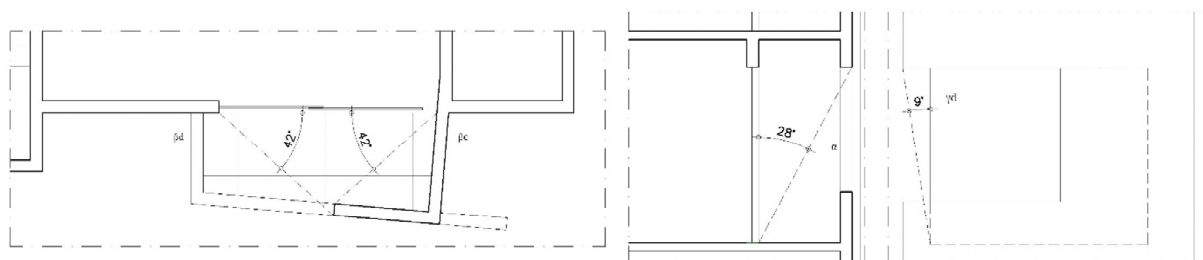
A Sala de Estar/Jantar e Cozinha do apartamento tipo do 2º pavimento tem 20,61 m² de aberturas para a área externa, sendo 6,24 m² a área da abertura que recebe proteção. A partir desses dados, o valor final de “Somb” para o ambiente é de 0,08.

As Salas de Estar/Jantar e Cozinhas dos apartamentos tipo do 3º ao 6º pavimentos têm 16,28 m² de aberturas para a área externa, sendo 6,24 m² a área da abertura que recebe proteção. Sendo assim, o valor final de “Somb” para o ambiente é de 0,10.

Apêndice C – Cálculo de “Somb” apartamento duplex

A partir do projeto arquitetônico foram encontrados os ângulos apresentados na Figura 28, no que se refere ao apartamento duplex:

Figura 28 - Ângulos de projeto para o cálculo de "Somb" no apartamento duplex



Fonte: elaborado pela autora.

Os ângulos recomendados e os ângulos de projeto utilizados para a fachada Sul estão dispostos na Tabela 29.

Tabela 29 - Ângulos utilizados para o cálculo de "Somb" no apartamento duplex

| | Ângulos recomendados | Ângulos de projeto |
|------------|----------------------|--------------------|
| α | 10° | 28° |
| β_d | 15° | 42° |
| β_e | - | 42° |
| γ_d | - | 9° |
| γ_e | - | 0 |

Fonte: elaborado pela autora.

A partir desses dados, temos a Equação a seguir:


$$\text{Somb} = \frac{10^\circ + 15^\circ + 0^\circ + 0^\circ + 0^\circ}{10^\circ + 15^\circ + 0^\circ + 0^\circ + 0^\circ} = 1,0$$

Fazendo regra de três, conforme no Apêndice anterior, o valor de “Somb” para a abertura em questão será 0,5.

A Sala de Estar/Jantar e Cozinha do apartamento duplex tem 48,46 m² de aberturas para a área externa, sendo 6,24 m² a área da abertura que recebe proteção. A partir desses dados, é obtido o valor final de 0,06 para “Somb” desse ambiente.


Apêndice D – Análise dos Pré-Requisitos e classificação da Envoltória de cada UH

Tabela 30 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória da UH do 2º pavimento

|  | | | |
|---|--|--|---|
| Análise dos Pré-requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória RTQ - Edificações Residenciais | | | |
| Pré Requisitos da Envoltória | Medição individual de água? | | Sim |
| | Medição individual de energia? | | Sim |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 9,8 |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 6,24 |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 29,12 |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 10,71 |
| | | A2/A1 | 0,918612637 |
| | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | | Sim |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 3 |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 3 |
| 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 |
| | | 3,60 | 3,60 |
| | Envoltória para Inverno | B | B |
| | | 4,40 | 4,40 |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | C | |
| | | 3,00 | 3,00 |
| | Equivalente numérico da envoltória da UH | Nota anterior aos pré-requisitos restantes | Nota final da envoltória da UH |
| | | B | B |
| | | 3,89 | 3,89 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 31 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envolvória das UHs do 3º, 4º e 5º pavimentos



Análise dos Pré-requisitos da Envolvória e Equivalente
Numérico da Envolvória
RTQ - Edificações Residenciais


| Pré Requisitos da Envolvória | Medição individual de água? | | Sim | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|
| | Medição individual de energia? | | Sim | |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 9,8 | |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 6,24 | |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 22,58 | |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 7,81 | |
| | | A2/A1 | 1,056244464 | |
| | | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | Sim | |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 3 | |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 3 | |
| 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 |
|---|-------------------------|----------------------------------|---|
| | Envolvória para Verão | B | B |
| | | 3,60 | 3,60 |
| | Envolvória para Inverno | B | B |
| | | 4,40 | 4,40 |
| Envolvória se Refrigorada Artificialmente | C | C | |
| | 3,00 | 3,00 | |

| Equivalente numérico da envoltória da UH | Nota anterior aos pré-requisitos restantes | Nota final da envoltória da UH |
|--|--|--------------------------------|
| | B | B |
| | 3,89 | 3,89 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 32 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envolvória da UH do 6º pavimento



Análise dos Pré-requisitos da Envolvória e Equivalente
Numérico da Envolvória
RTQ - Edificações Residenciais


| Pré Requisitos da Envolvória | Medição individual de água? | | Sim | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|-------------|--|
| | Medição individual de energia? | | Sim | |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 9,8 | |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 6,24 | |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 22,58 | |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 7,81 | |
| | | A2/A1 | 1,056244464 | |
| | | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | Sim | |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 3 | |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 3 | |
| 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 |
|---|-------------------------|----------------------------------|---|
| | Envolvória para Verão | B | B |
| | | 3,60 | 3,60 |
| | Envolvória para Inverno | B | B |
| | | 4,00 | 4,00 |
| Envolvória se Refrigorada Artificialmente | C | C | |
| | 3,00 | 3,00 | |

| Equivalente numérico da envoltória da UH | Nota anterior aos pré-requisitos restantes | Nota final da envoltória da UH |
|--|--|--------------------------------|
| | B | B |
| | 3,75 | 3,75 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 33 - Análise dos Pré-requisitos e classificação da Envoltória do Apartamento duplex

|  | | | |
|---|-------------------------------------|--|---|
| Análise dos Pré-requisitos da Envoltória e Equivalente Numérico da Envoltória RTQ - Edificações Residenciais | | | |
| Pré Requisitos da Envoltória | Medição individual de água? | | Sim |
| | Medição individual de energia? | | Sim |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 0 |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 6,24 |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 54,7 |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 39,06 |
| | | A2/A1 | 0,828153565 |
| | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | | Sim |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 3 |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 3 |
| 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 | C | C |
| | | 2,60 | 2,60 |
| | Envoltória para Inverno | B | B |
| | | 4,00 | 4,00 |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | C | |
| | 3,00 | 3,00 | |
| Equivalente numérico da envoltória da UH | | Nota anterior aos pré-requisitos restantes | Nota final da envoltória da UH |
| | | C | C |
| | | 3,10 | 3,10 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Apêndice E - Análise do sistema de aquecimento Solar de Água

Tabela 34 - Análise do sistema de aquecimento Solar de Água



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

| | | |
|--|------|-------------------|
| Pessoas/dormitório | 2 | pessoas |
| N ^o total pessoas na edificação | 6 | pessoas |
| Volume/pessoa/dia | 50 | litros/pessoa/dia |
| V _{consumo} | 300 | litros/dia |
| T _{consumo} | 40 | °C |
| T _{armaz} | 40 | °C |
| T _{ambiente} | 21,1 | °C |
| V _{armaz} | 300 | litros |
| V _{água armazenada} | 600 | litros |

| Mês | N (dias/mês) | T _{AF} (°C) | DE _{mês} (kWh/mês) |
|-----|-----------------|-------------------------|--------------------------------|
| Jan | 31 | 21,8 | 196,34 |
| Fev | 28 | 21,8 | 177,34 |
| Mar | 31 | 21,1 | 203,89 |
| Abr | 30 | 19,3 | 216,11 |
| Mai | 31 | 17,4 | 243,81 |
| Jun | 30 | 16,1 | 249,52 |
| Jul | 31 | 16,5 | 253,52 |
| Ago | 31 | 18,0 | 237,34 |
| Set | 30 | 19,8 | 210,89 |
| Out | 31 | 21,0 | 204,97 |
| Nov | 30 | 21,0 | 198,36 |
| Dez | 31 | 20,7 | 208,21 |

$$DE_{mês} = Q_{dia} \times N \times (T_{ACS} - T_{AF}) \times 1,16 \times 10^{-3}$$

| Mês | N (dias/mês) | H _{dia} (kWh/(m ² xd)) | EI _{mês} (kWh/m ²) |
|-----|-----------------|---|--|
| Jan | 31 | 5,19 | 160,89 |
| Fev | 28 | 5,32 | 148,96 |
| Mar | 31 | 5,39 | 167,09 |
| Abr | 30 | 5,11 | 153,30 |
| Mai | 31 | 5,35 | 165,85 |
| Jun | 30 | 5,03 | 150,90 |
| Jul | 31 | 5,54 | 171,74 |
| Ago | 31 | 5,7 | 176,70 |
| Set | 30 | 5,08 | 152,40 |
| Out | 31 | 5,18 | 160,58 |
| Nov | 30 | 4,96 | 148,80 |
| Dez | 31 | 5,03 | 155,93 |

$$EI_{mês} = H_{dia} \times N$$

| | | |
|---------------------------------------|---------|--|
| FR (τ _α) _n | 0,71 | adimensional |
| $\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$ | 0,96 | |
| $\frac{F'_R}{F_R}$ | 0,95 | |
| F'R (τ _α) | 0,64752 | $F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \times \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \times \frac{F'_R}{F_R}$ |
| Área disponível | 71,51 | m ² |
| Área do coletor | 1,5 | m ² |
| N ^o coletores | 3 | |
| S _c | 4,5 | m ² |

| Mês | DE _{mês} (kWh/mês) | EI _{mês} (kWh/m ²) | EA _{mês} (kWh/mês) | D ₁ |
|-----|--------------------------------|--|--------------------------------|----------------|
| Jan | 196,34 | 160,89 | 468,81 | 2,3877147 |
| Fev | 177,34 | 148,96 | 434,05 | 2,4475225 |
| Mar | 203,89 | 167,09 | 486,87 | 2,3878851 |
| Abr | 216,11 | 153,30 | 446,69 | 2,0669835 |
| Mai | 243,81 | 165,85 | 483,26 | 1,9821285 |
| Jun | 249,52 | 150,90 | 439,70 | 1,7622055 |
| Jul | 253,52 | 171,74 | 500,42 | 1,9739146 |
| Ago | 237,34 | 176,70 | 514,88 | 2,169395 |
| Set | 210,89 | 152,40 | 444,07 | 2,1057112 |
| Out | 204,97 | 160,58 | 467,90 | 2,2827724 |
| Nov | 198,36 | 148,80 | 433,58 | 2,1858207 |
| Dez | 208,21 | 155,93 | 454,36 | 2,182213 |

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

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

| | | |
|--------------------|-----------|-------------|
| $F_R U_L$ | 5,054 | $W/(m^2.K)$ |
| $\frac{F'_R}{F_R}$ | 0,95 | |
| $F'_R U_L$ | 0,0048013 | |

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

| | | |
|------------------------------|---------|----------------|
| S_c | 4,5 | m ² |
| V _{água armazenada} | 600 | litros |
| T_{ACS} | 40 | °C |
| FR (τ α)n | 0,71 | |
| F'R (τ α) | 0,64752 | |

| Mês | DE _{mês} (kWh) | T _{AMB} (°C) | T _{AF} (°C) | Δt (horas) | K ₁ | K ₂ | EP _{mês} (kWh) | D ₂ |
|-----|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Jan | 196,34 | 23,8 | 21,8 | 744 | 0,866025404 | 1,151338583 | 1,221,33 | 6,220433163 |
| Fev | 177,34 | 23,8 | 21,8 | 672 | 0,866025404 | 1,151338583 | 1,103,14 | 6,220433163 |
| Mar | 203,89 | 23,1 | 21,1 | 744 | 0,866025404 | 1,126840052 | 1,206,32 | 5,916444525 |
| Abr | 216,11 | 21,3 | 19,3 | 720 | 0,866025404 | 1,065844981 | 1,130,06 | 5,229165864 |
| Mai | 243,81 | 19,4 | 17,4 | 744 | 0,866025404 | 1,004416873 | 1,127,00 | 4,622475188 |
| Jun | 249,52 | 18,1 | 16,1 | 720 | 0,866025404 | 0,964029304 | 1,063,67 | 4,262949839 |
| Jul | 253,52 | 18,5 | 16,5 | 744 | 0,866025404 | 0,976319018 | 1,107,71 | 4,369336391 |
| Ago | 237,34 | 20,0 | 18,0 | 744 | 0,866025404 | 1,0235 | 1,139,86 | 4,802740695 |
| Set | 210,89 | 21,8 | 19,8 | 720 | 0,866025404 | 1,082506394 | 1,140,44 | 5,407790269 |
| Out | 204,97 | 23,0 | 21,0 | 744 | 0,866025404 | 1,123376623 | 1,204,18 | 5,87484608 |
| Nov | 198,36 | 23,0 | 21,0 | 720 | 0,866025404 | 1,123376623 | 1,165,33 | 5,87484608 |
| Dez | 208,21 | 22,7 | 20,7 | 744 | 0,866025404 | 1,113040103 | 1,197,75 | 5,752637176 |

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \times S_c} \right]^{-0,25}$$

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

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

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$

| Mês | D ₁ | D ₂ | f |
|-----|----------------|----------------|-------------|
| Jan | 2,387714665 | 6,220433163 | 1,018164707 |
| Fev | 2,447522546 | 6,220433163 | 1,031405027 |
| Mar | 2,387885057 | 5,916444525 | 1,03132155 |
| Abr | 2,066983508 | 5,229165864 | 0,979373666 |
| Mai | 1,982128471 | 4,622475188 | 0,98247648 |
| Jun | 1,762205454 | 4,262949839 | 0,925767807 |
| Jul | 1,9739146 | 4,369336391 | 0,992269584 |
| Ago | 2,169394984 | 4,802740695 | 1,028121413 |
| Set | 2,105711164 | 5,407790269 | 0,982315627 |
| Out | 2,282772414 | 5,87484608 | 1,008281745 |
| Nov | 2,18582069 | 5,87484608 | 0,983439374 |
| Dez | 2,182212971 | 5,752637176 | 0,987863756 |

$$D_1 = \frac{EA_{mês}}{DE_{mês}}$$

$$D_2 = \frac{EP_{mês}}{DE_{mês}}$$

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

| Mês | DE _{mês} (kWh) | f | EU _{mês} (kWh) | EU _{mês} = f × DE _{mês} |
|--------------|----------------------------|-------------|----------------------------|---|
| Jan | 196,34 | 1,018164707 | 199,91 | |
| Fev | 177,34 | 1,031405027 | 182,91 | |
| Mar | 203,89 | 1,03132155 | 210,28 | |
| Abr | 216,11 | 0,979373666 | 211,65 | |
| Mai | 243,81 | 0,98247648 | 239,54 | |
| Jun | 249,52 | 0,925767807 | 230,99 | |
| Jul | 253,52 | 0,992269584 | 251,56 | |
| Ago | 237,34 | 1,028121413 | 244,01 | |
| Set | 210,89 | 0,982315627 | 207,16 | |
| Out | 204,97 | 1,008281745 | 206,67 | |
| Nov | 198,36 | 0,983439374 | 195,08 | |
| Dez | 208,21 | 0,987863756 | 205,68 | |
| TOTAL | 2.600,29 | | 2.585,43 | |


| | | |
|--------------------|-------------|---|
| F | 0,994285563 | $F = \frac{\sum_1^{12} EU_{mês}}{\sum_1^{12} DE_{mês}}$ |
| Fração solar anual | 99,43% | |

| Verificação do volume de armazenamento do projeto | |
|---|--------------------|
| V _{armaz} | 600 |
| N ^o coletores | 3 |
| Área do coletor | 1,5 |
| Área de coletores | 4,5 m ² |
| V _{armaz} /área _{coletores} | 133,33 |

Fonte: PBE Edifica, preenchido pela autora.

Apêndice F – Análise das Bonificações de cada UH

Tabela 35 - Análise das Bonificações de todas as unidades habitacionais


| | |  | | | | |
|---|---|--|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Análise das Bonificações RTQ - Edificações Residenciais | | | | |
| | | Bonificações | 2º Pavimento | 3º, 4º e 5º Pavimentos | 6º Pavimento | Unidade Duplex |
| Bonificação Ventilação Natural | Porosidade | ATAVN (m²) | 4,56 | 4,55 | 9,8 | 0 |
| | | AATVS (m²) | 3 | 3 | 6,24 | 3 |
| | | AATVL (m²) | 13,17 | 9,81 | 22,58 | 2,91 |
| | | AATVO (m²) | 7,56 | 5,26 | 7,81 | 16,22 |
| | | ATFN (m²) | 22,23 | 22,23 | 22,23 | 27,61 |
| | | ATFS (m²) | 17,19 | 17,19 | 17,19 | 22,17 |
| | | ATFL (m²) | 62,91 | 62,91 | 62,91 | 124,11 |
| | | ATFNO (m²) | 43,43 | 43,43 | 43,43 | 94,79 |
| | | Pavimento da UH | 1 ou 2 | 3 | 6,7 ou 8 | 6,7 ou 8 |
| | | Porosidade a Atender | 20,0% | 16,0% | 12,0% | 12,0% |
| | | Porosidade Norte | 20,5% | 20,5% | 44,1% | 0,0% |
| | | Porosidade Sul | 17,5% | 17,5% | 36,3% | 13,5% |
| | | Porosidade Leste | 20,9% | 15,6% | 35,9% | 2,3% |
| | | Porosidade Oeste | 17,4% | 12,1% | 18,0% | 19,2% |
| | | Atende pelo menos 2 fachadas? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | Bonificação | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | |
| | Dispositivos Especiais | Todos os APP apresentam dispositivos especiais? | Não | Não | Não | Não |
| | | Quais dispositivos? | Veneziana integrada | Veneziana integrada | Veneziana integrada | Veneziana integrada |
| | | Bonificação | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Centro Geométrico | Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m? | Não | Não | Não | Não |
| Bonificação | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Permeabilidade | Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre ≥ 30% da área da abertura? | Não | Não | Não | Não | |
| | Bonificação | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Bonificação Iluminação Natural | Profundidade | 50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_a$? | Sim | Sim | Sim | Não |
| | | Bonificação | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0 |
| | Refletância Teto | Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6? | Sim | Sim | Sim | Sim |
| | | Bonificação | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Outras Bonificações | Uso Racional de Água | Bonificação de uso racional de água | | | | |
| | Condicionamento Artificial de Ar | Bonificação de condicionamento artificial de ar | | | | |
| | Iluminação Artificial | Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes) | Menos que 50% | Menos que 50% | Menos que 50% | Menos que 50% |
| Outras Bonificações | Ventiladores de Teto | Bonificação | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada? | Não | Não | Não | Não |
| | Refrigeradores | Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel? | Não | Não | Não | Não |
| | | Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante? | | | | |
| | Medição Individualizada de Aquecimento de Água | Bonificação | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Apresenta medição individualizada de água quente? | | Sim | Sim | Sim | Sim | |
| | | Bonificação | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | | Total de bonificações | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,32 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Apêndice G – Análise da classificação final de cada UH


Por apresentarem os mesmos valores para todos os itens, os apartamentos do 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos são representados pela mesma tabela.

Tabela 36 - Análise da classificação final das UHs do 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos

|  | | |
|---|---|-------------|
| Análise da classificação final da UH | | |
| RTQ - Edificações Residenciais | | |
| Pontuação Total | Identificação | |
| | Envoltória para Verão | B 3,60 |
| | Envoltória para Inverno | B 4,40 |
| | Aquecimento de Água | C 3,00 |
| | Equivalente numérico da envoltória | B 3,89 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C 3,00 |
| | Bonificações | 0,52 |
| | Região | Sudeste |
| | Coeficiente a | 0,65 |
| Classificação final da UH | | B |
| Pontuação Total | | 4,10 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 37 - Análise da classificação final da UH do 6º pavimento

|  | | |
|---|---|-------------|
| Análise da classificação final da UH | | |
| RTQ - Edificações Residenciais | | |
| Pontuação Total | Identificação | |
| | Envoltória para Verão | B 3,60 |
| | Envoltória para Inverno | B 4,00 |
| | Aquecimento de Água | C 3,00 |
| | Equivalente numérico da envoltória | B 3,75 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C 3,00 |
| | Bonificações | 0,52 |
| | Região | Sudeste |
| | Coeficiente a | 0,65 |
| Classificação final da UH | | B |
| Pontuação Total | | 4,00 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Tabela 38 - Análise da classificação final da UH duplex

| Análise da classificação final da UH RTQ - Edificações Residenciais | | |
|--|---|-------------|
| Pontuação Total | Identificação | |
| | Envoltória para Verão | C 2,60 |
| | Envoltória para Inverno | B 4,00 |
| | Aquecimento de Água | C 3,00 |
| | Equivalente numérico da envoltória | C 3,10 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C 3,00 |
| | Bonificações | 0,32 |
| | Região | Sudeste |
| | Coefficiente a | 0,65 |
| Classificação final da UH | | C |
| Pontuação Total | | 3,39 |

Fonte: LABEEE, preenchido pela autora.

Apêndice H – Novos Elementos Construtivos para Envoltória

Figura 29 – Nova parede externa

| EXTERIOR | | |
|----------|-------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Piso cerâmico 0.75 | 0,0070 |
| 2 | Argamassa 1 | 0,0100 |
| 3 | Bloco concreto 9x19x39 cm 9 | 0.134 |
| 4 | Poliuretano 2 | 0,6665 |
| 5 | Argamassa 1 | 0,0100 |

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **1,04**

Atraso Térmico ϕ (horas): **7,3**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **164,5**

Transmitância Térmica (W/m²K): **1,0**

| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteec.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 23 nov. 2017.

Figura 30 - Nova laje Tipo 2

| EXTERIOR | | |
|----------|-------------------------------|---------------------|
| CAMADA | MATERIAL | RESISTÊNCIA TÉRMICA |
| 1 | Piso cerâmico 0.75 | 0.007 |
| 2 | Contrapiso 1.5 | 0,0128 |
| 3 | Laje nervurada com EPS 22.5 | 0.337 |
| 4 | Poliuretano 0.5 | 0,1666 |
| 5 | Gesso interno 1 | 0,0145 |

SEU MATERIAL

Resistência Térmica Total: **0,75**

Atraso Térmico ϕ (horas): **4,3**

Capacidade Térmica (kJ/m²K): **94,1**

Transmitância Térmica (W/m²K): **1,3**

| INTERIOR | | |
|----------|--|--|
|----------|--|--|

Fonte: <http://projeteec.mma.gov.br/componentes-construtivos/#pisos-e-coberturas>. Acesso em: 23 nov. 2017.

Anexo I – Ângulos de sombreamento recomendados

A imagem mostra o conjunto de ângulos mínimos para proteção solar das fachadas tomadas a cada 45° para a cidade de Bambuí. Para o projeto analisado foram utilizados os ângulos destacados pelo retângulo vermelho.

Tabela 39 - Conjunto de Ângulos mínimos para proteção solar das fachadas para a cidade de Bambuí.

| FACHADA NORTE Bambuí | | | | | FACHADA OESTE Bambuí | | | | | FACHADA SUDESTE Bambuí | | | | |
|--|-----------|-----------|------------|------------|--|-----------|-----------|------------|------------|--|-----------|-----------|------------|------------|
| Edificações Residenciais | | | | | Edificações Residenciais | | | | | Edificações Residenciais | | | | |
| Área da janela < 25% área do piso | | | | | Área da janela < 25% área do piso | | | | | Área da janela < 25% área do piso | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| 50° | -- | 25° | -- | -- | 75° | -- | -- | 50° | 30° | -- | -- | -- | -- | -- |
| Área da janela > 25% área do piso | | | | | Área da janela > 25% área do piso | | | | | Área da janela > 25% área do piso | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| 50° | -- | 25° | 10° | -- | 75° | -- | -- | 50° | 30° | -- | -- | -- | -- | -- |
| Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| FACHADA SUL Bambuí | | | | | FACHADA NORDESTE Bambuí | | | | | FACHADA NOROESTE Bambuí | | | | |
| Edificações Residenciais | | | | | Edificações Residenciais | | | | | Edificações Residenciais | | | | |
| Área da janela < 25% área do piso | | | | | Área da janela < 25% área do piso | | | | | Área da janela < 25% área do piso | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| 10° | 15° | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 60° | -- | 75° | 10° | -- |
| Área da janela > 25% área do piso | | | | | Área da janela > 25% área do piso | | | | | Área da janela > 25% área do piso | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| 10° | 20° | -- | -- | -- | 25° | -- | -- | 5° | 60° | 65° | -- | 75° | 25° | -- |
| Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe |
| -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| FACHADA LESTE Bambuí | | | | | FACHADA SUDOESTE Bambuí | | | | | | | | | |
| Edificações Residenciais | | | | | Edificações Residenciais | | | | | | | | | |
| Área da janela < 25% área do piso | | | | | Área da janela < 25% área do piso | | | | | | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | | | | | |
| -- | -- | -- | -- | -- | 20° | 60° | -- | -- | -- | | | | | |
| Área da janela > 25% área do piso | | | | | Área da janela > 25% área do piso | | | | | | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | | | | | |
| 65° | -- | -- | 10° | 30° | 20° | 60° | -- | -- | -- | | | | | |
| Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | Área da janela > 25% área do piso (2ª opção) | | | | | | | | | |
| α | βd | βe | γd | γe | α | βd | βe | γd | γe | | | | | |
| -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | | | | | |

Fonte: BRASIL, 2012 (anexo I).

Anexo II – Dados para cálculo da eficiência do aquecedor solar

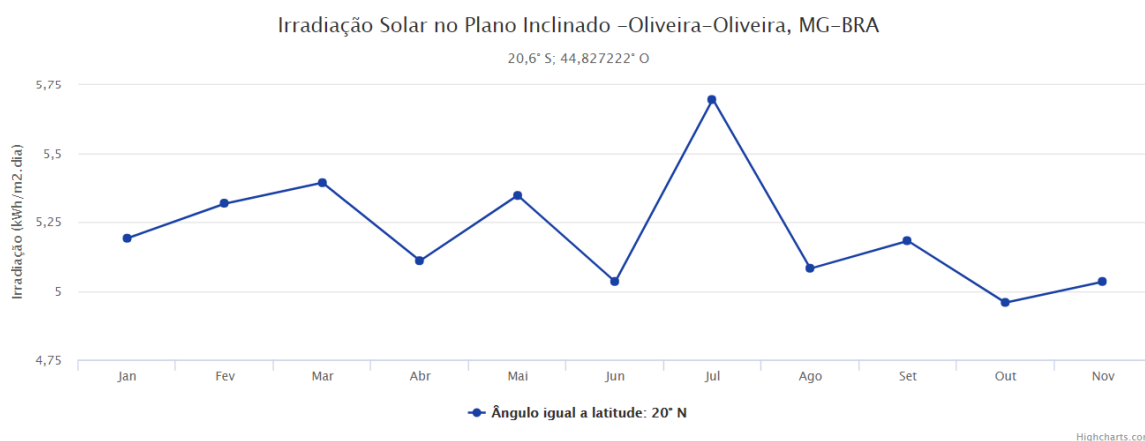
No que se refere à Irradiação solar no plano inclinado, foram utilizados os dados da cidade de Oliveira, MG, que é a cidade de latitude mais próxima a de Divinópolis a possuir estação de coleta de dados solares.

Tabela 40 - Irradiação solar no plano inclinado para Oliveira, MG

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Oliveira
Município: Oliveira, MG - BRA
Latitude: 20,6° S
Longitude: 44,827222° O
Distância do ponto de ref. (20,170556° S; 44,802778° O): 48,5 km

| # | Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia] | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Média | Delta |
| <input type="checkbox"/> | Plano Horizontal | 0° N | 5,69 | 5,56 | 5,28 | 4,61 | 4,42 | 4,00 | 4,44 | 4,92 | 4,83 | 5,31 | 5,36 | 5,58 | 5,00 | 1,69 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Ângulo igual a latitude | 20° N | 5,19 | 5,32 | 5,39 | 5,11 | 5,35 | 5,03 | 5,54 | 5,70 | 5,08 | 5,18 | 4,96 | 5,03 | 5,24 | ,74 |
| <input type="checkbox"/> | Maior média anual | 21° N | 5,16 | 5,29 | 5,39 | 5,12 | 5,38 | 5,07 | 5,58 | 5,72 | 5,08 | 5,16 | 4,93 | 5,00 | 5,24 | ,79 |
| <input type="checkbox"/> | Maior mínimo mensal | 19° N | 5,23 | 5,34 | 5,40 | 5,10 | 5,31 | 4,99 | 5,49 | 5,67 | 5,08 | 5,20 | 4,99 | 5,07 | 5,24 | ,68 |



Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 02 out. 2017.

Tabela 41 - Tabela Climática de Divinópolis, MG

| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|-------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| Temperatura média (°C) | 23,8 | 23,8 | 23,1 | 21,3 | 19,4 | 18,1 | 18,5 | 20 | 21,8 | 23 | 23 | 22,7 |
| Temperatura mínima (°C) | 18,1 | 17,9 | 17,1 | 14,7 | 12,1 | 10,5 | 10,6 | 12,2 | 14,8 | 16,7 | 17,3 | 17,1 |
| Temperatura máxima (°C) | 29,6 | 29,8 | 29,2 | 27,9 | 26,7 | 25,8 | 26,5 | 27,9 | 28,8 | 29,3 | 28,8 | 28,4 |

Fonte: <https://pt.climate-data.org/location/2892/>. Acesso em: 10 ago. 2017.