



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**SABRINA GOULART DA SILVA**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO PROGRAMA MINHA  
CASA MINHA VIDA**

**Tubarão**  
**2019**

**SABRINA GOULART DA SILVA**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO PROGRAMA MINHA  
CASA MINHA VIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Gil Félix Madalena

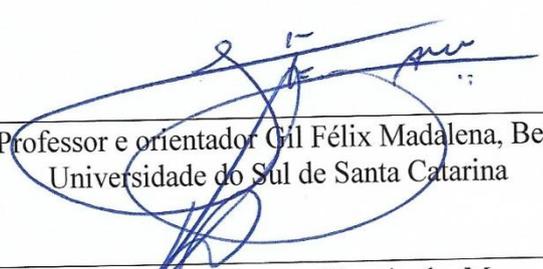
Tubarão  
2019

**SABRINA GOULART DA SILVA**

**ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO PROGRAMA MINHA  
CASA MINHA VIDA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 26 de novembro de 2019.

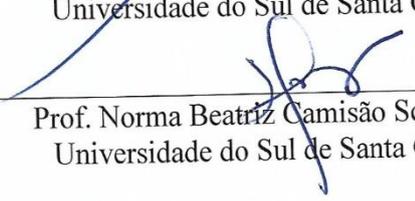


---

Professor e orientador Gil Félix Madalena, Bel.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Eng. Douglas Bressan Figueiredo, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Um agradecimento especial a minha família que nunca mediu esforços para realizar os meus sonhos e sempre acreditaram em meu potencial.

Aos professores da Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, pelo conhecimento transmitido aos seus alunos.

Aos meus amigos que sempre se fizeram presentes e demonstraram apoio em todos os momentos da vida acadêmica.

Ao professor Gil Félix Madalena pelo apoio, paciência e orientação durante a execução deste trabalho.

Por fim, um agradecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente acompanharam a rotina e contribuíram para a realização deste sonho.

“Escolha uma estrada e não olhe pra trás.” (Capital Inicial)

## RESUMO

O Programa Minha Casa Minha Vida, lançado pelo Governo Federal, impulsionou a economia no Brasil, movimentando o setor da construção civil e gerando uma grande demanda de empregos no país. Contudo, os projetos das novas residências levaram a um fator de padronização, onde os quais seguem o mesmo modelo sem levar em consideração a região que receberá a obra, a preocupação com o conforto aos usuários e um baixo desempenho térmico com os materiais utilizados. Neste contexto, este estudo de caso, tem como objetivo quantificar a possível perda de desempenho térmico em consequência desta falta de cuidado e padronização. A análise de desempenho térmico foi realizada no projeto de uma unidade habitacional em seu estado inicial e após as modificações propostas. Os resultados mostram que pequenas mudanças de materiais construtivos, cor e escolha de aberturas, geram um grande ganho de eficiência energética. A análise destaca, também, a utilização de um sistema de aquecimento de água e sua importância para o desempenho das edificações.

Palavras-chave: Padronização. Desempenho Térmico. Eficiência Energética.

## **ABSTRACT**

The Minha Casa Minha Vida Program, launched by the Federal Government, boosted the economy in Brazil, driving the construction sector and generating a great demand for jobs in the country. However, the designs of the new homes have led to a standardization factor, where they follow the same model disregarding the region that will receive the work, concern for user comfort and poor thermal performance with the materials used. In this context, this case study aims to quantify the possible loss of thermal performance as a result of this lack of care and standardization. The thermal performance analysis was performed in the design of a housing unit in its initial state and after the proposed modifications. The results show that small changes in building materials, color and choice of windows and doors, generate a large gain in energy efficiency. The analysis also highlights the use of a water heating system and its importance for the performance of buildings.

**Keywords:** Standardization. Thermal Performance. Energy efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etiqueta nacional de conservação de energia .....	20
Figura 2 - Orientação solar de acordo com as estações do ano .....	24
Figura 3 - Lâmpada incandescente .....	25
Figura 4 - Lâmpada fluorescente .....	25
Figura 5 - Lâmpada vapor de mercúrio .....	26
Figura 6 - Lâmpada vapor de sódio .....	27
Figura 7 - Lâmpada vapor metálico.....	27
Figura 8 - Lâmpada LED.....	28
Figura 9 - Fibra ótica .....	29
Figura 10 - Sensor de presença.....	29
Figura 11 - Representação ventilação cruzada .....	30
Figura 12 - Representação efeito chaminé .....	31
Figura 13 - Inércia térmica para aquecimento .....	32
Figura 14 - Inércia térmica para resfriamento .....	32
Figura 15 - Zonas bioclimáticas .....	34
Figura 16 - Carta bioclimática de Givoni .....	35
Figura 17 - Software ZBBR.....	37
Figura 18 - Paredes situação inicial .....	38
Figura 19 - Paredes com novo material construtivo .....	39
Figura 20 - Cobertura situação inicial .....	39
Figura 21 - Cobertura com novo material construtivo .....	40
Figura 22 - Detalhe da janela utilizada no projeto.....	40
Figura 23 - Eficiência dos aparelhos .....	41
Figura 24 - Pré-requisitos ZB2 .....	45
Figura 25 - Pré-requisitos de ventilação .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desempenho das APP da UH, situação inicial.....	44
Tabela 2 - Pré-requisitos por ambiente.....	46
Tabela 3 - Pré-requisito da UH.....	47
Tabela 4 - Pré-requisitos bonificações.....	48
Tabela 5 - Desempenho da UH.....	49
Tabela 6 - Desempenho das APP da UH, situação final .....	52
Tabela 7 - Pré-requisitos da envoltória.....	53
Tabela 8 - Pré-requisitos das bonificações .....	54
Tabela 9 - Pré-requisitos do sistema de aquecimento solar.....	55
Tabela 10 - Pontuação final da UH .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
APP – Ambiente de Permanência Prolongada  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção  
CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética  
CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural  
ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia  
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
NBR – Norma Brasileira  
OIA – Organismo de Inspeção Acreditado  
PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem  
PIB – Produto Interno Bruto  
PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida  
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica  
RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações  
RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas  
RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais  
ST-Edificações – Secretaria Técnica de Edificações  
UH – Unidade habitacional  
ZB2 – Zona Bioclimática 2  
ZBBR – Zoneamento Bioclimático Brasileiro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	15
1.2	OBJETIVO .....	16
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1	PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA .....	18
2.2	PROGRAMA DE ETIQUETAGEM BRASILEIRO .....	19
2.3	ESTUDO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO .....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Componentes de um projeto de iluminação.....</b>	<b>22</b>
2.3.1.1	Luz natural e orientação solar.....	23
2.3.1.2	Lâmpadas Incandescentes .....	24
2.3.1.3	Lâmpadas fluorescentes.....	25
2.3.1.4	Lâmpadas de Vapor de Mercúrio .....	26
2.3.1.5	Lâmpadas de Vapor de Sódio.....	26
2.3.1.6	Lâmpadas de Vapor Metálico.....	27
2.3.1.7	Lâmpadas LED .....	28
2.3.1.8	Acessórios e Equipamentos Auxiliares .....	28
2.3.1.8.1	<i>Fibra Ótica</i> .....	28
2.3.1.8.2	<i>Sensor de Presença</i> .....	29
2.3.1.8.3	<i>Luminárias</i> .....	30
<b>2.3.2</b>	<b>Conforto Térmico.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Inércia Térmica .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Zoneamento Bioclimático Brasileiro .....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	36
<b>3.1.1</b>	<b>ENVOLTÓRIA .....</b>	<b>37</b>
3.1.1.1	Paredes.....	38
3.1.1.2	Cobertura .....	39
3.1.1.3	Cor e Absortância .....	40
3.1.1.4	Janelas.....	40
3.1.1.5	Vidros .....	41

<b>3.1.2</b>	<b>AQUECIMENTO DE ÁGUA .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.3</b>	<b>BONIFICAÇÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>43</b>
4.1	AVALIAÇÃO DA UH .....	43
<b>4.1.1</b>	<b>Ambientes de Permanência Prolongada .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Análise pré-requisitos da Envoltória .....</b>	<b>45</b>
4.1.2.1	Capacidade Térmica e Transmitância .....	45
<b>4.1.3</b>	<b>Análise pré-requisitos de Iluminação e Ventilação .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Análise pré-requisitos da UH .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Análise pré-requisitos Aquecimento de Água.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Análise pré-requisitos Bonificações .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>50</b>
4.2	PROPOSTA DAS MODIFICAÇÕES .....	50
<b>4.2.1</b>	<b>Modificações em aberturas.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Modificações na cor.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Modificações no Sombreamento .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Modificações no material construtivo .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Modificações nas bonificações.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Modificações no aquecimento de água .....</b>	<b>51</b>
4.3	RESULTADOS DAS MODIFICAÇÕES.....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXO A – ORIENTAÇÃO .....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico do Brasil está diretamente ligado à solução dos seus principais problemas sociais. Dentre os quais, pode-se destacar o déficit habitacional, que atinge principalmente as classes sociais mais baixas. Por esta razão, foi implantado em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Logo após a eclosão da crise financeira mundial, cujo objetivo principal é facilitar a aquisição da casa própria pelas famílias com renda mensal entre 1,8 e até 7 mil reais. É certo que se pode afirmar que se trata também de uma política anticíclica, onde se estimula o setor da construção civil, empregando grande quantidade de mão de obra de baixa qualificação e que tem uma grande participação no Produto Interno Bruto (PIB) do país.

De acordo com o estudo “Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos”, entre 2017 e 2018 o programa representou 72% do PIB do setor imobiliário do país, movimentando cerca de R\$212 bilhões de reais. Além disso, gerou significativas vagas de empregos, correspondendo a cerca de 13% do trabalho médio formal da construção entre julho de 2009 a dezembro de 2017.

A crescente demanda de construções e projetos desse tipo de residência, gerou um fenômeno quanto a padronização dos modelos dessas construções. Visando um agente facilitador, tanto para a criação e a aprovação de novos projetos arquitetônicos, quanto para a produção em obra, é válido destacar a repetição nos projetos, nítido em diversos conjuntos habitacionais pelo país. Sendo, por isso, identificada a falta de individualidade para cada projeto, pois não apresentam as mesmas características em relação as condições climáticas ou ainda não estão corretamente orientados de acordo com a zona bioclimática.

A relevância de proporcionar conforto aos usuários, refere-se sobretudo a atenção voltada na realização do projeto, para isso ressalta-se a importância da eficiência energética aplicada às edificações.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Vivemos em uma sociedade moderna onde só é possível realizar atividades com o uso intensivo de uma ou mais fontes de energia. O crescente aumento do consumo de energia elétrica e a viabilidade de tornar o uso dela de forma sustentável é tema para discussões em todo o mundo.

É certo que se enfrentam muitos desafios para que haja um desenvolvimento energético sustentável, especialmente com a otimização do uso dos recursos naturais. De tal maneira, a eficiência energética, se apresenta como uma das soluções que agregam mais benefícios, tanto ambientais como econômicos e sociais.

Dentro de parâmetros sociais, pode-se destacar o programa Minha Casa Minha Vida, que em 2019 completa 10 anos desde seu início como ação incentivada pelo Governo Federal. Segundo o jornal G1, o programa viabilizou a contratação de mais de 5,5 milhões de unidades habitacionais, que foram e serão construídas com subsídio do governo com parcelas e taxas de juros reduzidas para famílias de baixa renda.

Com esse programa, observou-se uma grande demanda de construções e projetos padronizados, o que acabou facilitando a criação de novos projetos arquitetônicos, gerando um padrão quanto a produção em obra, tornando visível a repetição de modelos de residências em diversos loteamentos e conjuntos habitacionais.

Esta falta de individualidade de cada projeto pode gerar problemas, afinal, nem todos estão sob as mesmas condições de clima. A ausência de cuidados na realização de projeto, ignorando a real necessidade dos futuros moradores, acaba gerando, muitas vezes, residências com baixos desempenhos térmicos. O que, por certo, resultaram em maior dispêndio por parte dos moradores e conseqüentemente a possibilidade de despesas com a conta de energia elétrica acima do ideal.

A dúvida central desta investigação é, pois: **de que forma poder-se-á obter maior eficiência energética, com geração de ganho, a partir de modificações no projeto original, em residências de condomínios do programa Minha Casa Minha Vida.**

## 1.2 OBJETIVO

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar um projeto de residências do programa Minha Casa Minha Vida, apresentando mudanças arquitetônicas e sugerindo melhorias tecnológicas, para que, assim, possa se obter um melhor desempenho térmico, melhorando o conforto dos moradores e gerando uma economia geral de energia.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Descrever o programa Minha Casa Minha Vida;
- b) apresentar a metodologia do Programa de Etiquetagem;
- c) analisar a metodologia de elaboração de projeto arquitetônico e urbanístico;
- d) demonstrar conceitos e métodos de aprimoramento da eficiência energética em edificações;
- e) analisar os projetos arquitetônicos já existentes e propor modificações;
- f) definir a melhoria do desempenho e conforto das residências;
- g) propor a utilização de novas tecnologias;
- h) comparar o desempenho das residências antes e após as modificações.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Têm-se em vista nos últimos anos, a busca em garantir uma qualidade de vida em um ambiente mais sustentável, levando-se em consideração estratégias para o desenvolvimento econômico. Dessa forma, este capítulo tem como objetivo proporcionar uma fundamentação teórica do conteúdo a ser apresentado. Nele, são apresentados o Programa Minha Casa Minha vida que tem por objetivo suprir a necessidade do déficit habitacional e movimentar a economia no Brasil, o Programa de Etiquetagem Brasileiro e os estudos a serem considerados em projetos residenciais.

### 2.1 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), foi lançado em 2009 pelo Governo Federal com o intuito de solucionar o problema do déficit habitacional no Brasil. Os motivadores para inserção de um Programa Habitacional, remontam a crise internacional de 2008 (MOREIRA; SILVEIRA; EUCLYDES, 2017). Desde então, o programa já ajudou milhares de pessoas a adquirirem seu imóvel próprio e é um importante incentivo à economia, sobretudo ao setor de construção civil. Está presente em 5.530 de 5.570 municípios do Brasil (*id ibid.*).

O programa inicialmente subsidiou a compra de residências para famílias com renda de até 1,8 mil reais e facilita as condições para famílias com renda de até 7 mil, que são divididas em faixas. Segundo a Caixa Econômica Federal (2009), são elas:

- a) Faixa 1: são as famílias com renda mensal de até R\$ 1,8 mil. O financiamento nestes casos pode ser feito em até 120 meses, com prestações mensais que variam de R\$ 80,00 a R\$ 270,00, dependendo da renda bruta familiar. Além disso, a garantia para o financiamento é o próprio imóvel a ser adquirido. Nesta faixa, a maior parte do valor do imóvel é financiada pelo governo;
- b) Faixa 1,5: inclui as famílias com renda mensal de até R\$ 2.600,00. Neste caso, o financiamento do imóvel é feito a uma taxa de juros de 5% ao ano e com um prazo de pagamento de até 30 anos. Conta ainda com subsídios do governo de até R\$ 47,5 mil;
- c) Faixa 2: para famílias com rendimento mensal de até R\$ 4 mil. Nesta faixa de renda, o governo subsidia até R\$ 29 mil na compra do imóvel. Além disso, a taxa de juros anual varia entre 5,5% e 7% e o prazo de financiamento é de 30 anos;
- d) Faixa 3: é para as famílias com renda de até R\$ 7 mil mensais. A taxa de juros para esta faixa é de 8,16% ao ano. O prazo limite para o financiamento também é de 30 anos. (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, {s.d.}).

Quando o programa foi lançado, o Governo Federal tinha como meta construir um milhão de habitações até 2012, com um investimento de até 34 bilhões de reais. Essa meta foi atingida nos primeiros anos da implantação do programa (POLITIZE, 2017). Em 2013, foi

estimado que cerca de um terço das construções de moradias executadas durante aquele ano eram participantes do PMCMV (IBGE, 2013). Essa grande procura pelo programa gerou um desenvolvimento nas áreas da construção civil. Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) indicam que a construção das habitações entregues ao longo da existência do programa empregou 3,5 milhões de trabalhadores.

Um balanço dos principais pontos do PMCMV, segundo D'Amico (2011), mostra que o programa busca resolver:

- a) Os problemas de infraestrutura e saneamento básico das residências existentes, ao combater o déficit por reposição de estoque, via concessão de subsídios às famílias.
- b) Regularizar a questão fundiária das moradias em terrenos invadidos ou em áreas públicas, pela diminuição do valor de custas/emolumentos cartorários ou da exigência de legalização de matrículas nos cartórios de registro de imóveis, com a preferência pelo registro do imóvel no nome da mulher.
- c) Aumentar a oferta de unidades habitacionais, facilitando o acesso aos recursos do BNDES e dos fundos instituídos pelo PMCMV por parte das construtoras, visando diminuir o déficit por incremento de estoque.
- d) Eliminar a “elitização” dos financiamentos imobiliários ao conceder subsídios às classes sociais mais pobres, sobretudo aquelas com renda mensal de até três salários mínimos e que em geral não têm acesso aos recursos do FGTS.
- e) Resolver os aspectos técnicos da construção de novas moradias, ao determinar padrões de construção, impor limites para a construção de unidades habitacionais por empreendimento e exigir uma infraestrutura urbana mínima para aprovação dos projetos e liberação dos recursos. (D'AMICO, 2011).

O programa tem como ponto positivo o grande investimento e dinamização da economia, assim como a ampla vaga de empregos diretos e indiretos e a melhora da situação do déficit habitacional. Como ponto negativo, pode-se destacar a repetitividade e padronização dos projetos executados a partir desse empreendimento, assim como os materiais que apresentam baixa qualidade.

## 2.2 PROGRAMA DE ETIQUETAGEM BRASILEIRO

Em 1984, o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) propôs uma discussão sobre a questão da eficiência energética com a sociedade. Tendo como finalidade, a contribuição para a racionalização do uso da energia no Brasil a partir de informações prestadas para auxiliá-los na decisão de compra dos consumidores.

O projeto teve início na área automotiva, onde acarretou um crescimento, ganhando forma e consolidando o status de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), atuando principalmente na área de produtos consumidores de energia elétrica. O programa conta com parceiros como a Eletrobras, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

(PROCEL) e a Petrobras, com o Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural (CONPET).

O programa passou a fazer exigências relacionadas ao desempenho dos produtos. Tendo como base, o estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), a partir da promulgação da Lei nº 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética, de 17 de outubro de 2001, e do Decreto 4.059, de 19 de dezembro de 2001 (ELETROBRAS; INMETRO; CB3E, 2013).

O Inmetro utiliza a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para informar atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios dos produtos consumidores de energia comercializados no país.

A ENCE atesta a conformidade e evidencia o atendimento a requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos e, em alguns casos, adicionalmente, também de segurança. Tem como principal informação a eficiência energética do produto cujo desempenho foi avaliado. (ELETROBRAS; INMETRO; CB3E, 2013).

A etiqueta desenvolvida pelo programa segue os padrões da ENCE, classificando os equipamentos, edificações e veículos em faixas coloridas, onde possuem uma letra indicando o nível de eficiência e outras informações relevantes. As etiquetas podem ser obtidas para edificações comerciais, de serviços públicos e edificações residenciais.

Figura 1 - Etiqueta nacional de conservação de energia



Fonte: Procel

Em 2013, cerca de 50% do consumo de energia elétrica estava voltado as edificações das classes residencial, comercial e poder público. Grande parte dessa energia é consumida para prover conforto ambiental aos usuários. Leva-se em consideração o potencial técnico de economia em edificações, sendo que, nas edificações existentes, é estimado em 30%, enquanto em prédios novos pode alcançar até 50%, considerando a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto (ELETROBRAS; INMETRO; CB3E, 2013).

Em contrapartida a esta realidade, em 2003, foi lançado o Procel Edifica. Um subprograma do Procel que tem por finalidade, desenvolver atividades para a aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações; implementar a “Lei de Eficiência Energética”, no que concerne a edificações; e contribuir com a expansão, de forma energeticamente eficiente do setor habitacional do país, reduzindo os custos operacionais na construção e utilização dos imóveis (*id ibid.*).

As edificações, em sua maioria, apresentam alto desperdício de energia por não considerar aspectos relativos às áreas de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas, que permitam uma racionalização mais consciente do uso da energia, sem abrir mão do conforto dos usuários. Para isso, devem ser providas soluções desde a fase do projeto arquitetônico, execução até sua utilização final (*id ibid.*).

Para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil, foi criado o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País, conhecido como GT-Edificações. Além disso, o grupo criou a Secretaria Técnica de Edificações (ST-Edificações) que possui competência para discutir as questões técnicas envolvendo os indicadores de eficiência energética. A partir da criação da ST, a Eletrobras/Procel passou a coordenar o ST através do Programa Procel Edifica. Logo em seguida, o Inmetro passou a integrar o processo através da criação da CT Edificações, que representa a Comissão Técnica onde é discutido e definido o processo de obtenção da ENCE.

A partir disso, foram desenvolvidos os Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, como os Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R.

Os RTQ-C e RTQ-R apresentam os quesitos necessários para que seja possível classificar o nível de eficiência energética das edificações. O RAC é o documento com o qual a edificação obterá a ENCE do Inmetro, ele apresenta os procedimentos para submissão para

avaliação, direitos e deveres dos envolvidos, o modelo da ENCE, a lista de documentos que devem solicitados, modelos de formulários para preenchimento, dentre outros.

Para obtenção da ENCE, é necessário que a edificação passe por uma avaliação, respeitando os requisitos contidos nos regulamentos técnicos RTQ-C e RTQ-R, e as regras estabelecidas no RAC. A avaliação é feita por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro, onde são avaliados o projeto e a edificação construída. Após esse processo, são emitidas a ENCE, de projeto e Edificação Construída.

### 2.3 ESTUDO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO

Ao se mencionar a eficiência energética em edificações, tem-se como premissa que, de acordo com cada projeto, a edificação terá uma finalidade, seja residencial, comercial, industrial, entre outros. Dessa forma, é possível verificar através de normas, como a NBR 5410/ABNT e NBR 5413/ABNT juntamente com os parâmetros traçados pelos órgãos regulatórios e classificatórios, se a edificação conta com um baixo gasto energético ou, ainda, se é possível modificar, melhorando o projeto de modo que possa proporcionar um conforto ao usuário de forma eficiente (CARVALHO, 2011).

São conhecidos como edificações eficientes, os chamados Prédios Verdes, que servem de parâmetro de modelo de projeto arquitetônico. Sendo a edificação ou espaço construído que teve na sua concepção, construção e operação, o uso de conceitos e procedimentos que proporcionem a sustentabilidade, economia e bem-estar às pessoas (CASADO, 2009). Se tratando de edificações já construídas, é possível analisar uma maneira de melhorar a energia usada para o seu funcionamento ou diminuir o seu impacto no meio ambiente, atento as tecnologias assim disponíveis. Para tal análise, ainda pode-se ressaltar uma série de fatores, como por exemplo: aproveitamento da luz natural, posição solar, conforto quanto a temperatura e iluminação, uso da energia elétrica, entre outros pontos.

#### 2.3.1 Componentes de um projeto de iluminação

Ao realizar um projeto de iluminação, deve-se levar em consideração os tipos de fontes luminosas que serão utilizadas para que haja uma harmonia e conforto ao usuário. Para o objeto de estudo, destacar-se-á luz natural, diferentes tipos de lâmpadas, acessórios e equipamentos auxiliares.

### 2.3.1.1 Luz natural e orientação solar

A luz do sol é uma fonte luminosa natural, além de trazer conforto e bem-estar, a iluminação natural contribui significativamente para redução do consumo de energia na edificação. Possui abundância disponível em todo o planeta sem representar nenhum custo energético, tornando imprescindível a consideração em quase todos os projetos de iluminação (CARVALHO, 2011). Apesar de atualmente apresentar grande relevância na certificação de novas construções, é notável a falta de preocupação nos projetos com a utilização desse recurso natural, gerando um consumo de energia elétrica desnecessário, onde os gastos poderiam ser reduzidos ou até mesmo aproveitados em outras atividades.

De acordo com Rejane Drumond (s.d), alguns fatores como tamanho da abertura, a forma do cômodo (um quarto com pouca profundidade receberá mais luz que um cômodo profundo), a orientação da edificação, o reflexo do sol dentro e fora de casa, influenciam no desempenho térmico da edificação.

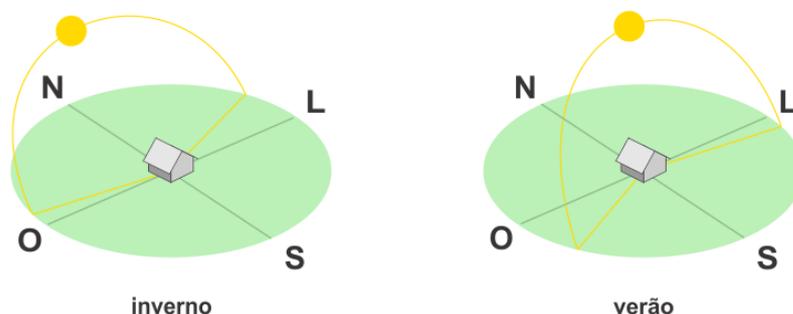
A posição solar possui grande influência para os projetos arquitetônicos, tornando-se um item indispensável, pois o sol traz um bem enorme para a saúde, além de se obter um retorno a longo prazo, ajudando na economia de energia elétrica. Em partes, o estudo da insolação de uma residência garante o conforto térmico e a valorização financeira do imóvel (VIVADECORA, 2018).

Para a arquitetura, a orientação solar é a forma como a luz do sol incide sobre os edifícios. A luz do sol pode ser tanto benéfica como desagradável, podendo ajudar ou comprometer o conforto térmico, por isso deve-se estudar a melhor maneira de projetar a edificação.

A orientação solar não é um aspecto que possa ser aplicado em todo o globo. Dessa forma, uma edificação no hemisfério norte não recebe a mesma incidência de luz como no hemisfério sul. Assim como, as edificações que se encontram mais próximas e afastadas da linha do Equador, cada qual com sua característica (VIVADECORA, 2018).

Os raios solares podem atingir a superfície da Terra com mais ou menos incidência, tendo em vista que tudo muda de acordo com as estações do ano e a região em que se encontra, conforme figura 2. Sendo assim, identificar a orientação solar em um terreno é uma tarefa fundamental para garantir a insolação adequada em todo projeto.

Figura 2 - Orientação solar de acordo com as estações do ano



Fonte: Viva Decora.

Ao desenvolver o projeto, deve-se levar em consideração a finalidade do espaço para que assim, possa desenvolver a necessidade de quantidade de luz. Em dormitórios, varandas, escritórios, salas de estar e jantar, deve-se receber o sol quase o dia todo, não podendo ser de forma agressiva ou desagradável. O mais recomendável é voltar suas faces para o norte, nordeste e leste. Os espaços que tiverem suas faces orientadas para o oeste e sul receberão uma grande quantidade de luz solar, conseqüentemente, mais aquecidas no período noturno. (VIVADECORA, 2018).

Tendo em vista um melhor aproveitamento da luz solar, o recomendado é usufruir das coordenadas geográficas. A partir disso, pode-se definir os detalhes da volumetria, como o número de aberturas. Para a proteção das fachadas, é comum atribuir persianas, brises, marquises e toldos, preservando a temperatura da edificação.

### 2.3.1.2 Lâmpadas Incandescentes

Desde a invenção das lâmpadas incandescentes, sempre foram comumente utilizadas por serem de fácil instalação e por serem de baixo custo de produção. Em edificações antigas, encontra-se este tipo de lâmpada, mas deixaram de ser comercializadas em 2016. De acordo com a Pensamento Verde, apesar de sua utilização ter diminuído consideravelmente ao longo dos anos, ainda é possível encontrá-las por conta de seu descarte indevido, gerando problemas ao lançar os elementos tóxicos na natureza.

Figura 3 - Lâmpada incandescente



Fonte: Pensamento Verde

Apesar de serem mais caras, seu custo *vs.* benefício a longo prazo, comparada com as lâmpadas fluorescentes, compensa, pois acabam sendo mais econômicas que as lâmpadas incandescentes.

“Elas gerariam valor em um mês de R\$ 20 a R\$ 25 para iluminar a casa. Ao trocar por uma lâmpada equivalente fluorescente compacta, essa conta cairia para R\$ 4 ou R\$ 5 em apenas um mês. O consumidor entendeu isso e, ao longo do tempo, já vai deixando de usar esse material.” (ENG. MARCOS BORGES, 2016).

Segundo Carvalho (2011), seu rendimento é mínimo. Apenas o equivalente a 5% da energia elétrica consumida é transformada em luz, enquanto o restante, 95%, é transformado em calor. Além de possuir uma pequena vida útil e uma baixa eficiência luminosa.

### 2.3.1.3 Lâmpadas fluorescentes

A lâmpada fluorescente, ao contrário da lâmpada incandescente, possui uma grande eficiência pois emite mais energia eletromagnética em forma de luz do que calor, em torno de duas a quatro vezes mais (OAK ENERGIA, 2018).

Figura 4 - Lâmpada fluorescente



Fonte: Jovem e Cientista

Sua vida útil é em torno de dez mil horas de uso, podendo chegar a vinte mil horas, contra a durabilidade normal de mil horas das incandescentes. É possível encontrar lâmpadas de até 95% de eficiência (CARVALHO, 2011).

#### 2.3.1.4 Lâmpadas de Vapor de Mercúrio

A principal vantagem da lâmpada de vapor de mercúrio, é a sua longa duração de vida média (de onze mil a doze mil horas) e o seu preço relativamente baixo quando comparado com outras lâmpadas de descargas de alta pressão (CARVALHO, 2011).

Figura 5 - Lâmpada vapor de mercúrio



Fonte: EletroRede

São utilizadas para iluminação de grandes áreas, como estacionamentos, e áreas externas, como fachadas e, principalmente, iluminação pública.

#### 2.3.1.5 Lâmpadas de Vapor de Sódio

As lâmpadas de vapor de sódio, podem ser de dois tipos principais relativos à pressão do gás em seu interior: lâmpadas de baixa pressão ou de alta pressão. Para os dois tipos, a eficiência energética encontrada é a maior de todos os modelos disponíveis de fonte de luz. (UNICAMP, 2005).

Figura 6 - Lâmpada vapor de sódio



Fonte: Celesp.

São normalmente indicadas para locais onde a poluição luminosa pode representar algum tipo de problema, sendo eles observatórios, planetários, vias expressas etc.

#### 2.3.1.6 Lâmpadas de Vapor Metálico

As lâmpadas de vapor metálico proporcionam um fluxo luminoso de excelente reprodução de cores, sendo assim, consegue iluminar o ambiente com grande qualidade. Apresenta uma elevada eficiência luminosa, vida longa de aproximadamente vinte e quatro mil horas e baixa depreciação (CARVALHO, 2011).

Figura 7 - Lâmpada vapor metálico



Fonte: Santil

São indicadas para aplicações em áreas de pátios e estacionamentos. Também são utilizadas para iluminação pública e áreas abertas, além de quadras esportivas, campos de futebol e galpões destinados à exposição ou em áreas onde se requer uma excelente resolução de imagem.

### 2.3.1.7 Lâmpadas LED

As lâmpadas de LED apresentam várias características favoráveis e inovadoras no que se diz respeito à iluminação, além de serem menos agressivas ao meio ambiente em relação a outros produtos existentes no mercado.

Figura 8 - Lâmpada LED



Fonte: Google Imagens

Suas vantagens são qualidade de luz visivelmente confortável, baixa geração de calor, não emite raios ultravioletas e infravermelho, economia de até 80% em comparação as lâmpadas incandescentes, maior durabilidade, fácil descarte e reciclagem. Seu tempo de vida útil ultrapassa cem mil horas de uso e possui uma alta eficiência luminosa (CARVALHO, 2011).

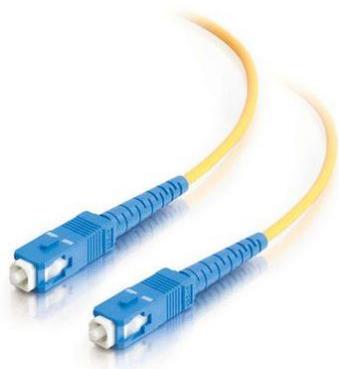
### 2.3.1.8 Acessórios e Equipamentos Auxiliares

#### 2.3.1.8.1 Fibra Ótica

Uma nova maneira de se aproveitar a luz gerada por uma fonte externa, sendo natural ou artificial, é com a utilização da fibra ótica para os projetos de iluminação.

Funciona como um simples condutor, podendo transportar a informação luminosa, como permitir que a informação extravase ao longo de um caminho. Transmitindo apenas a informação e não energia elétrica e/ou calor (IESPE, 2018).

Figura 9 - Fibra ótica



Fonte: Google Imagens

A fibra ótica torna-se uma opção mais segura para áreas externas, que estão sujeitas a ação do tempo, assim como piscinas e locais onde a instalação de lâmpadas com luminárias seria caro e envolveria riscos (IESPE, 2018).

Outras vantagens são que com apenas uma fonte luminosa, é possível levar luz para diversos lugares e não há radiação ultravioleta ou infravermelha. Sua eficiência depende exclusivamente do tipo de fonte luminosa utilizada (IESPE, 2018).

#### 2.3.1.8.2 *Sensor de Presença*

Sensores de presença são equipamentos instalados normalmente em locais onde o fluxo de pessoas não é constante e, por isso não precisam estar sempre iluminados (ARGUS CONTROL, 2016).

Figura 10 - Sensor de presença



Fonte: Eletrônica Santana

É comum encontrarmos em corredores de edifícios residenciais e comerciais, escadas e banheiros.

#### 2.3.1.8.3 Luminárias

Luminárias são equipamentos importantes que têm por objetivo, modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de modo a concentrá-lo ou dispersá-lo dependendo do objetivo do projeto (CARVALHO, 2011).

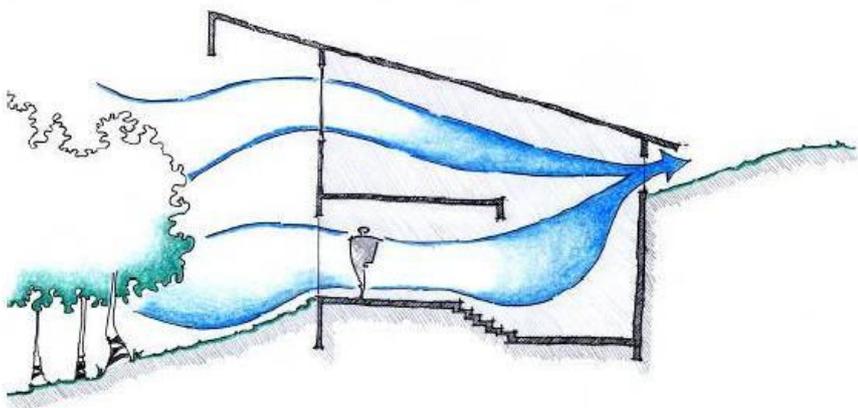
### 2.3.2 Conforto Térmico

Tornou-se comum o hábito de se utilizar mecanismos de ventilação artificial como ventiladores e ar condicionado. Esses sistemas de ventilações artificiais são a solução em determinadas épocas do ano, mas eles não devem ser vistos como a única e principal solução para tornar-se um ambiente termicamente agradável. A ventilação natural pode reduzir bastante o consumo de sistemas artificiais e, conseqüentemente, a economia de energia elétrica (TIEDT; CORDEIRO, 2018).

Para ventilar bem um espaço, as posições de portas e janelas tem papel fundamental. As aberturas que estiverem na direção do vento predominantemente farão com que a ventilação seja muito mais eficiente.

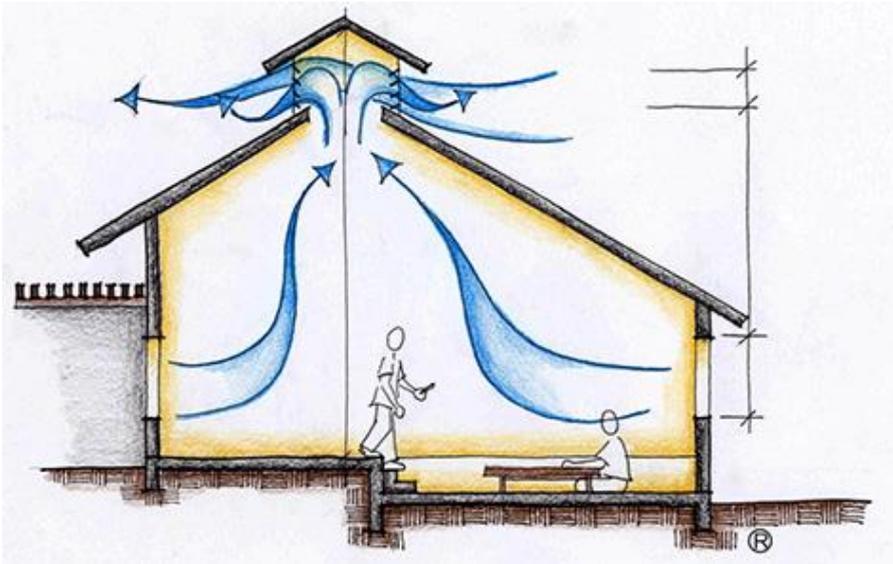
Quando as aberturas, de determinada edificação ficam em paredes opostas ou adjacentes, o ar tende a circular com mais velocidade, formando uma corrente de ar constante, a isso damos o nome de ventilação cruzada, representada na Figura 11.

Figura 11 - Representação ventilação cruzada



Outra maneira de se obter a variação de temperatura, é com base no “efeito chaminé”, através do fenômeno de convecção, onde o ar quente sobe e o ar frio desce. Geralmente utilizado em formas de aberturas e elementos vazados nas partes altas da edificação (DRUMOND, s.d).

Figura 12 - Representação efeito chaminé



Fonte: ProjetEEE

Contudo, a obtenção da ventilação natural não é tão simples. Existem diversos fatores que impactam o seu aproveitamento, como por exemplo a distribuição de portas e janelas que é influenciada pelo comportamento dos usuários, a interposição de obstáculos concedido pós projeto, a vizinhança. Além disso, é válido ressaltar as condições de umidade relativa do ar, proximidade de espelhos d'água, restrição a infiltração do ar, dentre outros. (RODRIGUES, 2015).

### 2.3.3 Inércia Térmica

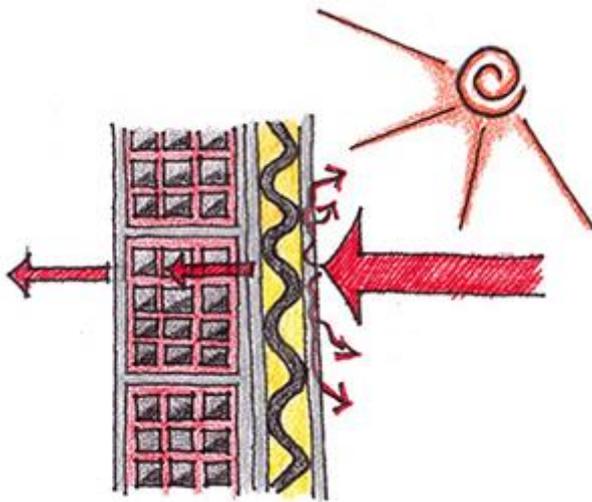
A inércia térmica ocorre na transferência de calor entre o ambiente externo e o interno. Na construção civil e na arquitetura, o conceito de inércia está ligado a capacidade do edifício de absorver, reduzir o calor em alta temperatura e liberar posteriormente.

A inércia depende exclusivamente das características do que chamamos de “envelope”, sendo o revestimento, a parede e a cobertura, que devem ser compostos de materiais densos e que possuem uma alta capacidade térmica (PROJETEEE, 2005).

Uma edificação que possui elevada inércia térmica tende a diminuir as amplitudes térmicas internas ocorrendo um atraso térmico no fluxo de calor devido sua alta capacidade de

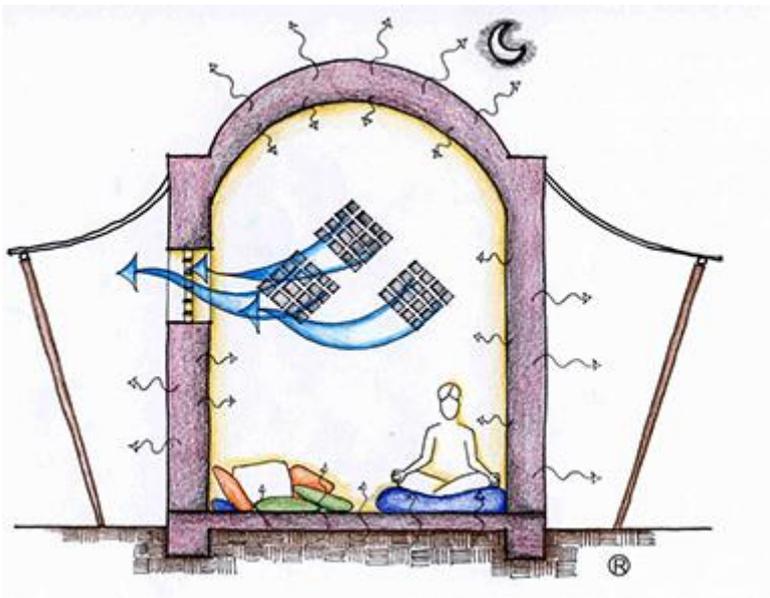
armazenar calor, induzindo a temperatura interna a uma defasagem e amortecimento em relação a temperatura externa. A edificação durante o verão absorve o calor, mantendo a edificação confortável; enquanto no inverno, se bem orientado, armazena o calor para liberá-lo à noite, auxiliando a edificação a permanecer aquecida (PROJETEEE, 2005).

Figura 13 - Inércia térmica para aquecimento



Fonte: ProjetEEE

Figura 14 - Inércia térmica para resfriamento



Fonte: ProjetEEE

O uso da estratégia de alta inércia na envoltória, se dará à medida que a ventilação natural ocorra através dos ambientes internos. Sendo restringida ao longo do dia, uma vez que, com a ventilação, a temperatura interna tende a aumentar, variando de acordo com o meio

externo diretamente, sem o atraso térmico característico do fluxo de calor através das paredes e teto (*id ibid.*).

A capacidade térmica do material juntamente com seu atraso térmico, são propriedades fundamentais na escolha do material a ser utilizado nos componentes na envoltória, tendo em vista suas respectivas orientações solares e a resposta térmica desejada.

### 2.3.4 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

O território brasileiro foi dividido em oito zonas conforme a análise de dados climáticos obtidos entre 1931 a 1990. Sua classificação se deu por intermédio da Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil e está definido na NBR 15.220: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. A NBR traz a classificação de cidades, cujo parâmetros utilizados foram as condições de conforto para o tamanho e proteção de aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo (ProjeteEEE, s.d).

Zona 1: As recomendações construtivas são o uso de aberturas com dimensões médias, sombreamento nas aberturas de forma a permitir o sol do inverno. As paredes e coberturas com materiais de inércia térmica leve, utilizar isolamento térmico nas coberturas. As estratégias bioclimáticas são o uso de aquecimento solar, com materiais de grande inércia térmica nas vedações internas. A norma adverte que apenas o condicionamento passivo não será suficiente nos períodos mais frios do ano.

Zona 2: Recebe as mesmas recomendações construtivas da zona 1, incluindo a necessidade de ventilação cruzada no verão. Como ocorre na Zona 1, a norma adverte que apenas o condicionamento passivo não será suficiente nos períodos mais frios do ano.

Zona 3: Recebe as mesmas recomendações construtivas da zona 2, incluindo o uso de paredes externas leves e refletoras a radiação solar.

Zona 4: As recomendações construtivas são o uso de aberturas médias, sombreamento nas aberturas durante todo o ano, paredes pesadas e coberturas leve com isolamento térmico. As estratégias bioclimáticas são o resfriamento evaporativo, a inércia térmica para o resfriamento, a ventilação seletiva no verão, o aquecimento solar e grande inércia térmica nas vedações internas para o período de frio.

Zona 5: As recomendações construtivas são para janelas de tamanho médio com sombreamento, paredes leves e refletoras e coberturas leves isoladas termicamente. Como estratégias bioclimáticas recomenda-se o uso de ventilação cruzada no verão e de vedações internas pesadas, com grande inércia térmica no inverno.

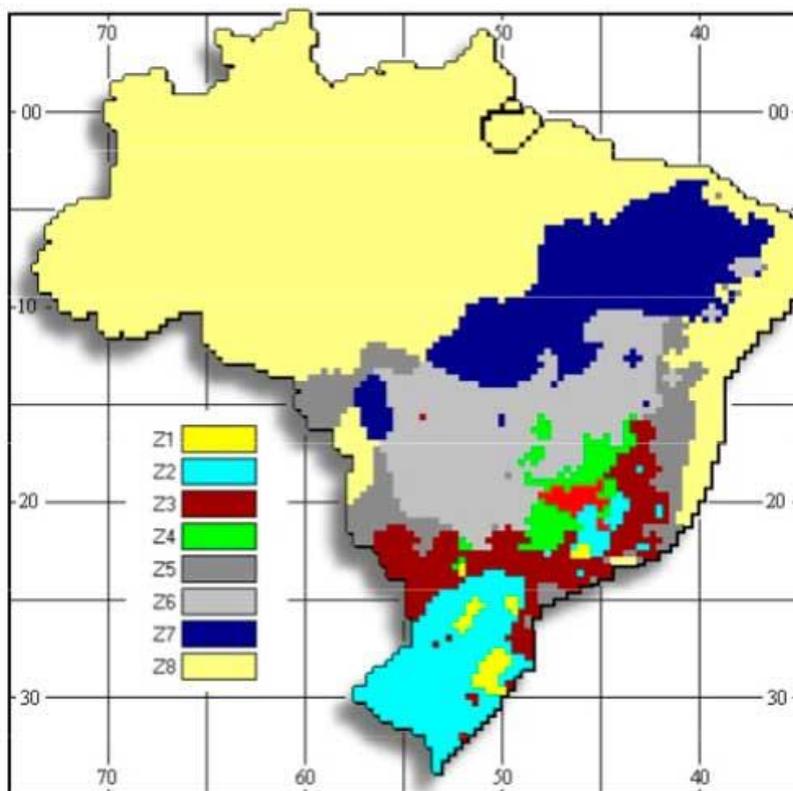
Zona 6: As recomendações construtivas são o uso de aberturas médias sombreadas, paredes pesadas, coberturas leves com isolamento térmico. As estratégias bioclimáticas são de resfriamento evaporativo e ventilação seletiva no verão, e vedações internas pesadas no inverno.

Zona 7: As recomendações construtivas são para aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, o uso de paredes e de coberturas pesadas. As estratégias bioclimáticas são de resfriamento evaporativo e ventilação seletiva no verão.

Zona 8: As recomendações construtivas são para aberturas grandes e totalmente sombreadas, o uso de paredes e coberturas leves e refletoras. A estratégia bioclimática recomendada é o uso de ventilação cruzada o ano todo. A norma adverte que apenas o condicionamento passivo não será suficiente durante as horas mais quentes (Bioclimatismo, s.d).

Considerando que o Brasil possui uma diversidade climática, o Zoneamento sugere que uma edificação localizada na Zona 1, deve utilizar uma linguagem arquitetônica diferenciada de uma edificação localizada na Zona 8. O que não acontece de verdade, pois é possível encontrar uma padronização na concepção arquitetônica, visto que, para se obter o conforto térmico é necessário utilizar ar condicionado, aquecedores, entre outras soluções que acabam consumindo mais energia.

Figura 15 - Zonas bioclimáticas



Fonte: Bioclimatismo

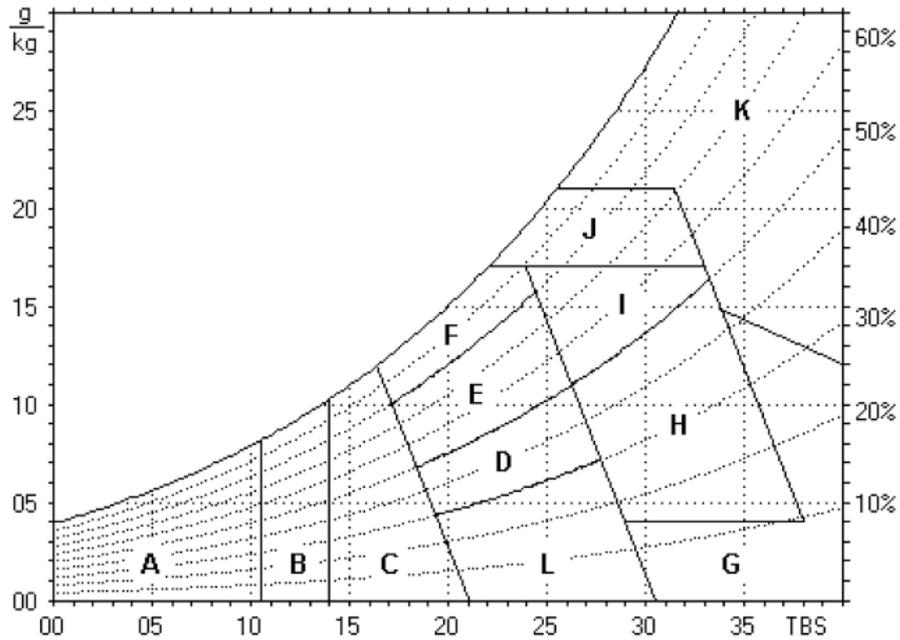
Para cada zona na Carta Bioclimática de Givoni, uma letra corresponde a uma Área para Estratégias Bioclimáticas, onde apresenta orientações iniciais, diretrizes construtivas e formas para elaborar uma arquitetura que seja adaptada ao local.

Conforme figura 16, são apresentadas as áreas indicadas pelas letras que correspondem as Zonas Bioclimáticas, que dão origem as Estratégias Bioclimáticas, são elas:

- A – zona de aquecimento artificial (calefação);
- B – zona de aquecimento solar da edificação;
- C – zona de massa térmica para aquecimento;
- D – zona de conforto térmico (baixa umidade);
- E – zona conforto térmico pleno;
- F – zona de desumidificação (renovação de ar);
- G + H – zona de resfriamento evaporativo;
- H + I – zona de massa térmica de refrigeração;
- I + J – zona de ventilação;

K – zona de refrigeração artificial;  
 L – zona de umidificação do ar. (Bioclimatismo, s.d).

Figura 16 - Carta bioclimática de Givoni



Fonte: Bioclimatismo

Para cada zona na Carta Bioclimática de Givoni, uma letra corresponde a uma Área para Estratégias Bioclimáticas, onde apresenta orientações iniciais, diretrizes construtivas, formas para elaborar uma arquitetura que seja adaptada ao local.

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa combina a aplicação de metodologias dedutivas e indutivas para alcançar os objetivos propostos, que se aplica a pesquisa do tipo exploratória, onde visa proporcionar a familiarização com o problema, visando torná-lo explícito ou a construir hipóteses (Silva e Menezes, 2005).

O método da pesquisa, trata-se de um estudo de caso, que aborda um fenômeno atual. Levando-se em consideração como ou porque o fenômeno acontece. Segundo Silva e Menezes (2005) “envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento”.

Assim, a partir de premissas estabelecidas na teoria de arquitetura bioclimática e em requisitos de desempenho térmico de edificações, deduzem-se práticas de projeto aptas a aprimorar os resultados de edificações residenciais.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

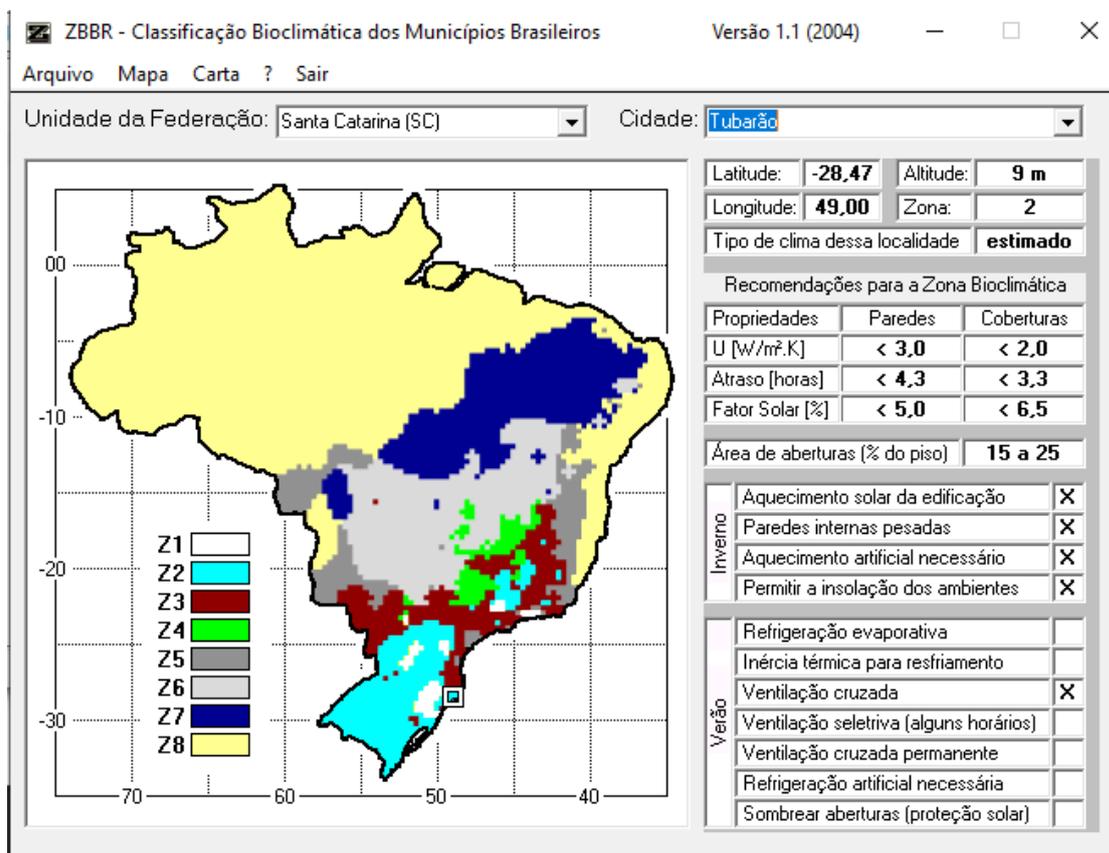
Para esta pesquisa, foi analisado um projeto de residências incorporado ao programa Minha Casa Minha Vida. Onde são apresentadas as mudanças arquitetônicas e sugestões de melhorias tecnológicas para que assim possa se obter um melhor desempenho térmico, melhorando o conforto dos moradores e gerando uma economia geral de energia.

Para a avaliação do desempenho das residências, adota-se a utilização dos métodos prescritivos propostos pelo Programa de Etiquetagem Brasileiro, em especial o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), juntamente com os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC).

O projeto utilizado no estudo é uma edificação residencial multifamiliar e está localizado na Rua Projetada 2, no loteamento São Martinho, município de Tubarão, Santa Catarina. Possui 2 blocos, cada bloco contendo dois pavimentos, sendo um destinado para o térreo e outro para o pavimento tipo. Cada pavimento possui 2 apartamentos, com divisão idêntica, espelhados entre si, totalizando 4 apartamentos por bloco.

Segundo o Anexo A da NBR 15.220-3 de 2005 e com o auxílio do software de Zoneamento Bioclimático do Brasil (ZBBR), é possível identificar que o edifício está localizado na Zona Bioclimática 2.

Figura 17 - Software ZBBR



Fonte: LabEEEL

Como o estudo é realizado em fase de projeto, o mesmo não consta nenhum detalhamento de tabela de esquadrias, descrição dos materiais construtivos ou os tipos de aberturas e vidros a serem utilizados na edificação. Estes foram baseados por meio do Anexo V do RAC e II do RTQ-R e no conhecimento do autor.

Para avaliar o maior potencial de ganho possível destas residências, foram testadas, considerando o estado inicial das unidades habitacionais, como a pior combinação de materiais construtivos escolhidas de acordo com o Anexo V do RAC e com o projeto arquitetônico original. Após uma nota ser definida para esta configuração, mudanças serão testadas e avaliadas buscando melhorar ao máximo o desempenho das residências.

### 3.1.1 ENVOLTÓRIA

Conforme prescrito no regulamento do RTQ-R e a zona bioclimática 2 (ZB2), na qual a cidade de Tubarão se localiza, 65% do peso da avaliação do desempenho térmico é atribuído a envoltória, sendo assim a maior responsável pela nota final da unidade habitacional.

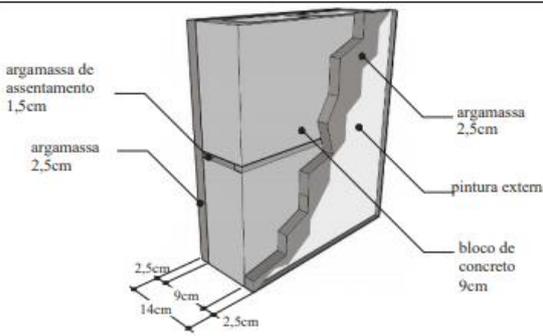
O projeto utilizado não especifica os tipos de materiais construtivos. Apenas que será utilizado bloco de concreto e a espessura total da parede será estipulada em 15 centímetros. Para a determinação da transmitância, capacidade térmica e absorvância dos elementos construtivos, utilizou-se o Anexo V do RAC, o qual contém uma lista de diferentes materiais com suas respectivas propriedades.

### 3.1.1.1 Paredes

A escolha dos materiais sendo os melhores e os piores, foi baseado no conhecimento do autor. Para as paredes, limitou-se a escolha para bloco de concreto com reboco nas duas faces e sem camada isolante.

Como situação inicial, a escolha se deu por semelhança ao referencial 1 do Anexo V do RAC, apresentando 14 cm de espessura, bloco de concreto de dimensões 9x19x39 cm e reboco nas duas faces, conforme figura 18.

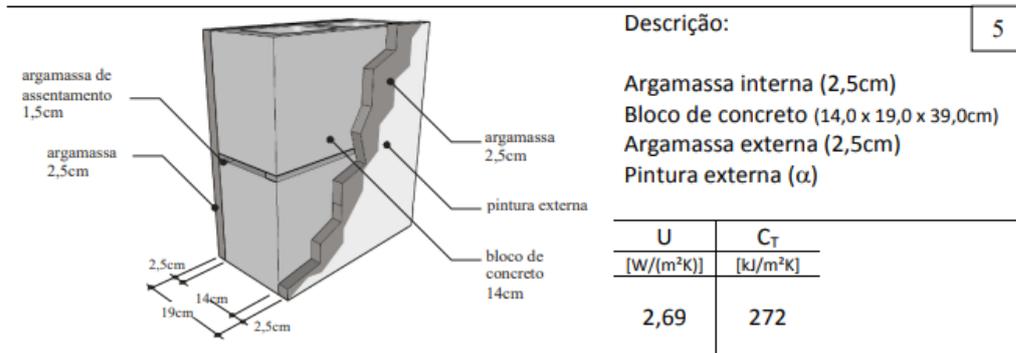
Figura 18 - Paredes situação inicial

	Descrição:	1					
	Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa ( $\alpha$ )						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th><math>C_T</math></th> </tr> <tr> <th>[W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2,78</td> <td style="text-align: center;">209</td> </tr> </tbody> </table>	U	$C_T$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]	2,78	209
U	$C_T$						
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]						
2,78	209						

Fonte: Anexo V do RAC

Conforme a Zona Bioclimática, recomenda-se a utilização de materiais com maior capacidade térmica, sendo assim, mantendo a configuração inicial de bloco de concreto com reboco nas duas faces. A parede que apresenta o melhor desempenho é a de 19 centímetros de espessura, com bloco de concreto com dimensões de 14x19x39 cm, reboco nas duas faces, referencial 5 do Anexo V do RAC.

Figura 19 - Paredes com novo material construtivo

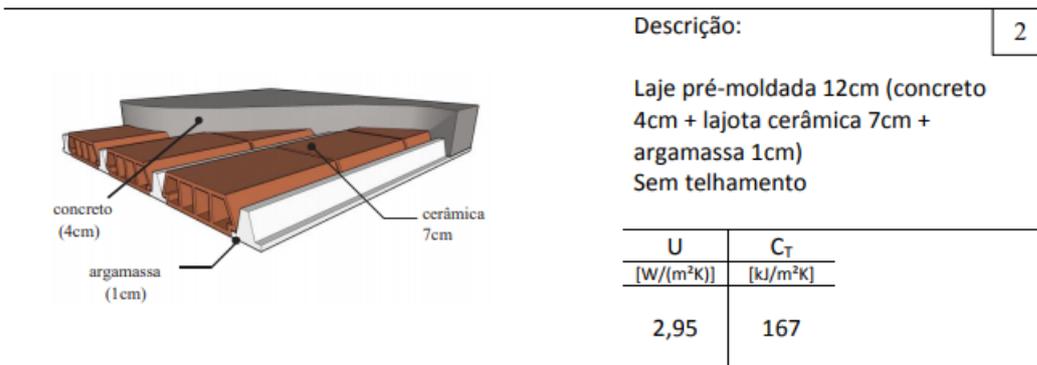


Fonte: Anexo V do RAC

### 3.1.1.2 Cobertura

Para as coberturas é comum a utilização de laje pré-moldada sem telhamento. Sendo essa a pior situação recomendada para o projeto, encontra-se no referencial 2 do Anexo V do RAC.

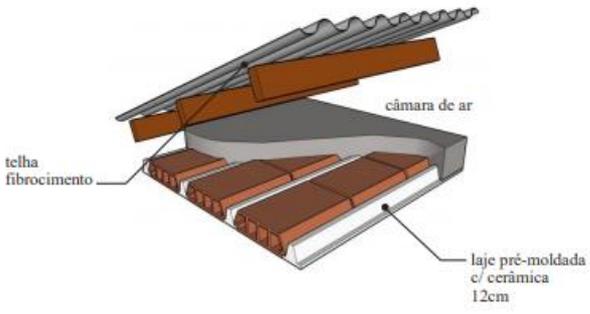
Figura 20 - Cobertura situação inicial



Fonte: Anexo V do RAC

Para que se obtenha um melhor desempenho na edificação, recomenda-se a utilização do referencial 10, sendo também laje pré-moldada, com telhamento e câmara de ar.

Figura 21 - Cobertura com novo material construtivo

 <p>telha fibrocimento</p> <p>câmara de ar</p> <p>laje pré-moldada c/ cerâmica 12cm</p>	<p>Descrição:</p> <p>Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm)</p> <p>Câmara de ar (&gt; 5,0 cm)</p> <p>Telha fibrocimento 0,8cm</p>	10					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>T</sub></th> </tr> <tr> <th>[W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1,79</td> <td style="text-align: center;">180</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>T</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]	1,79	180
U	C <sub>T</sub>						
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]						
1,79	180						

Fonte: Anexo V do RAC

### 3.1.1.3 Cor e Absortância

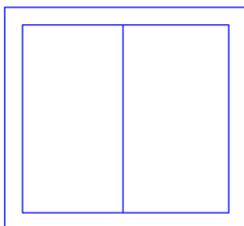
Conforme informado anteriormente, não há descrição em projeto quanto aos materiais construtivos. Dessa forma, a cor das paredes e coberturas foram escolhidas para a pior situação, sendo uma cor escura com valor de absorvância 74,5. Para a situação de melhor desempenho foi utilizado uma cor clara, com valor de absorvância 33,6. Para fins de referência, o Anexo V do RAC traz a cor escura sendo Concreto e a cor clara sendo Marfim.

### 3.1.1.4 Janelas

O projeto apresenta apenas as dimensões das janelas, não especificando seu modelo. Para isso, a escolha será baseada no conhecimento do autor de edificações já executadas.

As janelas apresentadas com todas as folhas de vidro foram consideradas como janelas de correr ou deslizante, com 2 folhas e seus fatores de iluminação e ventilação foram extraídos do Anexo II do RTQ-R, sendo 80% abertura para iluminação natural e 45% abertura para ventilação natural.

Figura 22 - Detalhe da janela utilizada no projeto



Fonte: Projeto

Para a situação inicial, serão utilizadas as janelas prescritas no projeto, com seus respectivos fatores de iluminação e ventilação. Para a situação de melhor desempenho, estas serão trocadas por janelas de correr ou deslizante, com 3 folhas, sendo 2 venezianas, onde seu fator de iluminação e ventilação natural se dá em 45%, dessa forma atendendo as recomendações da zona bioclimática.

#### 3.1.1.5 Vidros

A Zona Bioclimática 2 leva em consideração a transmitância dos vidros para que se obtenha a pontuação final. Para tal finalidade, o valor de transmitância é retirado do Anexo V do RAC, onde encontra-se a propriedade térmica dos vidros.

Para a situação inicial, sendo ela a pior, considerou-se um vidro com transmitância de 5,792 W/m<sup>2</sup> e para a situação de melhor desempenho, um vidro duplo com transmitância de 3,225 W/m<sup>2</sup>.

### 3.1.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA

O aquecimento de água da unidade habitacional corresponde a 35% do resultado da pontuação final da avaliação de desempenho térmico, conforme o regulamento do RTQ-R.

Para a unidade habitacional estudada, leva-se em consideração a utilização de um sistema de aquecimento de água por chuveiro elétrico, com potência de 7.000W. Sendo este, classificado como eficiência E, segundo o regulamento, conforme figura 23.

Figura 23 - Eficiência dos aparelhos

**A classificação dos aparelhos recebe eficiência:**

- D, para aparelhos com potência  $P \leq 4.600$  W;
- E, para aparelhos com potência  $P > 4.600$  W.

Fonte: Regulamento RTQ-R

É atribuído um chuveiro com essa potência, pois a cidade de Tubarão possui um clima relativamente frio, necessitando assim de um chuveiro com potência maior que 4.600 W. Portanto, atribui-se pontuação 1,00 para o sistema de aquecimento de água. Embora seja possível utilizar um aparelho com menor potência para que se tenha um melhor desempenho, essa escolha se dá contra o conforto dos moradores, visto a região em que a unidade se encontra. Para a melhor situação, a opção é utilizar um sistema de aquecimento solar de água.

### **3.1.3 BONIFICAÇÕES**

São iniciativas que aumentam a eficiência da unidade habitacional e podem receber até um ponto na classificação geral, somando os pontos obtidos por meio das bonificações, segundo o RTQ-R.

As bonificações podem ser obtidas através da ventilação e iluminação natural, uso racional de água, uso de ar condicionado, iluminação artificial, entre outros descritos no RTQ-R.

Para a situação inicial, sendo ela a pior, a bonificação considerada é apenas a inerente ao projeto arquitetônico, como o índice de porosidade. Para a situação de melhor desempenho, leva-se em consideração a entrega da unidade com equipamentos com ENCE nível A.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a avaliação de desempenho térmico da Unidade Habitacional apresentada no Anexo I, utilizou-se o método prescritivo da RTQ-R, com o auxílio da planilha de cálculo do desempenho da UH disponível no site da PBEEduca.

### 4.1 AVALIAÇÃO DA UH

Antes da realização do preenchimento da planilha de cálculo, um levantamento de áreas de abertura foi desenvolvido para que, assim, possa se obter as dimensões e os fatores de iluminação e ventilação, conforme o Anexo II do RTQ-R, e assim, aplicá-los na planilha.

Para a avaliação da UH é necessário determinar o Ambiente de Permanência Prolongada (APP). No projeto estudado, utilizou-se o apartamento 201, bloco A, visível no Anexo B, para o levantamento de dados e análise de desempenho. O ambiente estudado possui áreas que englobam Sala de Jantar e Estar, Quarto Menor e Quarto Maior.

#### 4.1.1 Ambientes de Permanência Prolongada

Como o apartamento encontra-se no primeiro pavimento, não possui contato com o solo e não está sob pilotis, atribui valor 0 para os dois quesitos.

O ambiente possui fechamento superior voltado para o exterior (cobertura), sendo assim, recebe valor 1.

As paredes externas em situação inicial foram consideradas com absorvância 0,75, capacidade térmica de 209 kJ/m<sup>2</sup>K e transmitância de 2,78 W/m<sup>2</sup>K e não possuem nenhum tipo de isolamento, sendo assim, recebe valor 0 nesse quesito.

A cobertura em situação inicial considerou-se absorvância 0,75, capacidade térmica de 167 kJ/m<sup>2</sup>K e transmitância de 2,95 W/m<sup>2</sup>K.

Para definição da CT<sub>alta</sub> e CT<sub>baixa</sub>, é necessário efetuar uma média ponderada da capacidade térmica das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. O valor final situa-se entre 50 kJ/m<sup>2</sup>K e 250 kJ/m<sup>2</sup>K, portanto, o valor será 0 tanto para CT<sub>alta</sub> quanto para CT<sub>baixa</sub>.

Os vidros foram considerados como simples, neste caso, recebe valor 0, e sua transmitância possui 5,792 W/m<sup>2</sup>K.

As áreas foram retiradas do projeto com auxílio do software AutoCAD.

Com os respectivos valores descritos acima, torna-se possível o preenchimento da planilha de cálculo e, assim, obtêm-se a classificação e a pontuação dos ambientes.

Tabela 1 - Desempenho das APP da UH, situação inicial

<b>Zona Bioclimática</b>	<b>ZB</b>	<b>Unidade</b>	<b>ZB2</b>	<b>ZB2</b>	<b>ZB2</b>
<b>Ambiente</b>	Identificação Área útil do APP	adimensional m <sup>2</sup>	Estar/Jantar 14,62	Quarto Menor 7,50	Quarto Maior 10,95
<b>Situação do piso e cobertura</b>	Cobertura	adimensional	1,00	1,00	1,00
	Contato com o solo	adimensional	0,00	0,00	0,00
	Sobre pilotis	adimensional	0,00	0,00	0,00
<b>Cobertura</b>	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	2,95	2,95	2,95
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	167,00	167,00	167,00
	$\alpha$ cob	adimensional	0,75	0,75	0,75
<b>Paredes Externas</b>	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2,78	2,78	2,78
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	209,00	209,00	209,00
	$\alpha$ par	adimensional	0,75	0,75	0,75
<b>Característica Construtiva</b>	CTbaixa	binário	0,00	0,00	0,00
	CTalta	binário	0,00	0,00	0,00
<b>Áreas de Paredes Externas do Ambiente</b>	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	9,24	5,95
	LESTE	m <sup>2</sup>	5,88	0,00	2,63
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,52	0,00
<b>Áreas de aberturas externas</b>	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	1,00	0,00	0,45
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,45	0,00
<b>Características das Aberturas</b>	Fvent	adimensional	0,50	0,50	0,50
	Somb	adimensional	0,20	0,00	0,00
<b>Características Gerais</b>	Área das Paredes	m <sup>2</sup>	22,62	26,70	32,91
	Pé Direito	m <sup>2</sup>	2,70	2,70	2,70
	C altura	adimensional	0,185	0,360	0,247
<b>Características de Isolamento Térmico para ZB1 e ZB2</b>	isol	binário	0,00	0,00	0,00
	vent	binário	0,00	0,00	0,00
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	5,792	5,792	5,792
<b>Indicador de Graus-Hora para Resfriamento</b>	GHR	°C.h	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
			<b>11149</b>	<b>12522</b>	<b>11586</b>
<b>Consumo Relativo Para Aquecimento</b>	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
			<b>12,771</b>	<b>16,861</b>	<b>14,538</b>
<b>Consumo Relativo Para Refrigeração</b>	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	<b>Não se aplica</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
			<b>0,00</b>	<b>45,280</b>	<b>32,962</b>

Fonte: Projeto, 2019.

#### 4.1.2 Análise pré-requisitos da Envoltória

Cada zona bioclimática possui seus requisitos que devem ser seguidos e respeitados. Após o preenchimento da planilha de cálculo e a obtenção dos resultados, torna-se necessário a verificação dos pré-requisitos, se estão sendo atendidos ou não.

##### 4.1.2.1 Capacidade Térmica e Transmitância

Conforme consta no regulamento da RTQ-R, a tabela 3.1 traz, como referência, os requisitos da capacidade térmica e transmitância para cada zona. A ZB2 exige uma capacidade térmica maior ou igual a 130 kJ/m<sup>2</sup>K e uma transmitância térmica menor ou igual 2,50 W/m<sup>2</sup>K para as coberturas e 2,30 W/m<sup>2</sup>K para as paredes, conforme figura abaixo.

Figura 24 - Pré-requisitos ZB2

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m <sup>2</sup> K)]	Capacidade térmica [kJ/(m <sup>2</sup> K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência

Fonte: NBR 15.575-4, NBR 15.575-5 e NBR 15220-3

Em caso de não atendimento a esse pré-requisito, implica em uma nota no máximo de nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para refrigeração, aquecimento e resfriamento.

#### 4.1.3 Análise pré-requisitos de Iluminação e Ventilação

Para atender os pré-requisitos da iluminação natural, o acesso em ambientes de permanência prolongada deve se dar por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas deve corresponder a 12,5% da área útil do ambiente, sendo igual ou maior a este valor.

Os ambientes de permanência prolongada devem atender ao percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação, conforme a tabela 3.2 do RTQ-R. Para a ZB2, o percentual de abertura para ventilação em relação à área do piso deve ser maior ou igual a 8%, conforme figura 25.

Figura 25 - Pré-requisitos de ventilação

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

Fonte: Adaptado de NBR 15575-4

Também deve possuir sistema de aberturas compreendido pelas aberturas externas e internas que proporcionem a ventilação cruzada.

Caso estes pré-requisitos não sejam cumpridos, a nota a ser obtida será de no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento, aquecimento e refrigeração.

Na situação inicial do projeto, é possível observar que apenas a Sala Estar/Jantar atende ao pré-requisito de iluminação natural. Em relação a ventilação natural, todos os APPs não atendem a porcentagem de abertura mínima para ventilação, mas atendem o pré-requisito de fechamento.

Tabela 2 - Pré-requisitos por ambiente

(continua)

Pré-Requisitos por ambiente						
Ambiente			Sala Estar/Jantar	Quarto menor	Quarto maior	
Pré-Requisitos da envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	209	209	209	
		Upar, CTpar e $\alpha$ par	Não	Não	Não	
	Cobertura	Ucob, CTcob e $\alpha$ cob atendem?	Não	Não	Não	
		Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim
			Há corredor no ambiente?	Não	Não	Não
		Se sim, qual é a Auamb sem contar a área deste corredor?				
	Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	2	0,9	0,9	
		Ai/Auamb (%)	13,68	12,00	8,22	
		Atende 12,5%?	Sim	Não	Não	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação [m <sup>2</sup> ]	1	0,45	0,45	
		Av/Auamb (%)	6,84	6	4,11	
		Atende % mínima?	Não	Não	Não	
		Tipo de abertura	Projeto	Projeto	Projeto	

(conclusão)

Pré-Requisitos por ambiente					
Pré-Requisitos da envoltória	Ventilação Natural	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

Fonte: Projeto,2019.

#### 4.1.4 Análise pré-requisitos da UH

Para que a UH tenha um melhor desempenho, é necessário que exista medição individualizada de água, de energia e que possua ventilação cruzada. Caso estes pré-requisitos não sejam cumpridos, a UH recebe nota máxima “C” no equivalente numérico da envoltória. A edificação possui medidores individuais de água e energia, atendendo a este pré-requisito.

Segundo o RTQ-R, para satisfazer a condição de ventilação cruzada, a soma das áreas efetivas das janelas em 3 das fachadas restantes, devem superar 25% da área de aberturas da fachada com maior ventilação. A edificação atende este pré-requisito.

Os resultados da análise dos pré-requisitos da unidade habitacional estão mostrados na tabela 3.

Tabela 3 - Pré-requisito da UH

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	0
		Área aberturas orientação Leste	1,45
		Área aberturas orientação Oeste	1,25
		A2/A1	0,862068966
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com ventilação natural	Nº BWC	1
		Número de banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Fonte: Projeto,2019.

#### 4.1.5 Análise pré-requisitos Aquecimento de Água

Conforme o item 3.2.2.4 do RTQ-R para aparelhos com potência  $P > 4.600 \text{ W}$ , recebe classificação “E”. Sendo assim, por ser uma região fria, adota-se o uso de aparelhos com essa potência.

#### 4.1.6 Análise pré-requisitos Bonificações

A análise dos pré-requisitos das Bonificações na situação inicial, se dará apenas através da ventilação e da iluminação, visto que, a edificação é entregue sem equipamentos instalados. A unidade habitacional não atende aos pré-requisitos de bonificações por ventilação, conforme tabela abaixo.

Tabela 4 - Pré-requisitos bonificações

<b>Bonificações</b>			
<b>Bonificação Ventilação Natural</b>	<b>Porosidade</b>	ATAVN (m <sup>2</sup> )	0
		AATVS (m <sup>2</sup> )	0
		AATVL (m <sup>2</sup> )	1,45
		AATVO (m <sup>2</sup> )	1,65
		ATFN (m <sup>2</sup> )	20,99
		ATFS (m <sup>2</sup> )	20,99
		ATFL (m <sup>2</sup> )	19,46
		ATFO (m <sup>2</sup> )	19,46
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20%
		Porosidade Norte	0%
		Porosidade Sul	0%
		Porosidade Leste	7,50%
		Porosidade Oeste	8,50%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
Bonificação	0		
<b>Bonificação Iluminação Natural</b>	<b>Profundidade</b>	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P < 2,4 \text{ h}$	Não
		Bonificação	0
<b>Outras Bonificações</b>	<b>Medição Individualizada de Aquecimento de Água</b>	Apresenta medição individualizada de água quente?	Sim
		Bonificação	0,1
<b>Total Bonificações</b>			<b>0,1</b>

Fonte: Projeto,2019.

Alguns ambientes não satisfazem o critério de profundidade de ambientes, sendo assim, não recebem nenhum ponto de bonificação.

A pontuação por bonificação é calculada através da equação 2.1 do RTQ-R e seus coeficientes são retirados da Tabela 2.3 do RTQ-R, de acordo com a região na qual a edificação se localiza.

A edificação encontra-se na Região Sul, dessa forma recebe coeficiente  $a = 0,65$  e a equação será:

$$PT_{UH} = (0,65 \times EqNumEnv) + [(1 - 0,65) \times EqNumAA] + Bonificações$$

Onde:

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

$EqNumEnv$  = equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da uh quando ventilada naturalmente, visto no item 3.1.1;

$EqNumAA$  = equivalente numérico do sistema de aquecimento de água, visto no item 3.1.2;

Bonificações = pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, visto no item 3.1.3.

Após o levantamento de todos os pré-requisitos da UH, a mesma obteve uma nota final de 1,38, recebendo classificação “E”.

Tabela 5 - Desempenho da UH

<b>Pontuação Total</b>	Identificação	
	Envoltória para o Verão	E 1,00
	Envoltória para o Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 0,00
	Equivalente numérico da Envoltória	D 2,12
	Envoltória se refrigerada artificialmente	E 1,00
	Bonificações	0,10
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65
	<b>Classificação final da UH</b>	<b>E</b>
<b>Pontuação Total</b>	<b>1,48</b>	

Fonte: Projeto,2019.

#### **4.1.7 Resultados**

É perceptível que, a unidade habitacional, em sua maioria, recebeu no máximo nota “C” por falharem nos requisitos de iluminação e ventilação após a verificação dos pré-requisitos das envoltórias. Ocasionalmente assim, a diminuição no nível de eficiência energética.

#### **4.2 PROPOSTA DAS MODIFICAÇÕES**

Após a análise de desempenho da unidade habitacional em seu estado inicial, é possível observar que os ambientes de permanência prolongada, não satisfazem em sua maioria o mínimo exigido de ventilação e iluminação. Em consequência disso, recebem notas limitadas em “C” para as envoltórias de resfriamento, aquecimento e refrigeração, apresentando uma nota final baixa.

Tendo em vista esses pré-requisitos, a primeira modificação foi a adequação das áreas de ventilação e iluminação, respeitando os limites mínimos exigidos. Para isso, serão propostas mudanças nos tipos de abertura nos APPs, bem como suas dimensões. Para uma melhor ventilação cruzada e iluminação, as janelas também poderão sofrer alterações, aproveitando um melhor conforto térmico tendo em vista a zona bioclimática.

Melhorias no material construtivo também serão propostos, salientando aumentar a inércia térmica para aquecimento e a capacidade térmica dos materiais.

Após as propostas de mudança, a unidade habitacional foi avaliada buscando melhorar ao máximo o desempenho.

##### **4.2.1 Modificações em aberturas**

Com o intuito de se obter um melhor desempenho, as janelas serão modificadas para que se permita maior ventilação e iluminação.

A janela proposta para a edificação em estudo foi a de correr de 3 folhas, com 2 venezianas que, segundo o Anexo II do RTQ-R, possui 45% de abertura para iluminação e 45% de abertura para ventilação.

#### **4.2.2 Modificações na cor**

A cor definida pelo autor que representa um melhor desempenho térmico em relação a situação inicial, é a cor Marfim de transmitância 33,6, sendo aplicadas para paredes e cobertura.

#### **4.2.3 Modificações no Sombreamento**

Para o índice de sombreamento para o Quarto Menor e o Quarto Maior, considerou-se a utilização de venezianas, que são capazes de sombrear as janelas por completo.

#### **4.2.4 Modificações no material construtivo**

A mudança nos materiais construtivos se deu nas paredes, cobertura e vidro, conforme descrito na metodologia. Optou-se por materiais com capacidade térmica maior e vidros duplos, por ser uma solicitação da zona bioclimática 2 e por estar localizado em uma região fria.

#### **4.2.5 Modificações nas bonificações**

Atribuiu-se o uso de equipamentos de iluminação com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes, gerando um ganho de 0,1 nas bonificações que compõem a nota final.

#### **4.2.6 Modificações no aquecimento de água**

Tendo em vista que, na região Sul, onde está localizado o projeto em estudo, o sistema de aquecimento de água é responsável por 35% da nota final do desempenho da unidade. A utilização de um melhor sistema de aquecimento de água é necessária para aumentar o nível de desempenho.

A opção sugerida é a de um sistema de aquecimento solar, composto por coletores solares (placas) e um reservatório térmico chamado de Boiler. A absorção da radiação solar é feita pelas placas e o calor solar que é captado, é transferido para as tubulações, abastecendo a unidade.

O chuveiro elétrico fica como um sistema de aquecimento auxiliar, sendo a alternativa em casos em que o aquecimento solar não cumpra a demanda.

#### 4.3 RESULTADOS DAS MODIFICAÇÕES

Após a análise de desempenho da unidade habitacional com as modificações propostas, é possível observar que a unidade passou a receber nota máxima em “B”. Tendo como pontuação final de 3,90, sendo que sua pontuação anterior era de 1,48, com equivalente em “E”.

Vale ressaltar que, pequenas mudanças nas aberturas já tornaram a unidade mais eficiente. Aliado aos materiais construtivos, que permitiram que a edificação possuísse uma capacidade térmica maior e uma absorvância menor, seus níveis de eficiência tornaram a edificação com nível “B” e “C”. Os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 6 - Desempenho das APP da UH, situação final

(continua)

Zona Bioclimática	ZB	Unidade	ZB2	ZB2	ZB2
<b>Ambiente</b>	Identificação Área útil do APP	adimensional m <sup>2</sup>	Estar/Jantar 14,62	Quarto Menor 7,50	Quarto Maior 10,95
<b>Situação do piso e cobertura</b>	Cobertura	adimensional	1,00	1,00	1,00
	Contato com o solo	adimensional	0,00	0,00	0,00
	Sobre pilotis	adimensional	0,00	0,00	0,00
<b>Cobertura</b>	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	1,79	1,79	1,79
	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	180,00	180,00	180,00
	ucob	adimensional	0,34	0,34	0,34
<b>Paredes Externas</b>	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2,69	2,69	2,69
	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	272,00	272,00	272,00
	upar	adimensional	0,34	0,34	0,34
<b>Característica Construtiva</b>	CTbaixa	binário	0,00	0,00	0,00
	CTalta	binário	0,00	1,00	1,00
<b>Áreas de Paredes Externas do Ambiente</b>	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	9,24	5,95
	LESTE	m <sup>2</sup>	5,88	0,00	2,63
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	6,52	0,00
<b>Áreas de aberturas externas</b>	NORTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	SUL	m <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m <sup>2</sup>	1,00	0,00	0,45
	OESTE	m <sup>2</sup>	0,00	0,45	0,00
<b>Características das Aberturas</b>	Fvent	adimensional	0,50	0,50	0,50
	Somb	adimensional	0,20	1,00	1,00
<b>Características Gerais</b>	Área das Paredes	m <sup>2</sup>	22,62	26,70	32,91
	Pé Direito	m <sup>2</sup>	2,70	2,70	2,70
	C altura	adimensional	0,185	0,360	0,247

(conclusão)

Zona Bioclimática	ZB	Unidade	ZB2	ZB2	ZB2
Características de Isolamento Térmico para ZB1 e ZB2	isol	binário	0,00	0,00	0,00
	vent	binário	1,00	1,00	1,00
	Uvid	W/m <sup>2</sup> .K	3,225	3,225	3,225
Indicador de Graus-Hora para Resfriamento	GHR	°C.h	D	C	C
			7365	5723	4755
Consumo Relativo Para Aquecimento	CA	kWh/m <sup>2</sup> .ano	B	B	B
			16,733	27,673	20,760
Consumo Relativo Para Refrigeração	CR	kWh/m <sup>2</sup> .ano	Não se aplica	B	B
			0,00	7,742	9,370

Fonte: Modificada do Projeto, 2019.

Os ambientes de permanência prolongada, sofreram alterações quanto à capacidade térmica e transmitância nas paredes e coberturas. Assim como a cor utilizada, melhorando o indicador de Graus-hora para resfriamento e, conseqüentemente, o consumo relativo para aquecimento e refrigeração.

Os pré-requisitos da envoltória atenderam a quase todas as situações, mas falharam em outras como a iluminação natural, que deve atender em 12,5% e atendeu somente em 6,84% para todos os ambientes de permanência prolongada. Na ventilação natural não atende a porcentagem mínima, mas atende a abertura passível de fechamento.

Tabela 7 - Pré-requisitos da envoltória

(continua)

Pré-Requisitos por ambiente						
Pré-Requisitos da envoltória	Paredes externas	CT paredes externas	272	272	272	
		Upar, CTpar e apar	Não	Não	Não	
	Cobertura	Ucob, CTCob e acob atendem?	Sim	Sim	Sim	
		O ambiente é um dormitório?	Não	Sim	Sim	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	Há corredor no ambiente?	Não	Não	Não	
		Se sim, qual é a Auamb sem contar a área deste corredor?				
		Iluminação Natural	Área de abertura para iluminação [m <sup>2</sup> ]	1	0,45	0,45
	Ai/Auamb (%)		6,84	6	4,11	
	Atende 12,5%?		Não	Não	Não	

(conclusão)

<b>Pré-Requisitos da envoltória</b>	<b>Ventilação Natural</b>	Área de abertura para ventilação [m <sup>2</sup> ]	0,5	0,45	0,45
		Av/Auamb (%)	3,42	6	4,11
		Atende % mínima?	Não	Não	Não
		Tipo de abertura	Projeto	Projeto	Projeto
		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

Fonte: Modificada do Projeto,2019

Apesar de não atender a todos os pré-requisitos da envoltória para iluminação e ventilação, a unidade habitacional apresenta um melhor desempenho térmico em relação a situação inicial.

A proposta de bonificação para a unidade habitacional é a entrega da edificação com utilização de equipamentos de eficiência superiores a 75 lm/W, gerando um ganho de 0,1 na pontuação das bonificações.

A unidade apresenta medição individualizada de aquecimento de água, com isso, ganha 0,1 na pontuação das bonificações.

Tabela 8 - Pré-requisitos das bonificações

(continua)

		<b>Bonificações</b>	
<b>Bonificação Ventilação Natural</b>	<b>Porosidade</b>	ATAVN (m <sup>2</sup> )	0
		AATVS (m <sup>2</sup> )	0
		AATVL (m <sup>2</sup> )	1,45
		AATVO (m <sup>2</sup> )	1,65
		ATFN (m <sup>2</sup> )	20,99
		ATFS (m <sup>2</sup> )	20,99
		ATFL (m <sup>2</sup> )	19,46
		ATFO (m <sup>2</sup> )	19,46
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20%
		Porosidade Norte	0%
		Porosidade Sul	0%
		Porosidade Leste	7,50%
		Porosidade Oeste	8,50%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
Bonificação	0		

(conclusão)

<b>Bonificação Iluminação Natural</b>	<b>Profundidade</b>	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P < 2,4.h$	Não
		Bonificação	0
<b>Outras Bonificações</b>	<b>Medição Individualizada de Aquecimento de Água</b>	Apresenta medição individualizada de água quente?	Sim
		Bonificação	0,1
	<b>Iluminação Artificial</b>	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	100%
		Bonificação	0,1
<b>Total Bonificações</b>			<b>0,2</b>

Fonte: Modificada do Projeto, 2019.

Com a aplicação dessas bonificações, a pontuação final se dá em 0,2, aumentando em 0,1, referente a situação inicial proposta.

O uso de um sistema de aquecimento solar faz com que a unidade tenha um grande aumento no desempenho térmico, pois a fonte de energia é limpa, gratuita e inesgotável, sem a necessidade de uso da energia elétrica.

Tabela 9 - Pré-requisitos do sistema de aquecimento solar

<b>Aquecimento de Água</b>		
<b>Sistema de Aquecimento Solar</b>	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	1500
	Qual é a área de coletores solares existentes? (m <sup>2</sup> )	15
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m <sup>2</sup> )	100
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente a fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	0
	Classificação	<b>A</b>
	5	

Fonte: Modificada do Projeto, 2019.

Com esse sistema, a unidade habitacional recebe nível “A” e pontuação máxima de 5 pontos, elevando a classificação na pontuação final de desempenho térmico.

Tabela 10 - Pontuação final da UH

<b>Pontuação Total</b>	Identificação	
	Envoltória para o Verão	C 3,00
	Envoltória para o Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da Envoltória	C 3,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,20
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65
<b>Classificação final da UH</b>		<b>B</b>
<b>Pontuação Total</b>		<b>3,90</b>

Fonte: Modificada do Projeto,2019.

Após as propostas de modificações e a validação de todos os pré-requisitos da envoltória, a unidade habitacional obteve pontuação final de 3,90 e classificação nível “B”.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo, analisou um apartamento de uma edificação construída através do Programa Minha Casa Minha Vida na cidade de Tubarão/SC, seguindo o método proposto pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem. A unidade habitacional analisada foi classificada, em seu estado inicial, com seus dados retirados do projeto e, posteriormente, analisadas conforme as modificações propostas visando aumentar seu nível de eficiência energética.

A unidade em seu estado inicial apresentou um baixo desempenho, tendo como pontuação final o valor de 1,48, recebendo classificação “E”. Embora a pontuação se dê devido aos materiais construtivos de baixo desempenho, a principal causa de uma baixa pontuação inicial foram as limitações de ventilação e iluminação, que apresentavam aberturas insatisfatórias.

As aberturas poderiam ter sido substituídas por aberturas que apresentassem maior porcentagem de iluminação e ventilação, o que resultaria num custo maior ao empreendimento. Como a unidade é vendida através do Programa Minha Casa Minha Vida, a solução encontrada foi utilizar uma abertura mais econômica, com um desempenho que elevasse a edificação a nível “C”.

A proposta de modificação de mudança de cor e o uso de sombreamento, gerou um ganho para a pontuação final de desempenho, pois assim diminuiu a absorvância das paredes e coberturas. Assim como, elevou o índice de consumo relativo para aquecimento e refrigeração.

As mudanças nos materiais construtivos foram sutis e utilizaram as mesmas configurações. No caso das paredes, por exemplo, o uso de bloco de concreto e reboco nas duas faces permaneceu, alterando apenas as dimensões do bloco de concreto, o que influenciou na capacidade térmica e na transmitância. Nas coberturas, optou-se por cobrir a laje pré-moldada com telha fibrocimento e câmara de ar, resultando, assim, em um aumento da capacidade térmica, conseqüentemente melhorando o desempenho. Para os vidros, atribuiu-se um com menor transmitância térmica e sendo vidros duplos, conforme requer a zona bioclimática 2, melhorando assim, o desempenho térmico.

Após a aplicação de todas as mudanças realizadas, a unidade atinge seu máximo potencial de ganho na nota da envoltória. O ganho total equivale a 0,88 pontos, e eleva a classificação em um nível, de “D” para “C”. É válido ressaltar que se torna inviável um ganho maior dentro dos parâmetros definidos para essa análise, pois a unidade atinge um estado limite, onde necessita de ganho de bonificações e sistema de aquecimento de água para que sua classificação seja elevada.

Com o uso de iluminação artificial com selo PROCEL e medição individualizada de aquecimento de água, é possível obter 0,2 pontos em bonificações, com um ganho de 0,1 pontos na nota final das bonificações, tornando a unidade com melhor desempenho.

A alternativa de se utilizar um sistema de aquecimento solar, gera um grande impacto na pontuação final, pois faz com que a classificação seja nível “A”, atribuindo 5,00 pontos. Mesmo que sua instalação seja relativamente de custo maior, o sistema se pagará por meio da economia acumulada na conta de energia elétrica.

É importante ressaltar que, o ganho gerado com as modificações nas aberturas, materiais construtivos, troca de cor e adição de sombreamento, embora que pequenos se comparados ao sistema de aquecimento de água de alto desempenho, são adquiridos em baixo custo. Estes itens são imprescindíveis para melhorar o desempenho da unidade, sendo a escolha de responsabilidade do engenheiro responsável pelo projeto, que muitas vezes não recebem a atenção necessária devido ao processo de padronização de projetos.

Por fim, torna-se válido afirmar que a grande demanda de edificações beneficiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida, podem receber melhores desempenhos térmicos, proporcionando assim, um conforto a milhões de usuários e gerando uma grande economia de energia. A atenção dada pelo engenheiro ainda na fase de projeto, na escolha dos materiais, na alternativa de se utilizar um sistema de aquecimento de água e usufruir de bonificações, é capaz de gerar grandes ganhos para o desempenho da edificação.

Como sugestão torna-se viável a utilização de valores para determinar os custos relativos à obra e suas modificações para que assim possa se aplicar um melhor desempenho térmico sem o aumento do custo da obra.

## REFERÊNCIAS

- ARGUS CONTROL. **Sensores de presença de estranhos: tipos e como funcionam.** Disponível em: < <http://arguscontrol.com.br/blog/sensores-de-presenca/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- BIOCLIMATISMO. **Zoneamento bioclimático brasileiro.** Disponível em: <<http://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>>. Acesso em: 06 out. 2019.
- BOSA, Augusto Macarini. **Análise de Eficiência Energética de Projetos de Residências do Programa Minha Casa Minha Vida.** 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria 18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.** Rio de Janeiro, 2012.
- CARVALHO, Vinicius da Silva. **Método de Classificação quanto a eficiência energética em edificação e estudo de caso.** 104 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- CASADO, Marcos. **Prédio Verde: O que é isso?** Disponível em <<https://www.cimentoitambe.com.br/predio-verde-o-que-e-isso/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- D'AMICO, Fabiano. **O Programa Minha Casa, Minha Vida e a Caixa Econômica Federal.** Curitiba, Paraná, 2011.
- DRUMOND, Rejane. **Aproveitando iluminação e ventilação natural.** Disponível em: < <http://www.arquitetaresponde.com.br/aproveitando-iluminacao-e-ventilacao-natural/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- ELETROBRAS; INMETRO; CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações.** Rio de Janeiro, 2013.
- IESPE. **A iluminação com fibra ótica na Arquitetura e Design.** Disponível em: < <https://www.iespe.com.br/blog/iluminacao-com-fibra-otica/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- LIS, Laís. **Minha Casa Minha Vida completa 10 anos com quedas nas contratações.** Disponível em: < <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/03/25/minha-casa-minha-vida-completa-10-anos-com-queda-nas-contratacoes.ghtml>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- MOREIRA, Vinicius de Souza; SILVEIRA, Suely de Fátima Ramos; EUCLYDES, Filipe Maciel. **“Minha Casa Minha Vida” em números: quais conclusões podemos extrair?** João Pessoa, Paraíba, 2017.
- NUNES, Willian. **Minha Casa Minha Vida É Responsável por 72% do PIB do Setor de Imóveis.** Disponível em: < <http://goinggreen.com.br/2018/11/29/minha-casa-minha-vida-e-responsavel-por-72-do-pib-do-setor-de-imoveis/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

OAK ENERGIA. **História das Lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.oakenergia.com.br/blog/historia-das-lampadas/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

Programa Brasileiro de Etiquetagem. **PBE edifica**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PROJETEEE. **Inércia Térmica para Aquecimento**. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/estrategia/inercia-termica-para-aquecimento/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

RODRIGUES, Marcus Vinicius de Paiva. **Avaliação da eficiência energética de edificações residenciais em fase de projeto: Análise de desempenho térmico pelo método prescritivo e por simulação computacional aplicados a estudo de caso de projeto – Tipo do Exército Brasileiro**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, 2015.

SIENGE. **Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SOUZA, Isabela. **Entenda o Programa Minha Casa Minha Vida**. Disponível em <<https://www.politize.com.br/minha-casa-minha-vida-entenda/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

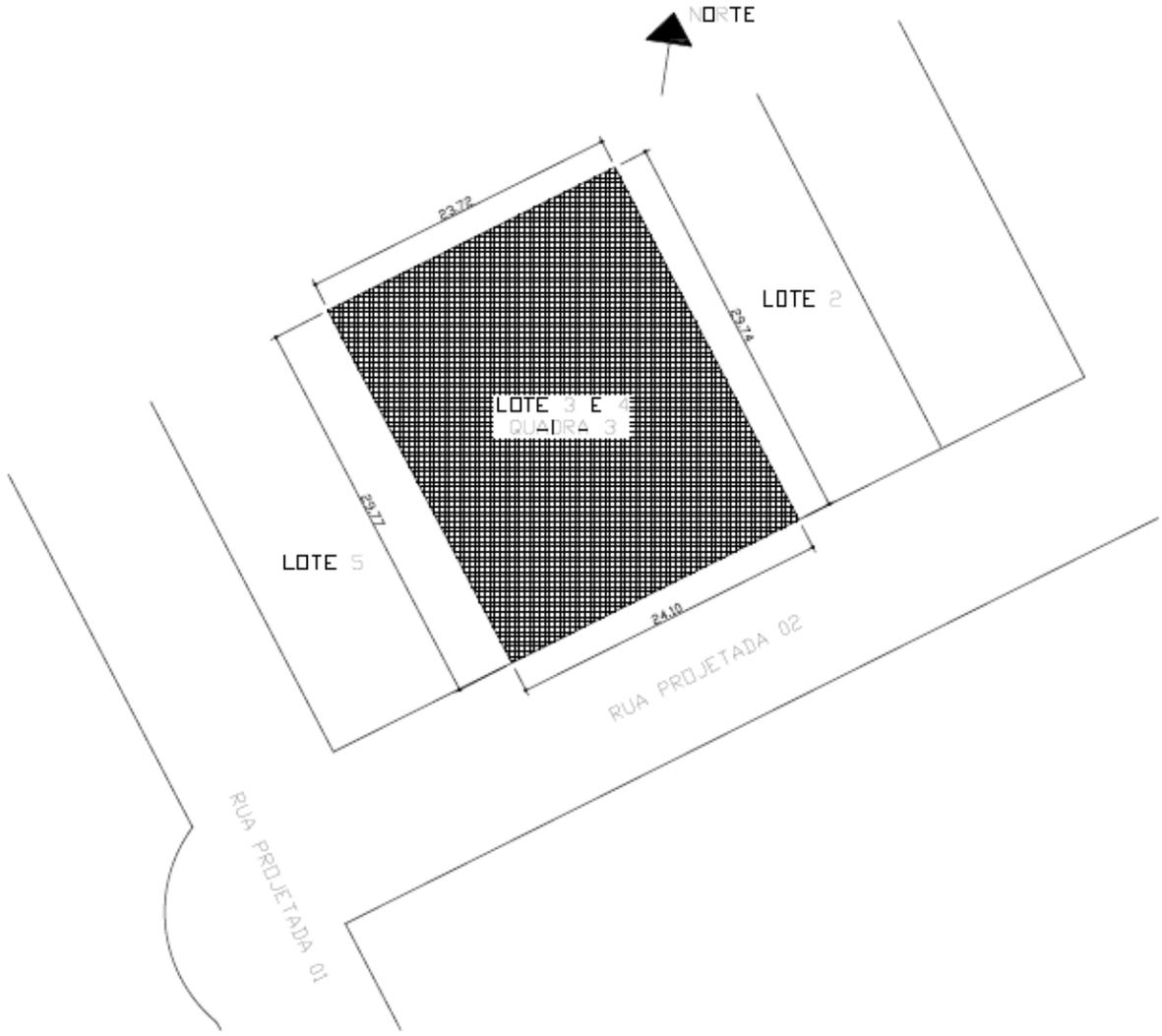
TIEDT, Amanda. CORDEIRO, Fabíola. **Os benefícios da ventilação cruzada**. Disponível em: <[https://www.homify.com.br/livros\\_de\\_ideias/5729009/os-beneficios-da-ventilacao-cruzada](https://www.homify.com.br/livros_de_ideias/5729009/os-beneficios-da-ventilacao-cruzada)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

UNICAMP. **Tipos de Lâmpadas**. Disponível em: <[https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes\\_Lumin.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2019.

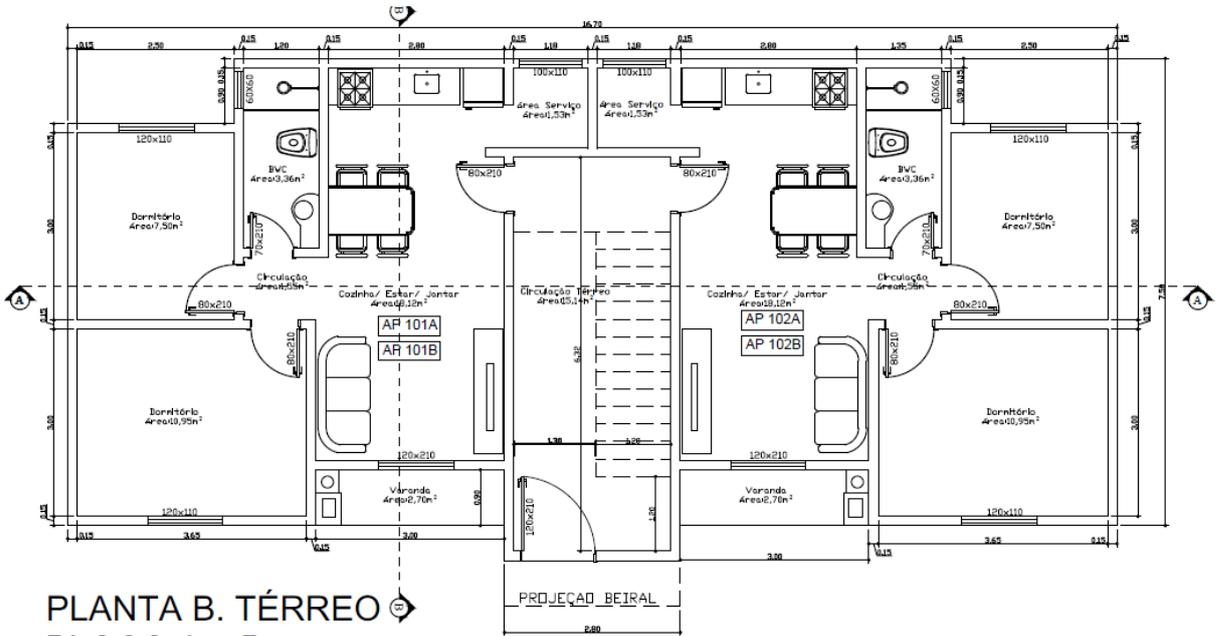
VIVADecora. **Veja como a orientação solar pode transformar o seu projeto**. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/orientacao-solar-arquitetura/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

**ANEXOS**

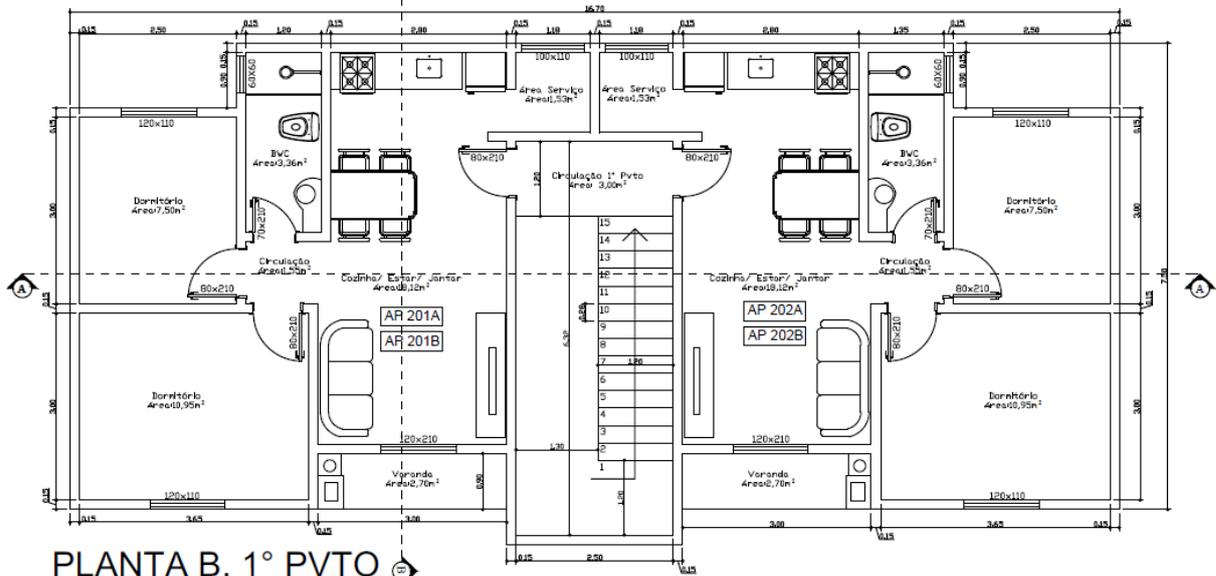
### ANEXO A – Orientação



### ANEXO B – Planta Baixa



PLANTA B. TÉRREO  
BLOCO A e B



PLANTA B. 1º PVT  
BLOCO A e B

## ANEXO B – Planta Baixa da Unidade Habitacional Estudada

