

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

**Juliano Campos Marques**

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO DE UM PROJETO  
PARA A REGENERAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO, BUSCAN-  
DO UM MELHOR DESEMPENHO AMBIENTAL**

Porto Alegre  
Dezembro 2018

**JULIANO CAMPOS MARQUES**

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO DE UM PROJETO  
PARA A REGENERAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO, BUSCAN-  
DO UM MELHOR DESEMPENHO AMBIENTAL**

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

**Orientador: Miguel Aloysio Sattler**

Porto Alegre  
dezembro 2018

**JULIANO CAMPOS MARQUES**

**ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO DE UM PROJETO  
PARA A REGENERAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO, BUSCAN-  
DO UM MELHOR DESEMPENHO AMBIENTAL**

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

Porto Alegre, dezembro de 2018

Prof. Miguel Aloysio Sattler  
Ph.D. pela University of Liverpool  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
Ph.D. pela University of Liverpool

**Alessandra Paim (UFRGS)**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Profa. Eugenia Khun (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Luiz e Ligia, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu curso de graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pela sabedoria e empenho dedicado à elaboração do mesmo.

Agradeço aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço aos meus colegas e amigos Alexandre Moretto, Angelo Rigo, Geanine Rancan, Jocely Penno, Leonardo Wittemberg, Marcelo Costa e Vivian Bragança pelo apoio e amizade.

A Wolfgang Amadeus Mozart e Claude Achille Debussy pela constante inspiração através de suas composições.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Todos esses que aí estão  
atravancando meu caminho,  
Eles passarão...  
Eu passarinho!

*Mário Quintana*

## RESUMO

Tendo em vista o rápido crescimento econômico e populacional, a demanda por construções sustentáveis torna-se cada vez mais importante e necessária devido à forte tendência mundial em diminuir os impactos ao meio ambiente. De maneira conciliada a diminuição destes impactos, busca-se aliar conforto térmico ao usuário, por meio do desempenho satisfatório na habitação, ao uso de materiais e técnicas que causem menor dano ao meio ambiente. Desta forma, foi proposto neste trabalho verificar se o projeto de transformação e ampliação de uma antiga estrebaria para uma edificação com características sustentáveis, atende aos requisitos de desempenho e conforto térmico. Foi utilizado o *software* Ecotect Analisys para simulação das características da edificação, e, o *software* Revit 2019 para sugestões de intervenções na edificação. Levar-se-á em consideração a zona bioclimática na qual a edificação se situa, e também, as estratégias sugeridas pela NBR 15.220. A análise habitação por meio dos *softwares* indicou que a edificação cumpre os requisitos, no que tange ao conforto e desempenho térmico.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Sustentabilidade. Edificação sustentável.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico de comparação entre temperaturas médias das cidades de Feliz e Porto Alegre, no RS .....	20
Figura 2 – Gráfico de comparação entre temperaturas mínimas das cidades de Feliz e Porto Alegre no, RS .....	20
Figura 3 – Gráfico de comparação entre temperaturas máximas das cidades de Feliz e Porto Alegre, no RS .....	21
Figura 4 – Etapas de pesquisa.....	22
Figura 5 – Carta bioclimática .....	28
Figura 6 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	30
Figura 7 – Zona bioclimática e carta bioclimática da zona 3 .....	30
Figura 8 – Antiga estrebaria localizada na cidade de Feliz no RS .....	38
Figura 9 – Localização da antiga estrebaria .....	40
Figura 10 – Ambiente onde estará situada a edificação .....	40
Figura 11 – Planta da estrebaria, antes da restauração .....	41
Figura 12 – Acréscimo de área à construção original .....	42
Figura 13 – Coleta de água da chuva.....	42
Figura 14 – Ventilação cruzada .....	43
Figura 15 – Sistema de aquecimento de água .....	44
Figura 16 – Sistema de tratamento de resíduos .....	45
Figura 17 – Concepção final do projeto .....	46
Figura 18 – Concepção de telhado verde da edificação .....	47
Figura 19 – Parede em cordwood.....	49
Figura 20 – Parede de vidro dupla.....	50
Figura 21 – Modelo de energia 3D.....	51
Figura 22 – Sombreamento na edificação, em 14 de maio de 2018.....	52
Figura 23 – Trajetória solar anual.....	52
Figura 24– Telhado da edificação .....	53
Figura 25 – Telhado verde.....	55
Figura 26 – Radiação total, com referência na face sul.....	57
Figura 27 – Radiação total, com referência na face norte .....	57
Figura 28 – Carta psicrométrica .....	58
Figura 29 – Gráfico de ocupação da edificação durante um dia .....	59
Figura 30 – Gráfico da carga de aquecimento e resfriamento .....	60
Figura 31 – Gráfico das perdas e ganhos de calor na edificação.....	61
Figura 32 – Exemplo de análise obtida pelo <i>software</i> Revit 2019 .....	62
Figura 33 – Modelo de análise explodido .....	63
Figura 34 – Gráfico do custo em função da orientação da edificação.....	64
Figura 35 – Proporção abertura parede .....	65
Figura 36 – Custo, em função da proporção parede-abertura para a face sul.....	66
Figura 37 – Custo, em função da proporção parede-abertura para a face norte .....	67
Figura 38 – Custo, em função da proporção parede-abertura para a face oeste.....	68
Figura 39 – Custo, em função da proporção parede-abertura para a face leste.....	69
Figura 40 – Custo, em função do tipo de vidro empregado na edificação .....	71
Figura 41 – Modelo construtivo de parede do tipo R2 CMU.....	72
Figura 42 – Custo, em função do tipo de parede empregada na edificação .....	73

Figura 43 – Custo, em função do tipo de telhado empregado na edificação.....	74
Figura 44 – Custo, em função das trocas de ar por hora .....	75
Figura 45 – Custo, em função do sombreamento das aberturas .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégias para cada zona climática .....	29
Tabela 2 – Características do clima de Porto Alegre .....	31
Tabela 3 – Absorbância ( $\alpha$ ) para radiação solar (ondas curtas), e emissividade ( $\epsilon$ ) para temperaturas e radiações na superfície da Terra .....	33
Tabela 4 – Propriedades do telhado.....	54
Tabela 5 – Perdas e ganhos de calor na edificação.....	51
Tabela 6 – Propriedades construção vidro triplo.....	70

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Regulamentadora

ONU – Organização das Nações Unidas

IDH– Índice de Desenvolvimento Humano

ISDM – Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios

CMS – Concrete Mensury Unity

## LISTA DE SÍMBOLOS

A – Área ( $m^2$ )

c – Comprimento (m)

C – Condutância Térmica ( $m^2 \text{ k/W}$ )

e – Espessura (m)

K – Condutividade Térmica ( $\text{W/m k}$ )

K – Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ )

q – Fluxo de Calor ( $\text{W/m}^2$ )

R – Resistência Térmica ( $m^2 \text{ k/W}$ )

RSE – Resistência Superficial Externa ( $m^2 \text{ k/W}$ )

RSI – Resistência Superficial Interna ( $m^2 \text{ k/W}$ )

Rt – Resistência Térmica Total ( $m^2 \text{ k/W}$ )

$\sum_0^n Rn$  – Soma das Resistências dos Materiais ( $m^2 \text{ k/W}$ )

tE – Temperatura Exterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_i$  – Temperatura Interior ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U$  – Transmitância Térmica ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$ )

$\alpha$  – Absortividade da Superfície Externa do Fechamento (adimensional)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	18
1.2 OBJETIVOS.....	18
<b>2. MÉTODO</b> .....	<b>19</b>
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	19
2.2 DELIMITAÇÕES .....	19
2.3 LIMITAÇÕES.....	19
2.4 DELINEAMENTO .....	21
2.5 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.....	23
<b>2.5.1 Ecotect Analysis</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.2 Revit 2019</b> .....	<b>24</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>24</b>
3.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE .....	24
3.2 CONFORTO TÉRMICO E VISÃO HOLÍSTICA DO CONFORTO .....	26
3.3 CONSIDERAÇÃO SOBRE AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS .....	27
<b>3.3.1 Carta Bioclimática</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.2 Caracterização Climática das Cidades de Feliz e Porto Alegre</b> .....	<b>29</b>
3.4 MECANISMOS DE TROCAS TÉRMICAS .....	32
<b>3.4.1 Absortância</b> .....	<b>32</b>
<b>3.4.2 Condutividade Térmica</b> .....	<b>33</b>
<b>3.4.3 Resistência Térmica</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4.4 Transmitância Térmica</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4.5 Fluxo Térmico</b> .....	<b>35</b>
<b>3.4.6 Inércia Térmica</b> .....	<b>36</b>
3.5 CONFORTO TÉRMICO DURANTE AS ESTAÇÕES .....	36
<b>3.5.1 Conforto Térmico no Verão</b> .....	<b>36</b>
<b>3.5.2 Conforto Térmico no Inverno</b> .....	<b>37</b>
3.6 ESTUDO DE CASO .....	37
<b>3.6.1 Apresentação da Edificação Analisada</b> .....	<b>37</b>
3.7 MODIFICAÇÕES E ADAPTAÇÕES .....	38
3.8 CARACTERÍSTICAS DA CIDADE E LOCAL DO PROJETO .....	39
3.9 DETALHES DO PROJETO .....	41

<b>3.9.1</b>	<b>Acréscimo de Área</b> .....	<b>41</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Sistema de Coleta de Água da Chuva</b> .....	<b>42</b>
<b>3.9.3</b>	<b>Circulação Geral do Ar</b> .....	<b>43</b>
<b>3.9.4</b>	<b>Sistema de Aquecimento</b> .....	<b>43</b>
<b>3.9.5</b>	<b>Sistema de Tratamento de Esgotos</b> .....	<b>44</b>
<b>3.10</b>	<b>MATERIAIS E CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b> .....	<b>45</b>
<b>3.10.1</b>	<b>Telhado Verde</b> .....	<b>46</b>
<b>3.10.2</b>	<b>Cordwood</b> .....	<b>48</b>
<b>3.10.3</b>	<b>Vidro Duplo</b> .....	<b>49</b>
<b>3.10.4</b>	<b>Efeito Chaminé</b> .....	<b>50</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE TERMO-ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>DETALHES CONSTRUTIVOS</b> .....	<b>53</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Telhado de Uma Água</b> .....	<b>53</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Telhado Verde</b> .....	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>ANÁLISE DA RADIAÇÃO ATUANTE NA EDIFICAÇÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>4.3</b>	<b>CARTA PSICROMÉTRICA</b> .....	<b>58</b>
<b>4.4</b>	<b>OCUPAÇÃO DA EDIFICAÇÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>CARGA DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO</b> .....	<b>60</b>
<b>4.6</b>	<b>GANHOS E PERDAS DE CALOR</b> .....	<b>61</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DA SIMULAÇÃO UTILIZANDO REVIT E SUGESTÕES DE MELHORIAS</b> .....	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>CUSTOS NA CONFIGURAÇÃO DE PROJETO ATUAL</b> .....	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>SUGESTÕES PARA REDUÇÃO DE CUSTO E MELHOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	<b>64</b>
<b>5.2.1</b>	<b>ORIENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Proporção Parede-Abertura</b> .....	<b>65</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Vidros Usados nas Janelas</b> .....	<b>70</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Modelo de Construção das Paredes</b> .....	<b>72</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Modelo de Construção do Telhado</b> .....	<b>74</b>
<b>5.2.6</b>	<b>Infiltração de Ar e Envelope da Edificação</b> .....	<b>75</b>
<b>5.2.7</b>	<b>Sombreamento das Aberturas</b> .....	<b>75</b>
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>77</b>

**7. REFERÊNCIAS..... 78**



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há grande preocupação quanto ao impacto causado por muitos tipos de construções ao meio ambiente, tanto em empreendimentos comerciais, quanto habitacionais. Desta maneira, procura-se minimizar esses impactos por meio de recursos que fazem uso de princípios de sustentabilidade.

Pode-se entender por sustentabilidade “viver dentro da capacidade de suporte do planeta”, e, por desenvolvimento sustentável, “o desenvolvimento que leva a sustentabilidade” (GIBBERD, 2003).

Tendo em vista esses conceitos, fica claro que, cada vez mais, deve-se levar em conta que a sustentabilidade na construção das habitações deve se tornar um item indispensável para evitar problemas de escassez para as gerações futuras.

Embora muitas vezes o conforto, do ponto de vista individual, possa ser considerado subjetivo, deve-se levar em consideração que a condição de conforto deve alcançar mais que condições físicas e psicológicas favoráveis. Segundo Kolcaba e Wilson (2002, p.102), “[...] conforto é mais que a ausência de dor, e pode ser aprimorado, mesmo se a dor não pode ser tratada inteiramente, por meio da atenção à transcendência. O incremento do conforto envolve aumento da esperança e confiança e pode diminuir as complicações relacionadas à alta ansiedade [...]”. Há muitas estratégias que podem ser utilizadas para que se possa alcançar o desempenho requerido. Muitas dessas estratégias estão incluídas na NBR 15.220 e serão abordadas após análise da carta climática da zona em que Porto Alegre está inserida.

Aplicando os conceitos de sustentabilidade, pretende-se realizar o estudo do desempenho térmico de uma edificação. Essa edificação consistirá em um alojamento, que será construído por meio de uma intervenção, em uma antiga estrebaria, em um ambiente que se constitui interessante, devido às características naturais e beleza estética do entorno.

Para esse estudo, será empregada uma simulação computacional, no *software* Ecotect Analysis, de modo que abranja o mais fidedignamente possível as características reais da edificação.

## 1.1 Motivação

O autor entende que há necessidade de que se construam novos empreendimentos habitacionais mais sustentáveis, tendo em vista a grande demanda, por parte da sociedade, por aplicações destes conceitos, em muitas áreas de desenvolvimento. Muitas vezes, a aquisição de um imóvel para moradia constitui um evento único na vida das pessoas, e, desta forma, deve-se dar a devida importância, para além da aplicação dos conceitos de sustentabilidade, que estes estejam alinhados a questões de conforto e desempenho térmico, acústico, energético, entre outros.

Uma vez que se necessita garantir que o desempenho da habitação atenda às expectativas do usuário, durante a vida útil da edificação, fica claro que devem ser realizados estudos e simulações específicas para a garantia do atendimento desses critérios de desempenho.

## 1.2 Objetivos

O presente trabalho objetiva avaliar o estudo de desempenho térmico do projeto de conversão de um estábulo, que após reforma construtiva, será transformado em um alojamento com espaço para salas de aula. O estábulo a ser transformado, está localizado no município de Feliz, no Rio Grande do Sul. Como método, será feita a simulação, com apoio do *software* Ecotect Analysis. Como objetivo secundário, avaliar-se-á o custo, em função do Kw/h e por fim, buscar-se-á sugestões de medidas viáveis para que se possam obter melhorias no projeto, por meio da simulação termo energética obtida através do *software* Revit.

## 2. MÉTODO

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

### 2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: a edificação analisada atende aos requisitos de desempenho e conforto térmico? E o que se pode fazer para que os atenda, em caso de ser negativa a resposta?

### 2.2 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho delimita-se a avaliar o atendimento em relação às exigências de desempenho e conforto térmico, e, em caso do não cumprimento, sugerir ações práticas de melhoria e otimização do ambiente.

### 2.3 LIMITAÇÕES

O estudo foi realizado considerando às seguintes limitações:

O uso de dados climáticos de outra cidade, com características semelhantes, tendo em vista que não se obteve dados suficientes para a inferência estatística, em relação à cidade de Feliz, RS.

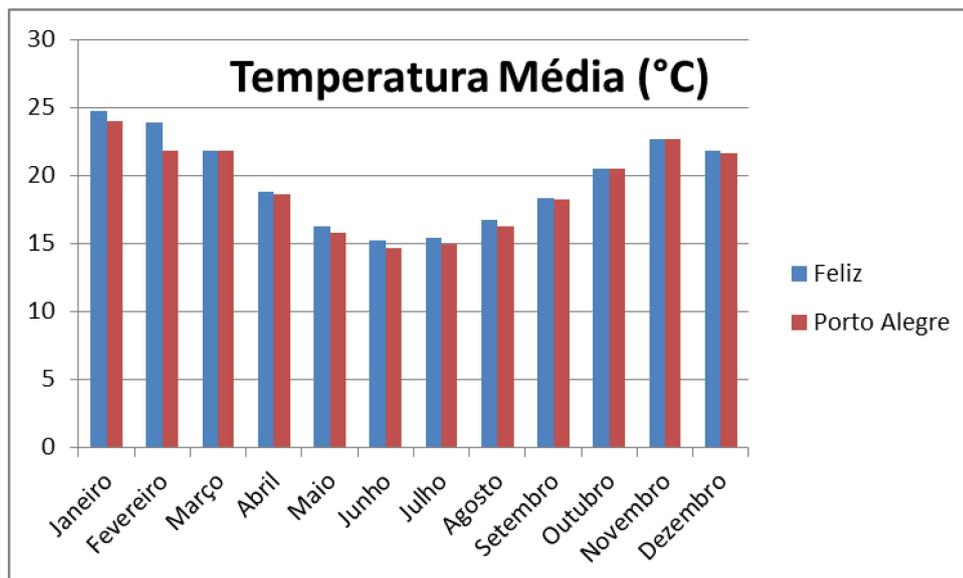


Figura 1 – Gráfico de comparação entre temperaturas médias das cidades de Feliz e Porto Alegre no RS

(fonte: Climate Data, 2018<sup>1</sup>)

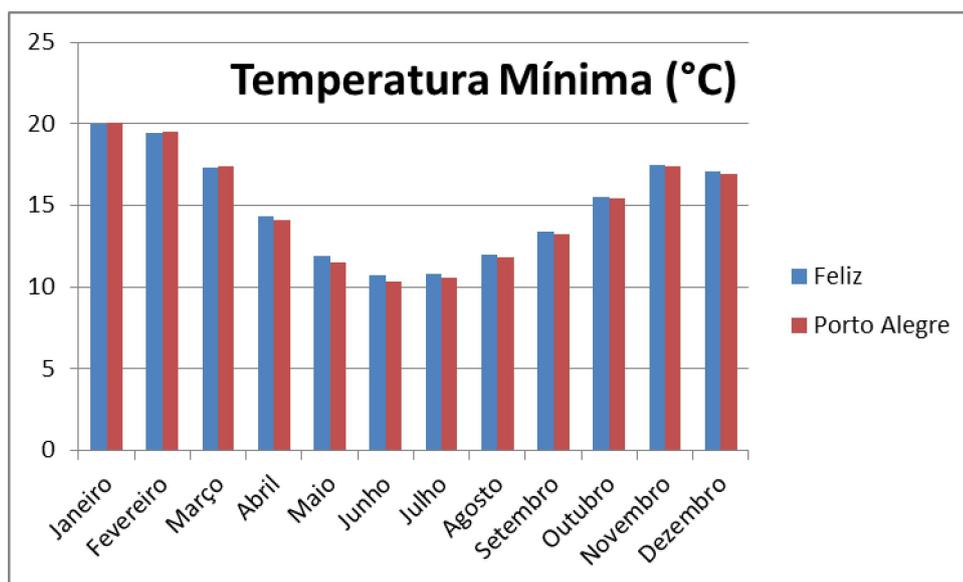


Figura 2 – Gráfico de comparação entre temperaturas mínimas das cidades de Feliz e Porto Alegre no RS

(fonte: Climate Data, 2018<sup>2</sup>)

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/location/43828/>;  
<https://pt.climate-data.org/location/3845/>> Acesso em nov. de 2017.

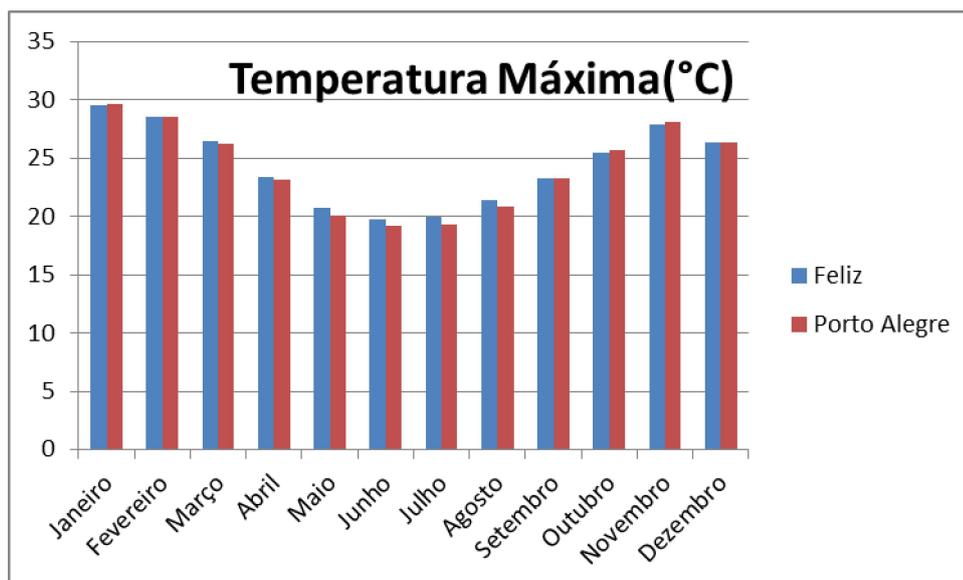


Figura 3 – Gráfico de comparação entre temperaturas máximas das cidades de Feliz e Porto Alegre no RS

(fonte: Climate Data, 2018<sup>3</sup>)

Uma vez que Porto Alegre e Feliz apresentam características similares, em relação à temperatura média e amplitude de temperaturas, como demonstram as figuras 1, 2, e 3, optou-se por usar os dados climatológicos de Porto Alegre, uma vez que o *software* Ecotect Analysys apresenta melhores séries históricas de dados para esta cidade.

O *software* Ecotect Analysys possibilita grande precisão na simulação de edificações e possui uma grande série estatística de dados. Mesmo assim, deve-se ter em mente que um software de simulação pode apresentar pequenas falhas durante a simulação, como, por exemplo:

- a) Variabilidade dos dados climáticos e solarimétricos;
- b) Limitações na simulação por meio do *software* Ecotect Analysys;
- c) Imprecisões causadas pela variabilidade, e eventual não homogeneidade dos materiais e características inerentes dos processos construtivos.

## 2.4 DELINEAMENTO

O trabalho foi estruturado de forma a seguir as etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 4, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) fundamentação teórica;
- b) análise da habitação e aspectos relacionados ao conforto e desempenho térmico;
- c) simulação e obtenção de parâmetros através do *software* Ecotect;
- d) análise Termo Energética, por meio do *software* Revit;
- e) sugestões de melhorias e otimização;
- f) considerações finais.

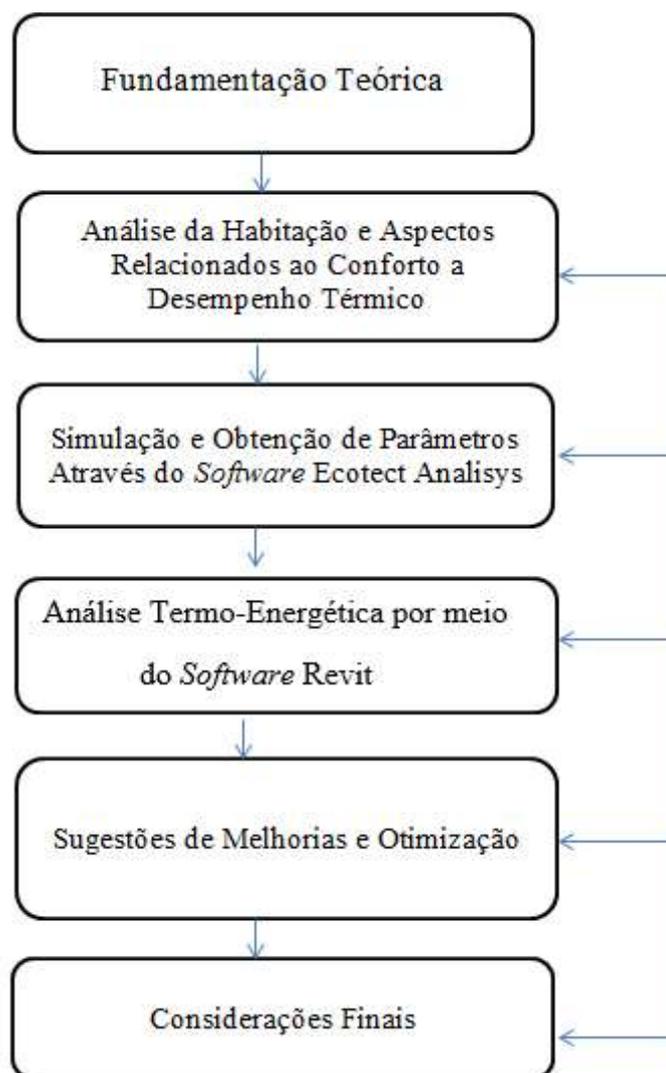


Figura 4 – Etapas de pesquisa

(fonte: Próprio Autor)

Por meio da **fundamentação teórica**, buscou-se um embasamento teórico, visando o bom entendimento dos assuntos essenciais relacionados à análise da habitação e ao trabalho, como um todo.

Posteriormente, por meio da **análise da habitação e aspectos relacionados ao conforto e desempenho térmico**, pode-se obter informações, tais como: tipos de materiais, técnicas construtivas e características ambientais do entorno da habitação, como: sombreamento causado pela vegetação adjacente e orientação das faces da edificação. Além disso, identificou-se a contribuição de outros fatores, que podem influenciar no conforto térmico da habitação, entre eles; velocidade do vento; umidade relativa do ar e temperatura média radiante.

Tendo analisado os aspectos mais relevantes para a análise da habitação, partiu-se, então, para a **simulação e obtenção de quantitativos térmicos relativos a ocupação e utilização da edificação por meio do *software* Ecotect**.

Uma vez feita a simulação, e com os dados obtidos na simulação com o *software*, pode-se fazer a **análise Termo Energética, por meio do *software* Revit** e, desta forma avaliar a economia que pode ser obtida com adoção das medidas sugeridas pelo *software*.

A próxima etapa compreende a proposta de **sugestões de melhorias e otimização** para a edificação, caso façam-se necessárias.

E, por fim, serão feitas as **considerações finais**, relativas aos aspectos mais importantes que associados à realização do trabalho.

## 2.5 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Nos parágrafos a seguir, serão descritos as etapas das simulações que serão realizadas com os softwares mencionados no delineamento.

### 2.5.1 Ecotect Analysis

Primeiramente, a simulação versará sobre a radiação atuante na edificação, com o objetivo de um mapeamento visual da atuação da radiação sobre a edificação. Em uma segunda etapa,

gerar-se-á a carta psicrométrica, para a cidade de Porto Alegre, para adoção das estratégias para conforto e desempenho térmico, conforme a carta bioclimática.

Na sequência, para estudar a carga térmica da edificação, fará-se a simulação das condições de ocupação da edificação, com o intuito de analisar a carga de aquecimento e resfriamento na edificação. E, por fim, analisar as perdas e ganhos de calor na edificação.

### **2.5.2 Revit 2019**

Por meio do *software* Revit 2019, deseja-se realizar a simulação termo energética da edificação, para obter sugestões de melhorias e quantificar os custos e economias que estas ações podem acarretar.

As simulações que serão realizadas serão relativas à: orientação da edificação; simulação de diferentes proporções de abertura-parede (será explicada junto à análise), para todas as faces da edificação; o uso de diferentes tipos de materiais construtivos (vidros, paredes e telhados), e por fim o efeito do sombreamento das aberturas e o estudo da infiltração de ar e envelope da edificação.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

No intuito de iniciar o tema de que trata este trabalho, necessita-se de uma breve explanação sobre diversos aspectos básicos, quantitativos e legislativos, que abrangem o conceito de sustentabilidade e desempenho térmico.

### **3.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE**

Para se ter uma compreensão mais abrangente do conceito de sustentabilidade, deve-se analisar este conceito por via das cinco dimensões de sustentabilidade de forma simultânea, em todo planejamento de desenvolvimento (SACHS,1993), como segue:

Pode-se entender sustentabilidade social como um processo de desenvolvimento, que leva em consideração formas para que se obtenha uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e bens, para que se reduza a desigualdade social nos modos de vidas dos mais ricos e dos mais pobres. Busca-se, então, a possibilidade de se construir uma sociedade cada vez mais justa e com mais oportunidades durante o seu desenvolvimento (SATTLE, 2007, p. 22).

Sattler (2007, p. 22) aponta que sustentabilidade econômica norteia que a eficiência econômica deve ser avaliada por parâmetros macrossociais, abrangendo grande parte da massa social de uma sociedade, e não apenas de forma a utilizar o critério de rentabilidade empresarial microeconômica.

De acordo com Sattler (2007, p. 22), sustentabilidade ecológica visa racionalizar e fazer o uso consciente dos recursos, principalmente dos que são adquiridos de fontes esgotáveis ou dos que causam danos à natureza e ao meio ambiente, de forma geral. Deve-se fazer uso de medidas e ações que estimulem as práticas de reciclagem, bem como o uso racional e econômico de energia, e, também, desenvolver pesquisas para que medidas favoráveis ecologicamente sejam desenvolvidas e aplicadas. De maneira similar, é importante o uso adequado de legislações e implementações de políticas públicas de proteção ao meio ambiente.

Sattler (2007, p. 23) argumenta que, sustentabilidade espacial ou geográfica demanda que se faça ocupação do solo de maneira equilibrada, evitando a alta concentração de ocupação urbana e de atividades econômicas para se obter configurações de equilíbrio na interação rural-urbana. Além disso, deve-se frear a destruição de ecossistemas frágeis, em decorrência da ocupação não planejada e caótica do ambiente. Adicionalmente, deve-se estimular a criação de reservas naturais, para que se possa proteger de forma eficaz a biodiversidade.

Sustentabilidade cultural ocorre por meio da valorização das raízes endógenas, e, também, da aplicação de medidas que visem manter as características específicas do local em que a habitação relacionada se encontra. De maneira similar, esta dimensão da sustentabilidade estimula que se mantenha a sintonia e harmonia do local, em um contexto que permita a continuidade cultural, em conformidade com os novos avanços (SATTLE, 2007, p.23).

### 3.2 CONFORTO TÉRMICO E VISÃO HOLÍSTICA DO CONFORTO

Ao se pensar em adquirir uma habitação, avalia-se como fator de vital importância para a escolha da mesma, a questão do conforto, uma vez que a pessoa ou família que adquiriu a moradia espera que ela atenda um certo grau de conforto, pois provavelmente passará grande parte de sua vida na habitação. Dentre os aspectos de conforto esperados podemos citar: o térmico, o acústico, o lumínico e o visual. Este trabalho busca analisar o conforto térmico. Pode-se entender o conforto térmico através de três aspectos distintos. Para Frota e Shiffer (1988, p. 17):

Índices biofísicos – que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;

Índices fisiológicos – que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;

Índices subjetivos – que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto, experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Desta forma, pode-se inferir que o conforto térmico depende, não somente de fatores biofísicos e fisiológicos, que estão associados às propriedades térmicas dos materiais e do ambiente, mas também a fatores subjetivos, com que cada indivíduo, com suas preferências específicas, possa a vir a se sentir mais confortável.

Os índices subjetivos estão muito mais relacionados com a visão holística do conforto. O corpo humano não funciona mecanicamente, como um conjunto de termômetros, manômetros e outros instrumentos utilizados apenas para medição absoluta. Desta forma, o conforto é um atributo positivo do espaço construído da habitação. Podendo-se, assim, pensar em tolerância, no que se refere a essa questão, por parte do indivíduo, devido à subjetividade inerente à questão de conforto.

De maneira similar, a visão holística do conforto tende a reforçar que deve ser analisada esta questão a partir de contextos socioculturais e ambientais, para que o usuário venha a se sentir satisfeito e pleno, durante a vida útil da edificação (SCHMID, 2005).

### 3.3 CONSIDERAÇÃO SOBRE AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Estamos inseridos em um meio constituído pela superfície do planeta, que está em contato direto com a atmosfera, composta por gases, e, confinada pela força gravitacional exercida pela Terra. Neste meio, as ditas condições climáticas costumam variar durante as horas do dia, durante as estações, devido, principalmente, às alterações de temperatura causadas pelo aumento e diminuição da insolação durante as horas do dia. Esta variação também ocorre com a mudança das estações, devido a alterações causadas pela inclinação do eixo de rotação da Terra, em seu movimento ao longo de sua trajetória anual em torno do Sol.

Além disto, de forma pontual, essas condições também variam em função das latitudes e altitudes das diferentes localidades. Por estas variações ocorrerem constantemente, devemos ter em mente que é vital conhecer as características citadas anteriormente, ainda no início da fase de projeto, com o objetivo de obter êxito no quesito de conforto térmico.

Deve se ter em mente que, alguns recursos naturais tendem a estabilizar a temperatura do meio, causando, desta forma, um tipo de equilíbrio térmico. Estes fatores são: a proximidade a corpos de água; a movimentação das massas de ar; a vegetação; o grau de nebulosidade e; a própria crosta terrestre, entre outros que tendem, a regular a temperatura do local (COSTA, 2010).

#### 3.3.1 Carta Bioclimática

A carta bioclimática consiste em uma ferramenta de apoio a projetistas, para que possam inferir estratégias para planejamento de edificações, que atendam aos requisitos de desempenho térmico. Uma delas foi idealizada pelos irmãos Olgyay, porém apresentavam algumas limitações, pois consideravam apenas condições externas à edificação. Posteriormente (1991), Givoni a aperfeiçoou e concebeu uma carta adequada, inclusive a países em desenvolvimento, a qual é mais apropriada às condições climáticas brasileiras (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 104).

Esta carta relaciona as temperaturas médias máximas e mínimas, em função da umidade relativa, estabelecendo linhas ligando essas temperaturas a diferentes umidades, e, com base nas

regiões em que encontram essas linhas, adotam-se as estratégias para se atingir o conforto esperado. A figura 5, mostra uma carta bioclimática aplicável ao clima brasileiro.

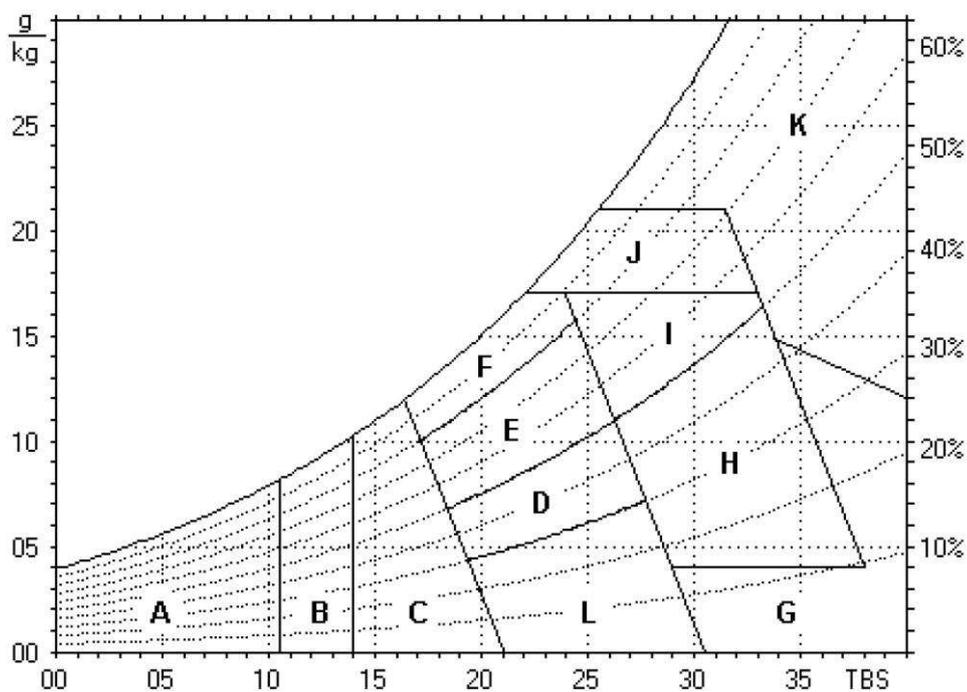


Figura 5- Carta bioclimática

(fonte: adaptado da NBR 15.220)

A NBR 15.220 define que as zonas (domínios) da carta correspondem às seguintes estratégias:

**Tabela 1 – Estratégias para cada zona climática**

<b>Domínio</b>	<b>Tipo de Zona</b>
A	A – Zona de aquecimento artificial
B	B – Zona de aquecimento solar da edificação
C	C – Zona de massa térmica para aquecimento
D	D – Zona de conforto térmico (baixa umidade)
E	E – Zona de conforto térmico (não necessita intervenção)
F	F – Zona de desumidificação
G + H	G + H – Zona de resfriamento e evaporação
H + I	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	I + J – Zona de ventilação
K	K – Zona de refrigeração artificial
L	L – Zona de umidificação do ar

(Fonte: Adaptado da NBR 15.220)

### **3.3.2 Caracterização Climática das Cidades de Feliz e Porto Alegre**

O nosso país é considerado como apresentando seis regiões climáticas. São elas: tropical, equatorial, semiárida, subtropical, tropical atlântica e tropical de altitude (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 113). Porto Alegre e Feliz encontram-se na região climática subtropical. Esta região tem como característica, entre outras, apresentar, temperaturas médias anuais, em geral, abaixo dos 20° C. Possuem amplitude média de 9°C a 13°C. Além disto, as precipitações são abundantes, e bem distribuídas ao longo do ano, situando-se entre 1.500mm a 2.000 mm por ano. A figura 6, apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro, em função das áreas relativas ao país. A NBR 15.220 (2005) classifica Porto Alegre e Feliz como estando situadas na Zona 3.

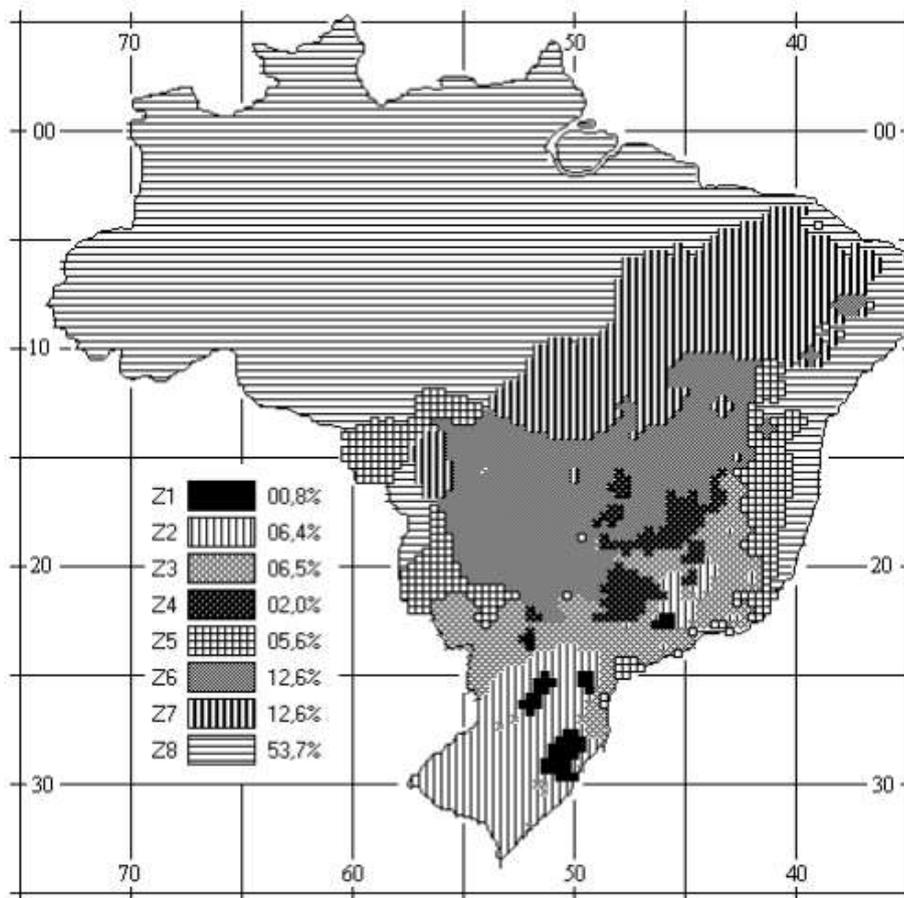


Figura 6- Zoneamento bioclimático brasileiro

(fonte: extraído da NBR 15.220)

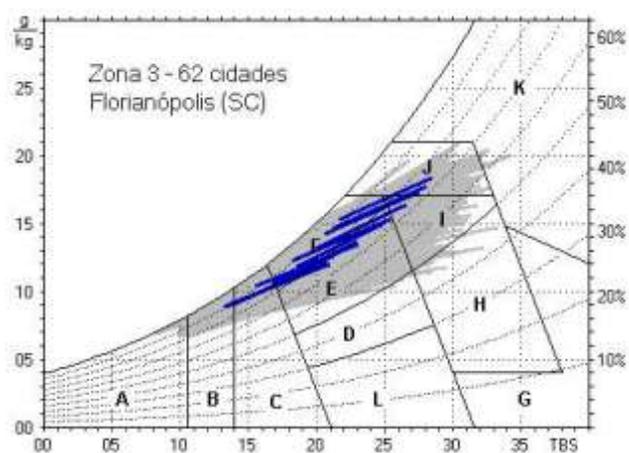


Figura 7- Zona bioclimática e carta bioclimática da zona 3

(fonte: extraído da NBR 15.220)

A figura 7, mostra a aplicação direta da carta climática para a Zona 3, na qual se encontram Porto Alegre e Feliz. Pode-se observar, pela Norma, que as estratégias necessárias para a cidade são: B, C, F, I, visto que o domínio E representa conforto e não necessita de intervenção. O domínio J pode ser considerado em conjunto com os outros domínios.

A NBR 15.220 recomenda, para a Zona 3, as seguintes estratégias, que, posteriormente serão abordadas detalhadamente:

A **estratégia para ventilação e sombreamento**, que consiste no uso de aberturas para ventilação de dimensões médias, e aberturas com sombreamento, que permitam a entrada do sol no inverno. Complementarmente, a estratégia relacionada à vedação orienta para o uso de paredes leves e refletoras e coberturas leves com isolamento.

Para o **condicionamento térmico passivo**, a mesma norma recomenda o uso de ventilação cruzada, no verão; e, no inverno, o aquecimento solar da edificação, além de vedações internas pesadas, para proporcionar inércia térmica.

Dentro da região subtropical ainda temos, no Rio Grande do Sul, oito regiões climáticas distintas: Campanha, Serra do Sudeste, Litoral, Depressão Central, Vale do Uruguai, Missões, Planalto e Serra do Nordeste (COSTA, 1982). Porto Alegre está situada na região da Depressão Central, assim como Feliz, que está situada, também, em uma região de mesma altitude, quase no limite com a Serra do Nordeste.

A tabela 2, a seguir, mostra as características básicas do clima de Porto Alegre.

**Tabela 2 – Características do clima de Porto Alegre**

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura Média (° C)	24,7	24,6	23,1	19,9	17	14,7	14,3	15,2	16,8	19,1	21,2	23,4
Umidade Média (%)	71	74	75	77	81	82	81	79	78	75	71	69

(fonte: adaptado de SILVA; STÜRMER, 2006 )

## 3.4 MECANISMOS DE TROCAS TÉRMICAS

Com o intuito de compreender o comportamento térmico de uma edificação, deve-se estudar como os fenômenos de trocas térmicas influem sobre o ambiente (FROTA; SCHIFFER, 1988, p. 22). Estes mecanismos serão abordados a seguir, sendo o seu estudo e entendimento essenciais para o entendimento dos fatores que influenciam diretamente no desempenho térmico das edificações.

### 3.4.1 Absortância

A absortância consiste na quantidade absorvida de radiação solar, frente àquela que incide sobre uma superfície; enquanto que emissividade consiste na razão entre a radiação emitida por uma superfície real e a radiação de um corpo negro ideal, à mesma temperatura (NBR 15.220, p. 3). Na tabela 3, temos exemplos de absorbância e emissividade.

**Tabela 3** – Absorvância ( $\alpha$ ), para radiação solar (ondas curtas), e emissividade ( $\varepsilon$ ), para temperaturas normais na superfície da Terra

<b>Tipo de Superfície</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\varepsilon</math></b>
<b>Chapa de alumínio (nova e brilhante)</b>	0.05	0.05
<b>Chapa de alumínio (oxidada)</b>	0.15	0.12
<b>Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)</b>	0.25	0.25
<b>Caiaçãoo nova</b>	0.12 / 0.15	0.90
<b>Concreto aparente</b>	0.65/ 0.80	0.85/ 0.95
<b>Telha de barro</b>	0.75 / 0.80	0.85/ 0.95
<b>Tijolo aparente</b>	0.65/ 0.80	0.85/ 0.95
<b>Reboco claro</b>	0.30 / 0.50	0.85/ 0.95
<b>Revestimento asfáltico</b>	0.85/ 0.98	0.90 / 0.98
<b>Vidro incolor</b>	0.06 10.25	0.84
<b>Vidro colorido</b>	0.40 / 0.80	0.84
<b>Vidro metalizado</b>	0.35/ 0.80	0.15/ 0.84
<b>Pintura:</b> Branca	0.20	0.90
Amarela	0.30	0.90
Verde clara	0.40	0.90
Verde escura	0.70	0.90
Vermelha	0.74	0.90
Preta	0.97	0.90

Fonte: Adaptado da NBR 15.220

### 3.4.2 Condutividade Térmica

É uma propriedade do material, que consiste na taxa na qual o movimento molecular ocorre, conduzindo calor, para diferentes materiais, determinando assim, um fluxo de calor.

É simbolizada por  $k$  e sua unidade de medida é expressa como  $\frac{W}{m K}$

Sendo:  $W$  [watts],  $m$  [metro] e  $K$  [Kelvin].

### 3.4.3 Resistência Térmica

Quando se tem a condutividade térmica e a espessura característica de um fechamento ( $e$ ), pode-se obter a resistência térmica deste fechamento, que é a capacidade do mesmo em resistir à passagem de calor (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 58).

$$R = \frac{e}{k} \quad (\text{equação 1})$$

Sendo:

$R$ = resistência térmica, medida em  $[m^2 \text{ k/W}]$ ;

$e$ = espessura, medida em  $[m]$ ;

$k$ = condutividade, medida em  $[W/m \text{ k}]$ ;

### 3.4.4 Transmitância Térmica

A transmitância é utilizada para avaliar o comportamento de um fechamento opaco, em termos da facilidade, maior ou menor, em permitir a transmissão de calor através do mesmo (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 60).

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (\text{equação 2})$$

$$\text{Com } R_t = R_{SI} + \sum_0^n R_n + R_{SE} \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

$U$  = transmitância, medida em  $[\text{W}/\text{m}^2 \text{ k}]$ ;

$R_t$  = resistência total, medida em  $[\text{m}^2 \text{ k}/\text{W}]$ ;

$R_{SI}$  = resistência superficial interna, medida em  $[\text{m}^2 \text{ k}/\text{W}]$ ;

$\sum_0^n R_n$  = soma das resistências dos materiais, medida em  $[\text{m}^2 \text{ k}/\text{W}]$ ;

$R_{SE}$  = resistência superficial externa, medida em  $[\text{m}^2 \text{ k}/\text{W}]$ ;

### 3.4.5 Fluxo Térmico

O estudo dos fluxos térmicos é importante para a especificação correta de fechamentos na edificação, de forma a evitar perdas ou ganhos excessivos de calor. A equação 4, descreve o comportamento do fluxo de calor, na situação em que a temperatura externa é maior que a temperatura interna. Quando o inverso acontece, basta zerar o termo “ $\alpha \times I \times R_{SE}$ ”, que corresponde à temperatura sol-ar, associada diretamente à incidência de radiação solar (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 62).

$$q = U \times (\alpha \times I \times R_{SE} + tE - tI) \quad (\text{equação 4})$$

Sendo:

$q$  = fluxo de calor em  $[\text{W}/\text{m}^2]$

$U$  = transmitância, medida em  $[\text{W}/\text{m}^2 \text{ k}]$ ;

$\alpha$  = absortividade da superfície externa do fechamento [adimensional]

$R_{SE}$  = resistência superficial externa, medida em  $[\text{m}^2 \text{ k}/\text{W}]$ ;

$tE$  = temperatura exterior em  $[\text{°C}]$ ;

$tI$  = temperatura interior em  $[\text{°C}]$ ;

### 3.4.6 Inércia Térmica

A inércia térmica também é uma característica dos fechamentos. Os componentes de uma edificação tendem a absorver calor, tanto do interior, quanto do exterior. Quanto maior a massa térmica do fechamento, mais calor ficará retido no elemento de fechamento. A inércia térmica tende a amortecer e retardar a oscilação das temperaturas, contribuindo, desta forma, para o microclima interno na edificação (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p. 63).

## 3.5 CONFORTO TÉRMICO DURANTE AS ESTAÇÕES

No que tange a conforto térmico, deve-se avaliar como este quesito varia durante as estações. O inverno e o verão são as estações em que ocorrem os extremos em relação às temperaturas baixas e altas, respectivamente. Desta forma, deve-se fazer uma análise, em especial das características que influenciam o conforto térmico nessas épocas.

### 3.5.1 Conforto Térmico no Verão

No verão, o que causa mais desconforto são as altas temperaturas. Portanto, para se controlar o aquecimento excessivo, deve-se controlar a insolação direta. Para isso, pode-se fazer o uso de proteções solares construtivas (varandas, persianas, dissipadores de energia solar), em adição ao uso de vidros que promovam a reflexão da energia solar. De maneira similar, pode-se, também, dissipar o calor via ventilação natural, através de aberturas, para que possam ser geradas correntes de convecção com ar fresco (MULLER, 2011, p. 108).

De modo a reduzir a influência da temperatura externa, pode-se fazer o uso de materiais que possuam grande capacidade térmica. Também, pode-se colocar aberturas em paredes opostas, para que se tenha uma ventilação mais eficiente, adotando-se sempre uma das aberturas, quando possível em uma das faces sombreadas (COSTA, 1982).

### 3.5.2 Conforto Térmico no Inverno

No inverno, busca-se o amortecimento, na situação oposta: o desconforto devido às baixas temperaturas. Nesta estação, deve-se aproveitar ao máximo a insolação, protegendo o calor no interior da habitação, no que concerne a fugas. Deve-se, também, evitar a condensação que pode ocorrer em paredes, sob a face interior de paredes externas (COSTA, 1982).

Para maximizar os ganhos de energia solar e minimizar as perdas, deve-se otimizar a orientação solar da habitação. Pode-se, também, fazer, o uso de películas nos vidros, ou vidros inteligentes, para que se tenha um maior ganho de calor (SASSI, 2006).

## 3.6 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta a edificação que será estudada em relação ao seu desempenho térmico, também, detalhes do projeto<sup>2</sup>, além, disso, no tocante a sua localização, bem como sobre as características da região onde o local de alojamento será edificado.

### 3.6.1 Apresentação da Edificação Analisada

O objeto de análise deste trabalho é uma edificação, que, no passado, cumpriu a função de uma estrebaria. Trata-se de um ambiente rústico, com paredes de tijolos maciços, estrutura do telhado em madeira, que suporta telhas cerâmicas; além de pilares de tijolos maciços, como mostra a figura a seguir.

---

<sup>4</sup> As informações referentes à antiga estrebaria e à concepção do projeto de conversão em uma nova edificação, foram, gentilmente, cedidos pela Arq. Cristiane Sofia Kaiser, responsável pelo projeto arquitetônico.



Figura 8 – Antiga estrebaria, localizada na cidade de Feliz no RS

A construção localiza-se em ambiente natural, com paisagem agradável e cercada por vegetação.

Após fazer uso de uma proposta de projeto de conversão, pretende-se transformá-la em um alojamento. Para ampliar suas características de sustentabilidade, contará com os seguintes sistemas: coleta de água da chuva nos telhados; aquecimento solar de água para banho; iluminação zenital nos sanitários e separação de águas cinzas, negras e amarelas.

### 3.7 MODIFICAÇÕES E ADAPTAÇÕES

Estão previstas as seguintes alterações e melhorias para a habitação:

Na área de estar deseja-se fazer uma ampliação da área para o sul, de modo a atender à função de ter uma vista mais ampla e melhorada do jardim, e a instalação de uma lareira, para promover um local com incentivo à convivência social.

Quanto aos sanitários, deseja-se deslocá-los para junto à orientação norte da edificação, a criação de sanitários femininos e masculinos, além de um sanitário para acesso universal, sem especificação de gênero. Além disso, a instalação de chuveiros masculinos e femininos.

Os seguintes sistemas serão instalados na habitação: um sistema de coleta de água da chuva nos telhados, para que se possa fazer um uso consciente e sustentável desse recurso; o uso de placas de aquecimento solar, para aquecer a água para banho, o uso de iluminação zenital nos sanitários, e também, um sistema de separação de águas cinzas, negras e amarelas.

### 3.8 CARACTERÍSTICAS DA CIDADE E LOCAL DO PROJETO

O futuro alojamento, será instalado na cidade de Feliz, RS, que está localizada no vale do Caí, a, aproximadamente, 83 km da capital, Porto Alegre. O município possui uma área de 95,37 Km<sup>2</sup> e sua temperatura varia de 5° C a 39 °C, possuindo uma temperatura média de 20° C.

Possui em torno de 14.000 habitantes; sendo destes, 75% residem na zona urbana do município e 25% na zona rural.

Em 1998, o município contava com o maior IDH do país, e ocupou a 62° posição no ranking mundial. Possui o maior Indicador Social de Desenvolvimento (ISDM) do RS e quinto do país. Além disso, é a 11ª cidade mais igualitária do país (PREFERITURA DE FELIZ, 2015).

O terreno onde a edificação estará localizada possui 6,5 ha e está distante, aproximadamente, 2 km do centro da cidade. A figura 9 mostra a sua localização.



Figura 9 – Localização da antiga estância

A figura 10, abaixo, mostra como está caracterizada a vegetação do local.



Figura 10 – Ambiente onde estará situada a edificação

### 3.9 DETALHES DO PROJETO

A figura 11, mostra como a planta da estrebaria era antes da intervenção de restauro.

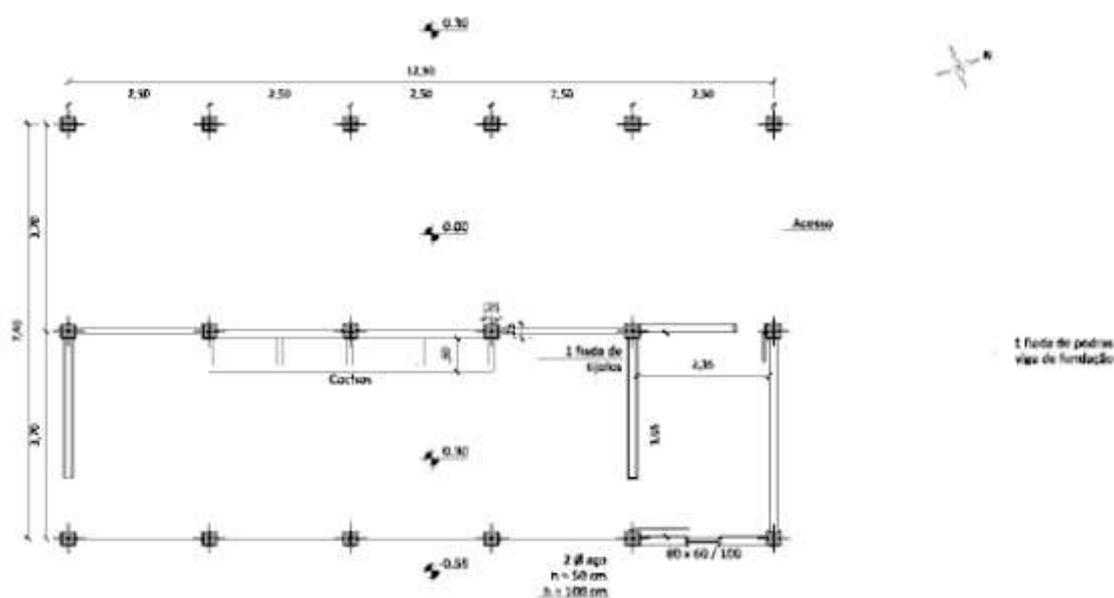


Figura 11 – Planta da estrebaria antes da conversão

#### 3.9.1 Acréscimo de Área

Serão acrescidas áreas para ampliação, com o intuito de que se tenha uma maior capacidade de hospedagem no alojamento. A figura 12, ilustra esta nova configuração.



Figura 12 – Acréscimo de área à construção original

### 3.9.2 Sistema de Coleta de Água da Chuva

A figura 13, mostra um croqui, como uma possibilidade de como poderá vir a ser o sistema de coleta de água de chuva.

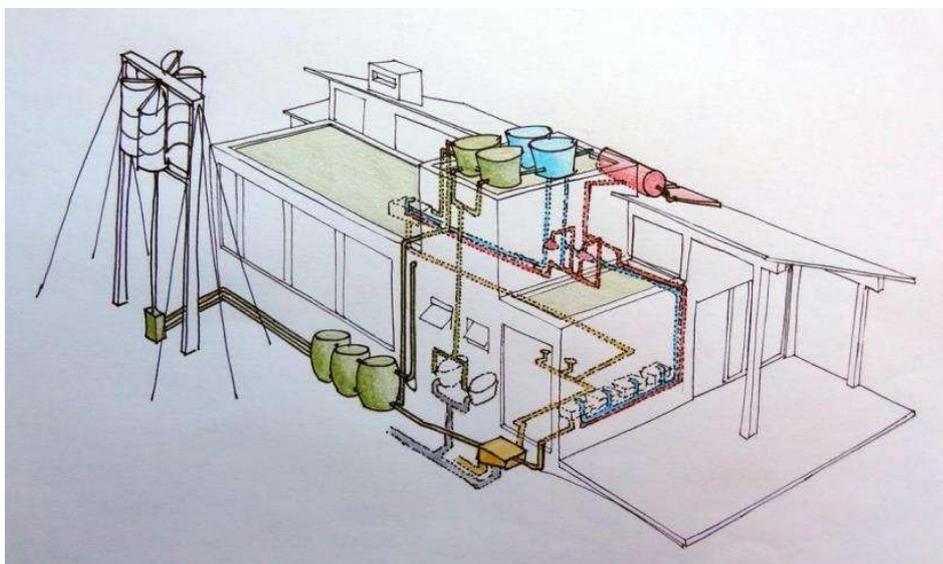


Figura 13 – Coleta de água da chuva

### 3.9.3 Circulação Geral do Ar

A visão em corte, na figura 14, ilustra a estratégia de circulação de ar, para obter o efeito de ventilação cruzada na habitação e atenuar o desconforto térmico em condições de calor. As linhas em azul ilustram o fluxo de ar em movimento, enquanto as amarelas, os raios de sol.

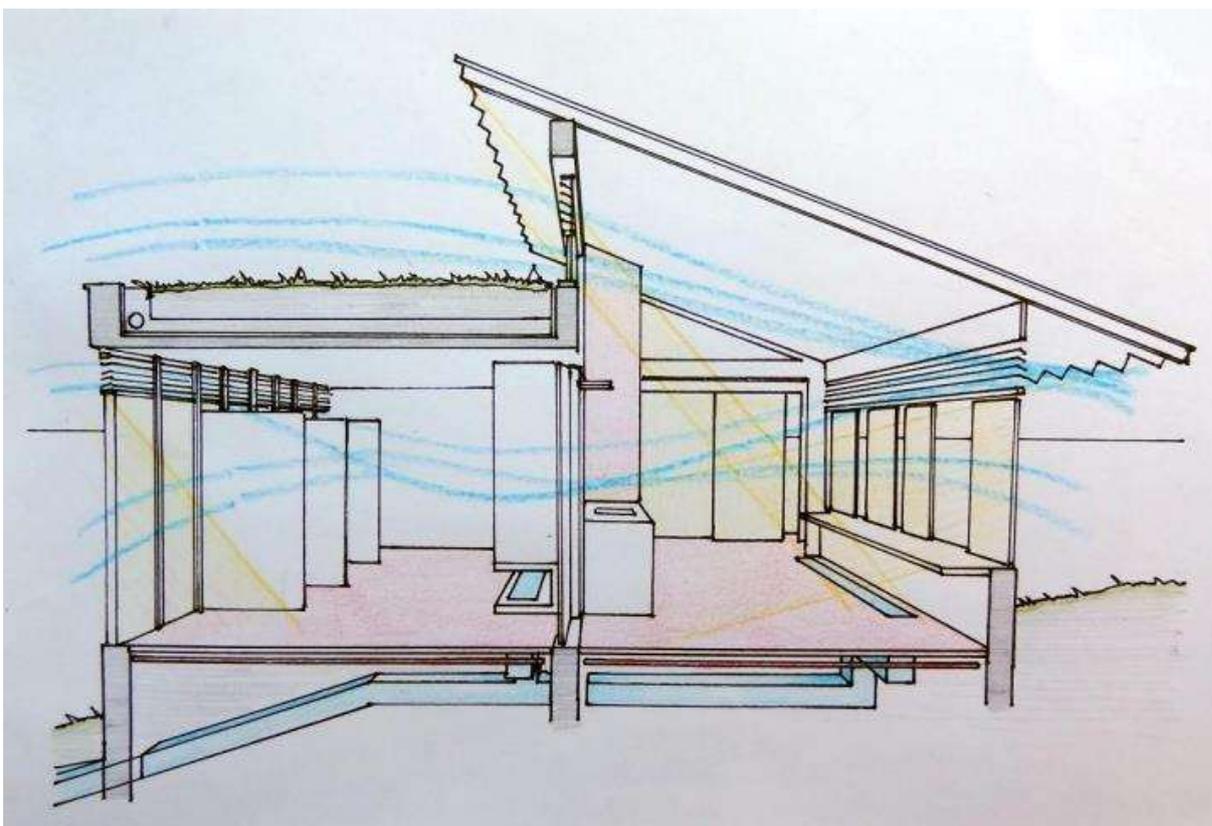


Figura 14 – Ventilação cruzada

### 3.9.4 Sistema de Aquecimento

Na figura 15, consta um croqui do sistema de aquecimento de água, que se prevê que seja instalado na habitação. Esse aquecimento ocorrerá a partir de um sistema de biomassa de acumulação.

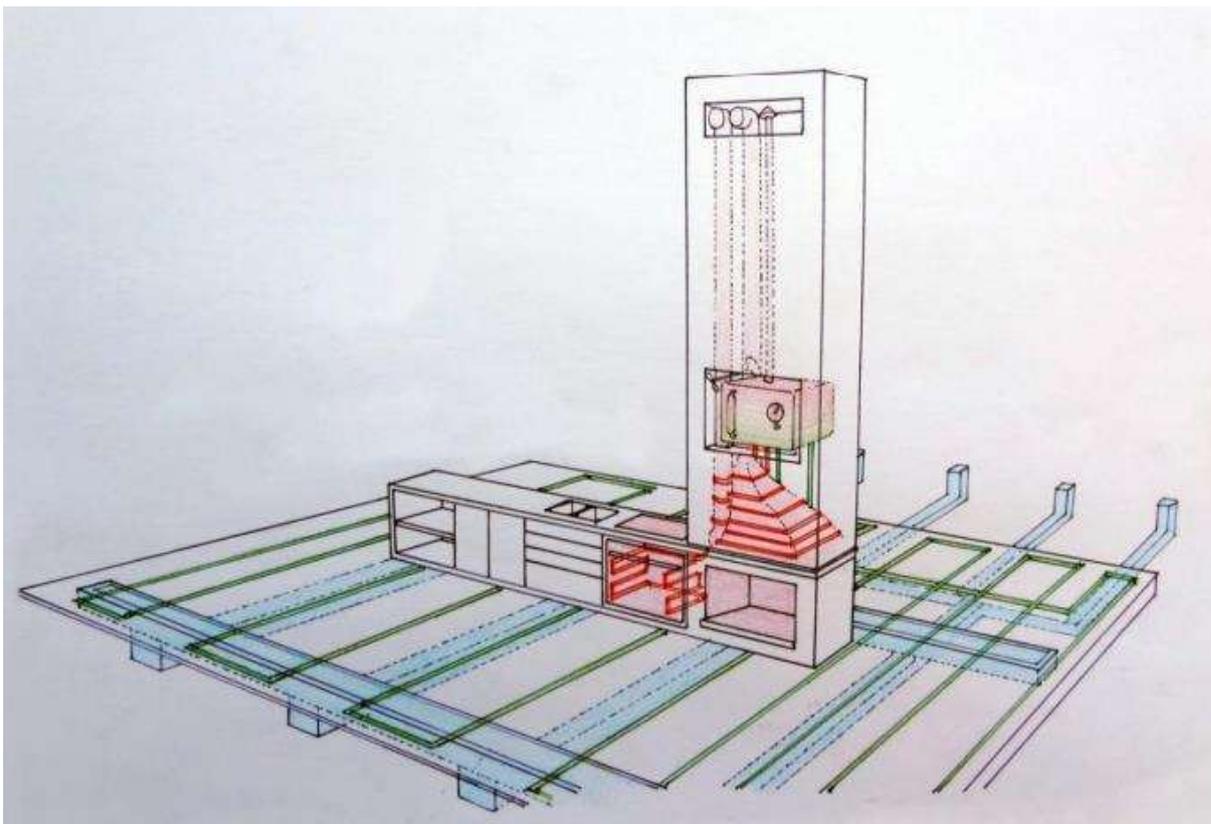


Figura 15 – Sistema de aquecimento de água

### 3.9.5 Sistema de Tratamento de Esgotos

A edificação contará com um sistema próprio de tratamento de resíduos líquidos, que contará com uma fossa séptica, composta por tanque e filtro anaeróbio, para redução da carga orgânica. As águas residuárias serão tratadas localmente. A figura 16 mostra a planta do sistema, além do detalhamento dos componentes do sistema.

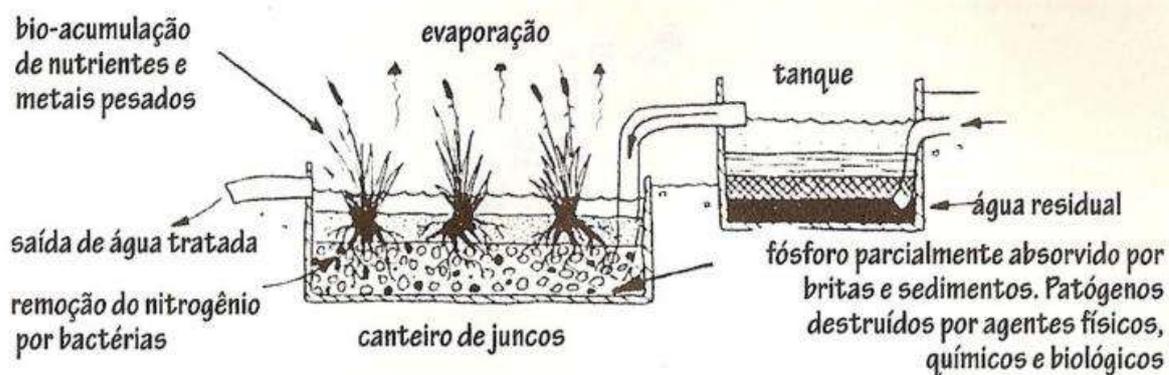
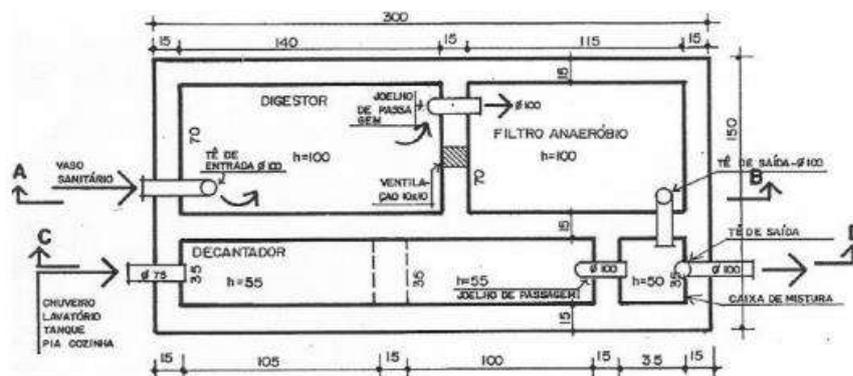


Figura 16 – Sistema de tratamento de resíduos líquidos

### 3.10 MATERIAIS E CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Quando se pensou no projeto de conversão da estrebaria, além das características relativas à sustentabilidade e relacionadas ao conforto e desempenho, projetou-se visando obter-se uma edificação esteticamente agradável, que pudesse ser apreciada pelos futuros usuários do alojamento. A figura 17, mostra uma concepção final do projeto.



Figura 17 – Concepção final do projeto

Pretende-se que o projeto entregue algumas estratégias e materiais alinhados com os conceitos de sustentabilidade, que serão descritos na sequência

### 3.10.1 Telhado Verde

Telhados verdes são frequentemente associados a construções sustentáveis (SASSI, 2006). Esses telhados, podem contribuir para a redução dos índices de escoamento superficiais em cidades altamente adensadas e, com alto índice de impermeabilização do solo, que bloqueiam a absorção de água pelo solo e também onde a pavimentação também reduza essa absorção, contribuindo para causar alagamentos nas cidades.

Os telhados verdes contribuem, ainda, para o isolamento térmico e acústico do ambiente, no que se refere ao frio, calor e sons indesejáveis. O solo integrante do substrato do telhado verde, principalmente, quando está saturado, também protege a membrana impermeabilizante de deformações excessivas (SASSI, 2006).

De maneira similar, eles ajudam a reduzir a temperatura do ambiente, principalmente em grandes cidades, onde se formam as chamadas “ilhas de calor urbanas”, efeito que ocorre quando alguns materiais retêm o calor, transmitindo para o ar, assim contribuindo para uma temperatura urbana mais elevadas do que nas zonas rurais circundantes.

Ao se construir telhados verdes visíveis, isso pode se tornar uma visão prazerosa para quem olha, uma vez que eles transmitem a sensação de equilíbrio e são esteticamente agradáveis. A figura 18, ilustra essa visão.



Figura 18 – Concepção do telhado verde da edificação

Outro efeito interessante deste tipo de telhado, é a capacidade de atrair vida selvagem, podendo-se usar certos tipos de plantas e sementes, que possam atrair pássaros, borboletas, abelhas, aumentando o potencial de sobrevivência desses animais.

Esse tipo de telhado exige manutenção constante, entretanto, devido aos benefícios apresentados, acabam por compensar.

### 3.10.2 Cordwood

Utilizar-se-á *Cordwood* (Cordão de Madeira), que consiste em um tipo de vedação composta por cilindros de lenhas cortadas no mesmo comprimento de, aproximadamente, 20 centímetros, com diferentes larguras, na construção de um componente da edificação, para fins demonstrativos da técnica. A madeira deve estar seca, sem rachaduras. Deve-se usar madeiras que pouco encolham e expandam. Deve-se tratá-las com bórax (inseticida, fungicida e conservante), antes da execução. A argamassa de mistura consiste em terra crua, água e areia, mais um aglutinante: palha, cimento ou cal.

A madeira é apoiada na argamassa utilizada, nos extremos da parede, e entre os cilindros pode ser colocado material isolante ou outros, como palha, serragem ou lixo seco. A fundação deve ser de pedra ou blocos de concreto, com alicerce de aproximadamente 50 centímetros, a partir da superfície do solo, para conter umidade, e contando com impermeabilização. Este sistema constitui parede de vedação, sendo necessário um sistema estrutural. Possui a vantagem de ser uma superfície eficiente, do ponto de vista térmico e acústico (madeira, vão entre argamassas), e sendo de fácil execução.

A utilização dessa técnica trás as seguintes vantagens: o baixo custo, em relação a outras formas de sistemas de vedação; contribui para o uso eficaz da energia térmica, uma vez que evita saltos na amplitude de temperatura; faz uso de materiais limpos ecologicamente e sustentáveis. A figura 19, mostra um exemplo de aplicação de cordwood.



Figura 19 – Parede em cordwood

### 3.10.3 Vidro Duplo

O uso desse material, torna-se interessante na fachada norte das habitações, pois estes agem como coletores solares, permitindo que por meio de venezianas dispostas entre as lâminas de vidro, controle-se a entrada de radiação solar e assim, o calor.

O vidro com camada dupla influencia de maneira positiva o conforto térmico e também é esteticamente agradável e interessante, particularmente para o tipo de ambiente para o qual está sendo previsto. Desta maneira, o vidro duplo mantém a temperatura e a umidade do ar agradáveis, elimina o efeito da parede fria, via controle da ventilação e da insolação, protegendo contra o calor no verão e contra a condensação e correntes de ar, em condição de inverno (MULLER, 2011, p. 110).

A figura 20 mostra um esquema de parede de vidro dupla, a ser usada na habitação.



Figura 20 – Parede de vidro dupla

#### **3.10.4 Efeito Chaminé**

O efeito chaminé consiste em um modo de ventilação natural, no qual há movimento de massas de ar, sem que seja necessária adição de energia mecânica ao processo. Uma vez que o movimento do fluxo de ar depende da diferença de pressões entre a parte interna e externa da edificação pode-se, com o uso das aberturas em diferentes alturas, fazer-se o uso deste efeito, para que se tenha o resfriamento interno, por meio de convecção natural, sem depender energia extra, e, desta forma, o resfriamento se dá de maneira menos impactante, em termos energéticos (CHIARELLO, 2006).

#### 4. ANÁLISE TERMO-ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO

Para análise termo-energética da edificação, utilizou-se dois *softwares*, como recurso adicional, sendo eles o Autodesk Revit 2019 e o Ecotect Analysis, como já mencionados. Abaixo, a figura mostra a modelagem através do modelo de Energia 3D. A figura também mostra a trajetória solar para o dia 27 de maio de 2018.

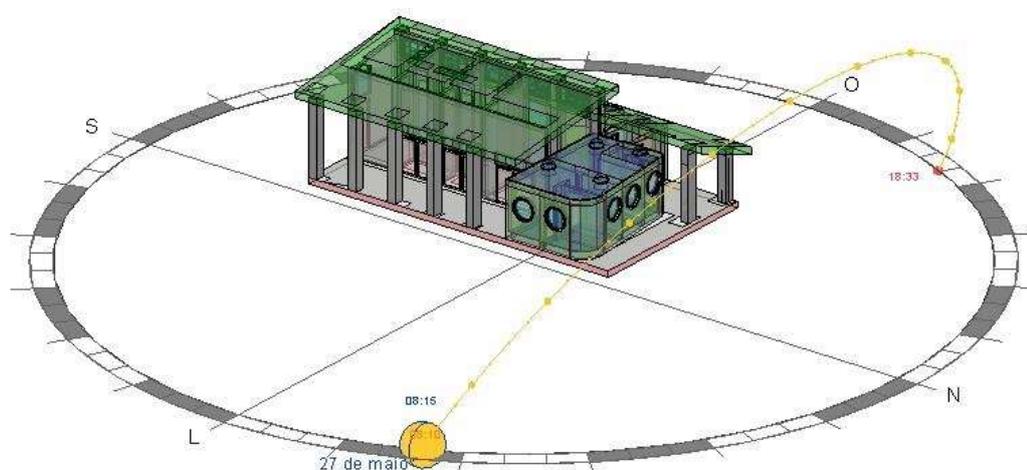


Figura 21 – Modelo de energia 3D

(fonte: Elaborado pelo autor)

A figura a seguir, mostra uma simulação do sombreamento da edificação.

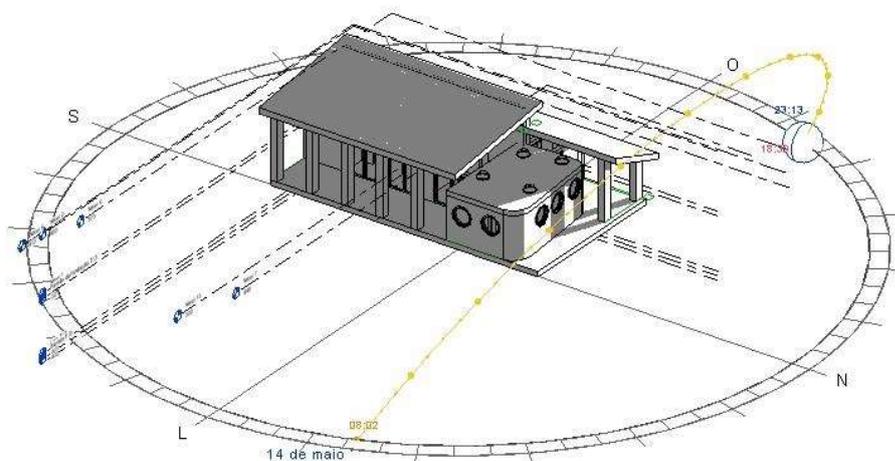


Figura 22 – Sombreamento na edificação, em 14 de maio de 2018

(fonte: Elaborado pelo autor)

Por meio do software Ecotect Analysis, gerou-se, também o caminho solar anual, como mostra a figura.

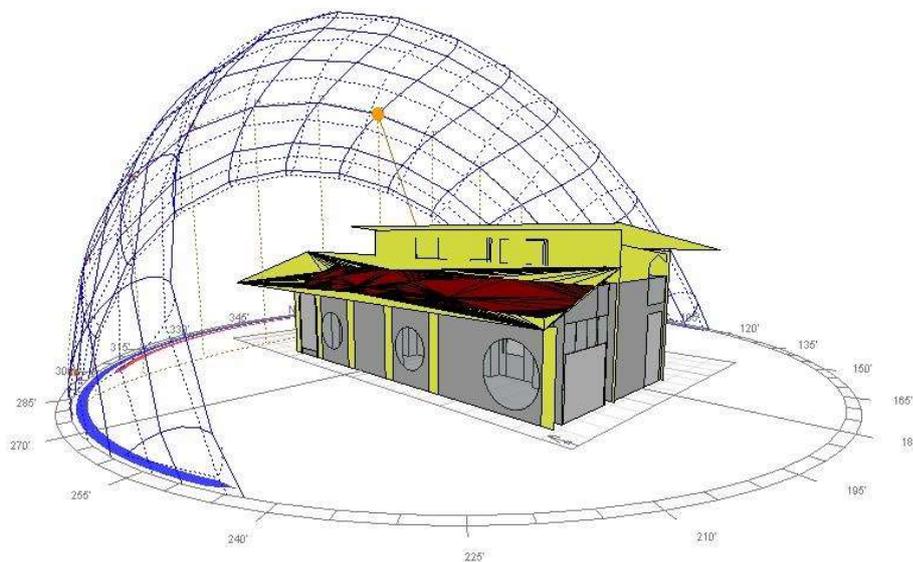


Figura 23 – Trajetória solar anual

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 4.1 DETALHES CONSTRUTIVOS

### 4.1.1 Telhado de Uma Água

O telhado, de uma água, consiste em um sistema composto de camadas, para que se tenha um melhor desempenho, no que se refere a características térmicas. É composto por forro e madeira, caibros e ripas, chapa metálica residual da técnica de impressão *OFFSET*, camadas de ar e telhas cerâmicas de reuso. A figura 24, abaixo, esquematiza o telhado.

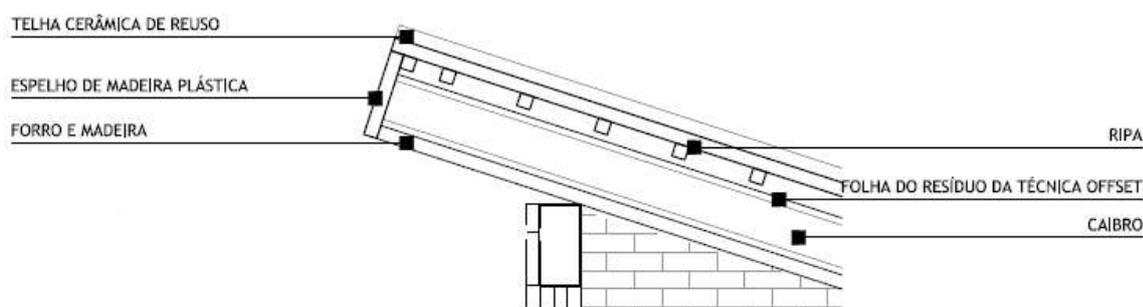


Figura 24 – Telhado da Edificação

(fonte: Arquiteta Responsável, 2015)

Ao fazer a composição deste telhado no software Revit, definiu-se as seguintes propriedades, como constante na tabela abaixo.

Tabela 4 – Propriedades do telhado

Família:	Telhado básico		
Tipo:	Telhado Casa Alvorada		
Espessura total:	124.00 (Padrão)		
Resistência (R):	40.5786 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
Massa térmica:	34.71 kJ/K		
Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada d</b>	<b>0.00</b>
2	Substrato [2]	Telhado, Azulejo	15.00
3	Camada térmica/ar [3]	Ar	50.00
4	Substrato [2]	Chapa de Offset	1.00
5	Camada térmica/ar [3]	Ar	50.00
6	Estrutura [1]	Forro de Madeira	8.00
7	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada d</b>	<b>0.00</b>

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 4.1.2 Telhado Verde

Para o telhado verde, localizado acima dos sanitários, utilizou-se a seguinte configuração, contida na figura 25,

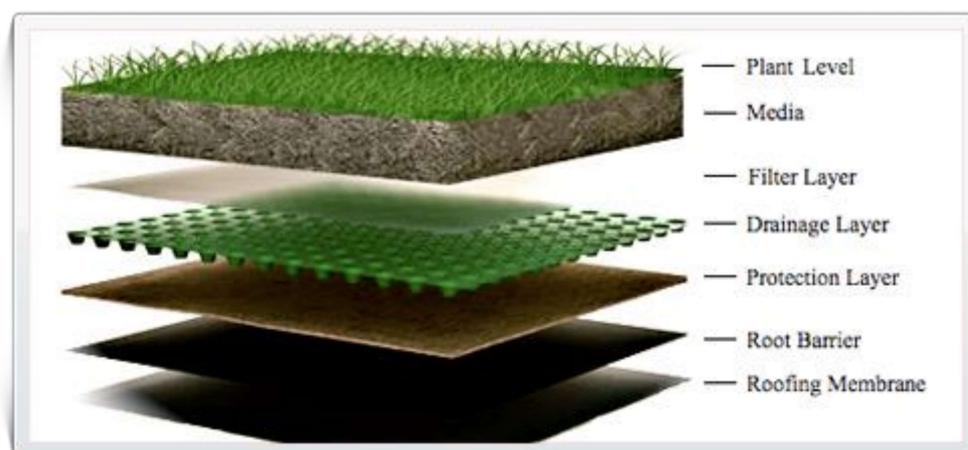


Figura 25 – Telhado verde

Ao fazer a composição do telhado vivo no software Revit, obteve-se as seguintes propriedades, como constante na tabela a seguir.

Tabela 5 – Propriedades do telhado verde

Família:	Telhado básico		
Tipo:	Telhado Verde		
Espessura total:	32.50 (Padrão)		
Resistência (R):	0.9157 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
Massa térmica:	40.33 kJ/K		
Camadas			
	Função	Material	Espessura
1	Acabamento 1 [4]	Gramma	5.00
2	Estrutura [1]	Terra	10.00
3	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada</b>	<b>0.00</b>
4	Estrutura [1]	Plástico	2.50
5	Estrutura [1]	Madeira – Manchada	2.50
6	Estrutura [1]	A prova de umidade	2.50
7	Estrutura [1]	Telhado, Membrana EPD	10.00
8	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada</b>	<b>0.00</b>

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 4.2 ANÁLISE DA RADIAÇÃO ATUANTE NA EDIFICAÇÃO

Utilizando o software Ecotect, obteve-se as seguintes distribuições de irradiação incidindo na edificação, onde as cores quentes indicam maior intensidade e as cores frias, menores, como mostra a legenda ao lado da edificação. Da análise visual das figuras infere-se que há mais radiação solar nos telhados, como esperado. Onde há sombreamento do telhado há uma redução da radiação incidente. Onde há o telhado verde e o cordwood também há menor efeito da radiação, isso devido às propriedades térmicas dos mesmos.

As figuras abaixo mostram esta distribuição, com referência às faces sul e norte da edificação, respectivamente.

**OBJECT ATTRIBUTES**  
**Total Radiation**  
 Value Range: 18000.0 - 1023000.0 Wh/m2  
 (c) ECOTECH v5

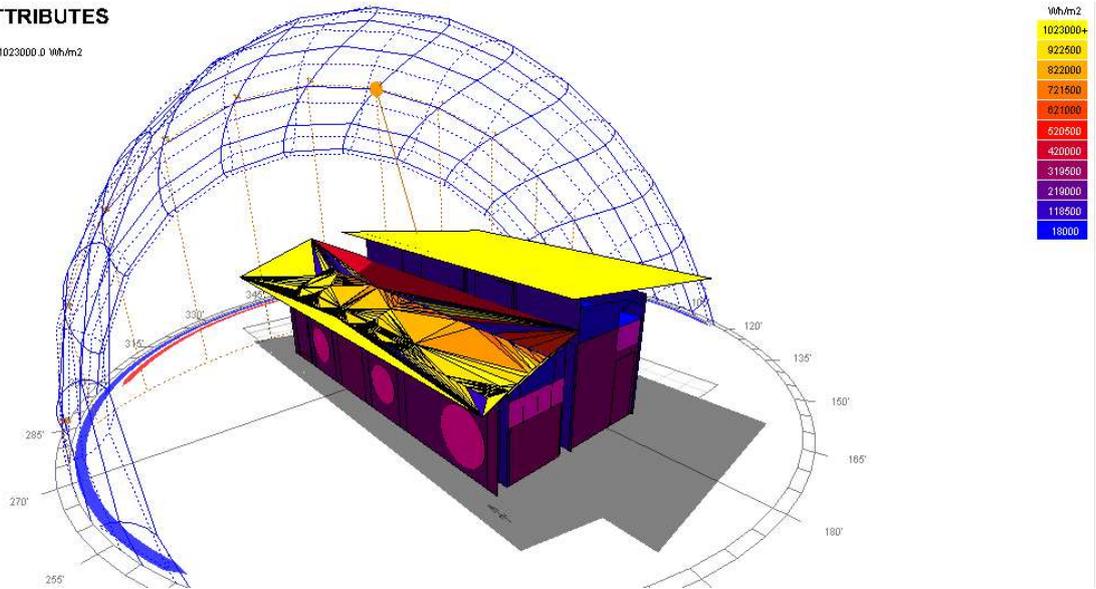


Figura 26 – Radiação total, com referência na face sul

(fonte: Elaborado pelo autor)

**OBJECT ATTRIBUTES**  
**Total Radiation**  
 Value Range: 18000.0 - 1023000.0 Wh/m2  
 (c) ECOTECH v5

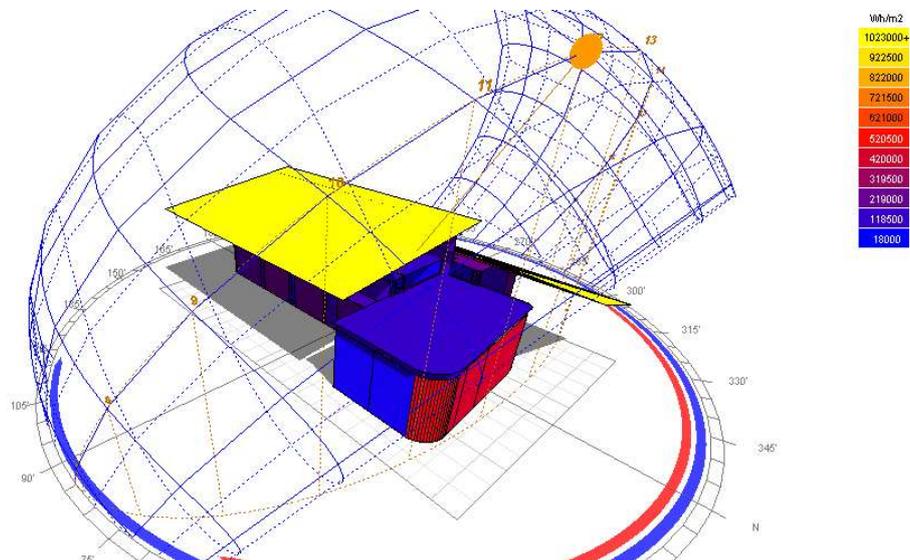


Figura 27 – Radiação total, com referência na face norte

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 4.3 CARTA PSICROMÉTRICA

A figura abaixo mostra a carta psicrométrica, para a cidade de Porto Alegre, que foi gerada utilizando-se a ferramenta climática do Ecotect

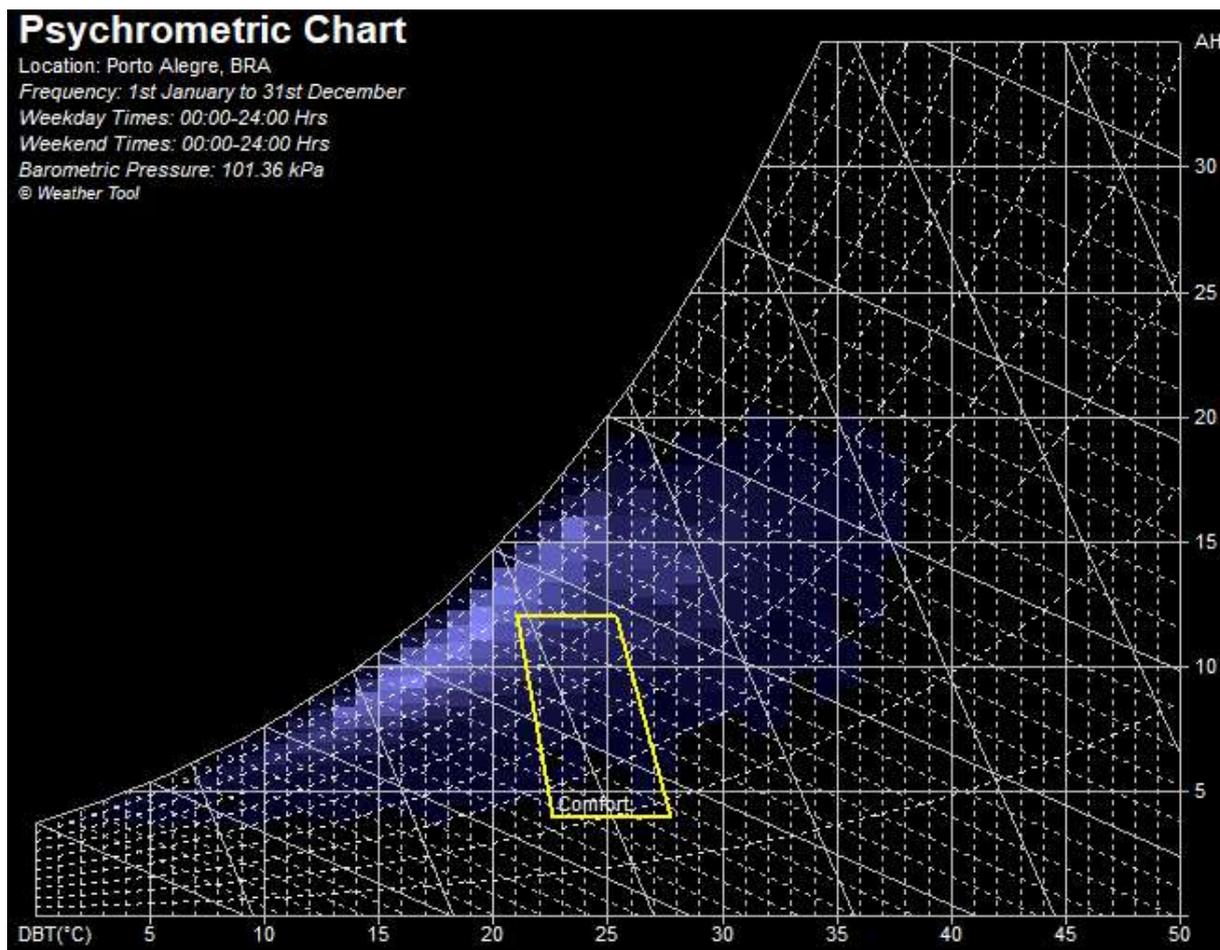


Figura 28 – Carta psicrométrica

(fonte: Elaborado pelo autor)

Com o auxílio da carta psicrométrica gerada pelo *software* Ecotect, pode-se comparar a reação de conforto, grifada em amarela, com a figura 5, carta bioclimática, e, então, adotar as estratégias para a zona climática 3, como constam na tabela 1. Sendo elas: aquecimento artificial (A), aquecimento solar passivo (B) e massa térmica de aquecimento (C), para a condição

de frio. Para a condição de calor, as estratégias que devem ser adotadas são: ventilação (I+J), refrigeração artificial e massa térmica de refrigeração (H+I).

#### 4.4 OCUPAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Para estudar como varia a carga térmica da edificação, define-se o seguinte padrão de ocupação: três pessoas por ambiente, estas desempenhando atividades leves, como leitura, repouso, meditação. Deseja-se manter a temperatura entre 18° a 22° C. A taxa de ocupação é dada pelo gráfico abaixo, onde, no período noturno, há um maior número de pessoas na edificação e que diminui durante as horas úteis do dia.

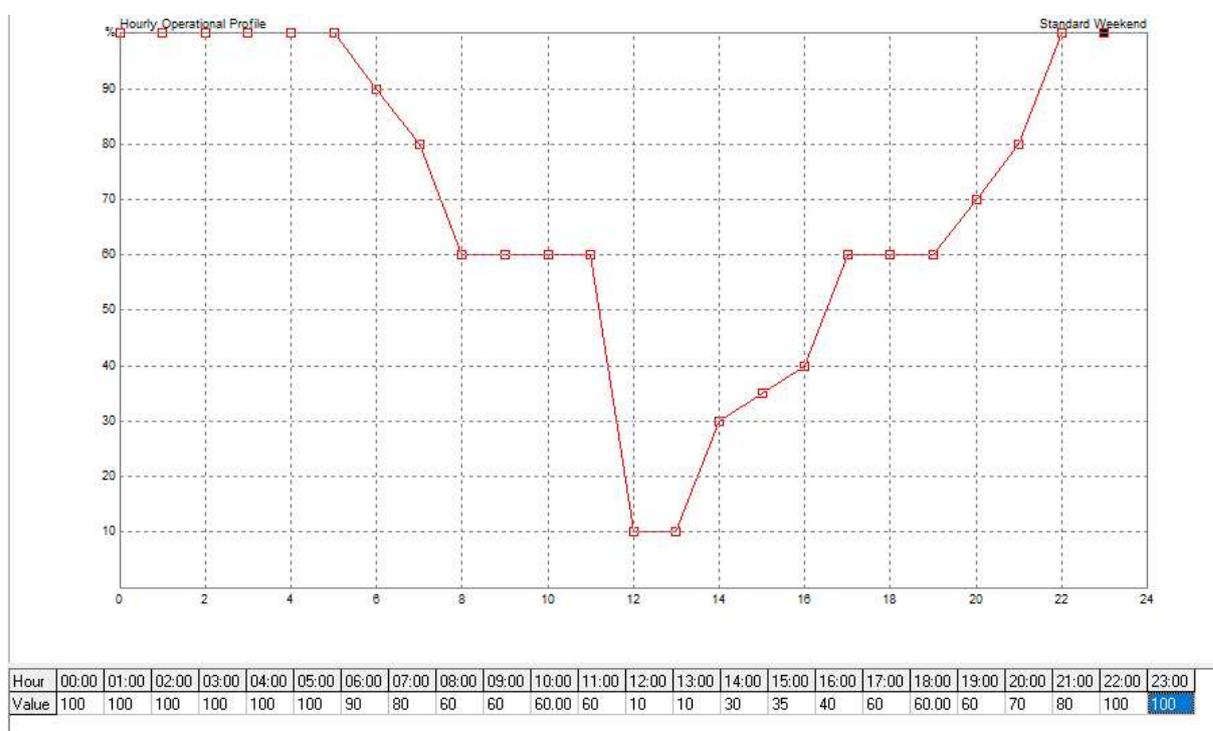


Figura 29 – Gráfico de ocupação da edificação durante um dia

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 4.5 CARGA DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO

Tendo em vista o padrão de ocupação descrito anteriormente, pode-se estudar como a carga térmica varia ao decorrer do ano. No gráfico, as barras azuis denotam necessidade de resfriamento, e as vermelhas, a necessidade de aquecimento. Os retângulos coloridos no interior destas, referem-se às zonas térmicas identificadas no estudo de radiação solar.

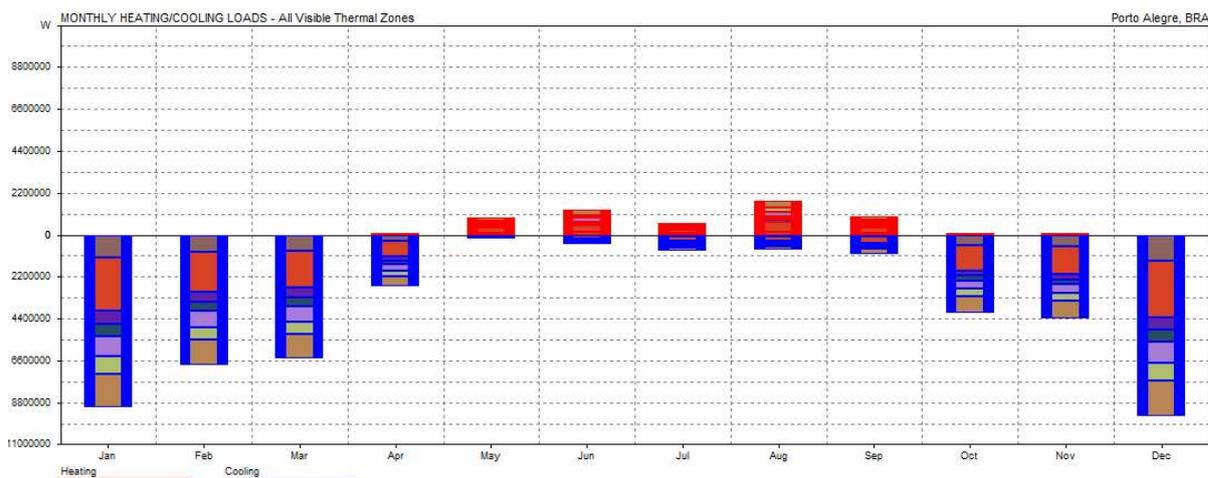


Figura 30 – Gráfico da carga de aquecimento e resfriamento

(fonte: Elaborado pelo autor)

Analisando o gráfico acima, podemos compreender que será necessário despender mais energia para o processo de resfriamento da edificação, do que para o aquecimento da mesma.

## 4.6 GANHOS E PERDAS DE CALOR

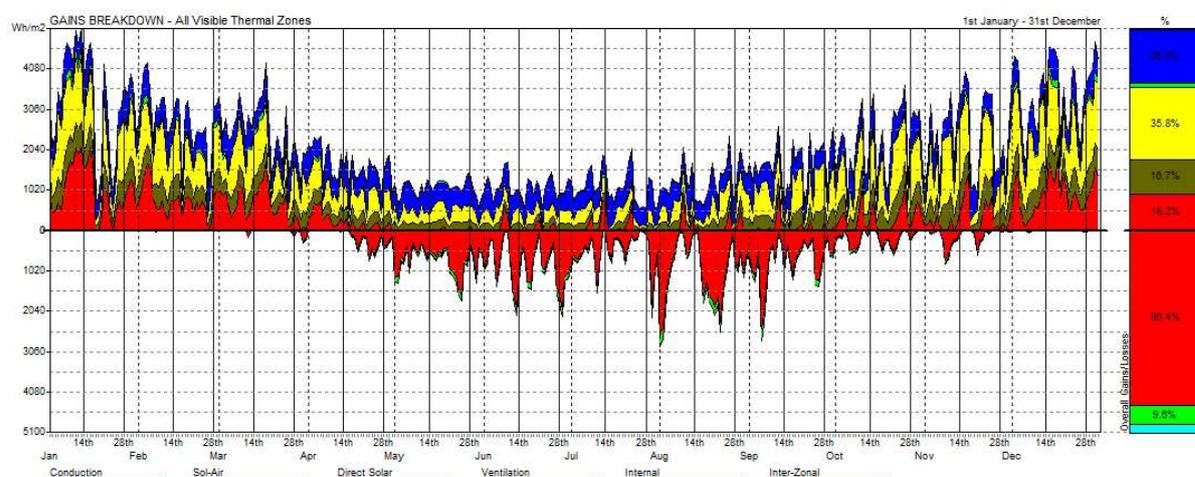


Figura 31 – Gráfico das perdas e ganhos de calor na edificação

(fonte: Elaborado pelo autor)

**Tabela 5** – Perdas e ganhos de calor na edificação

CATEGORY	LOSSES	GAINS
FABRIC	86.4%	18.2%
SOL-AIR	0.0%	16.7%
SOLAR	0.0%	35.8%
VENTILATION	9.6%	2.2%

(fonte: Elaborado pelo autor)

Por meio da análise do gráfico das perdas e ganhos de calor na edificação, quantizado pela tabela 5, conclui-se que as maiores perdas ocorrem por condução, chegando a 86,4%. Em contraste, os maiores ganhos de energia ocorrem pela interação da edificação com a radiação solar, chegando a 35,8%.

## 5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO UTILIZANDO REVIT E SUGESTÕES DE MELHORIAS

As seguintes melhorias foram sugeridas pela análise do modelo BIM através do *software* Revit. As sugestões são realizadas da seguinte maneira; nos gráficos o triângulo refere-se ao modelo BIM analisado; enquanto os círculos referem-se a outros modelos ou configurações usadas para comparação. Pode-se entender como outros modelos, os casos em que o *software* sugere, outros tipos de materiais para comparação com o modelo BIM, como por exemplo: sugestão de paredes de materiais diferentes, sugestão de outros tipos de vidros, e, outros materiais para constituição do telhado. E, entende-se por diferentes configurações, as sugestões relativas a possibilidades utilizando os mesmos materiais, como por exemplo, a alteração da proporção parede-abertura, o giro da edificação em torno de um eixo, e o sombreamento das aberturas. A figura 32, abaixo, mostra um exemplo de análise, na qual o modelo BIM, encontra-se representado pelo triângulo e as sugestões de configurações são representadas pelos círculos. Em todos os gráficos gerados pelo Revit, a unidade do eixo das ordenadas, representa o custo em reais por metro quadrado por ano.

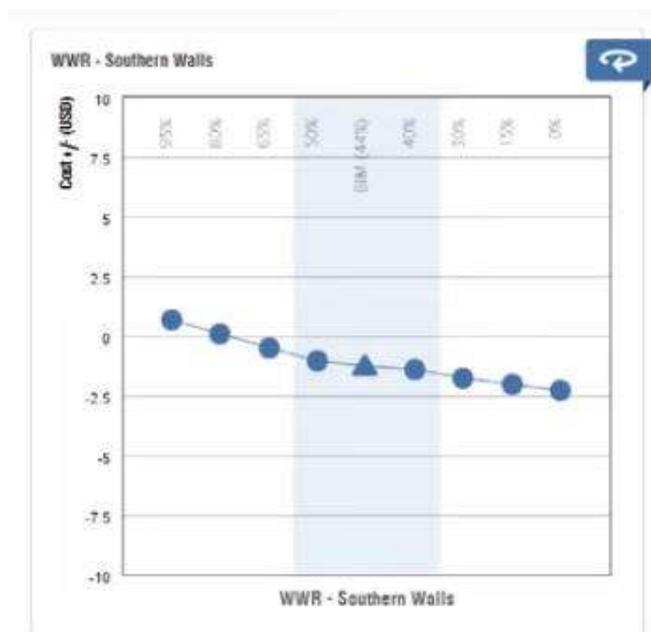


Figura 32 – Exemplo de análise obtida pelo *software* Revit 2019

(fonte: Elaborado pelo autor)

A figura 33, abaixo, mostra como o software realizou a partição dos elementos construtivos, para análise termo energética, onde a mesma cor indica cada elemento com as mesmas propriedades físicas e térmicas.

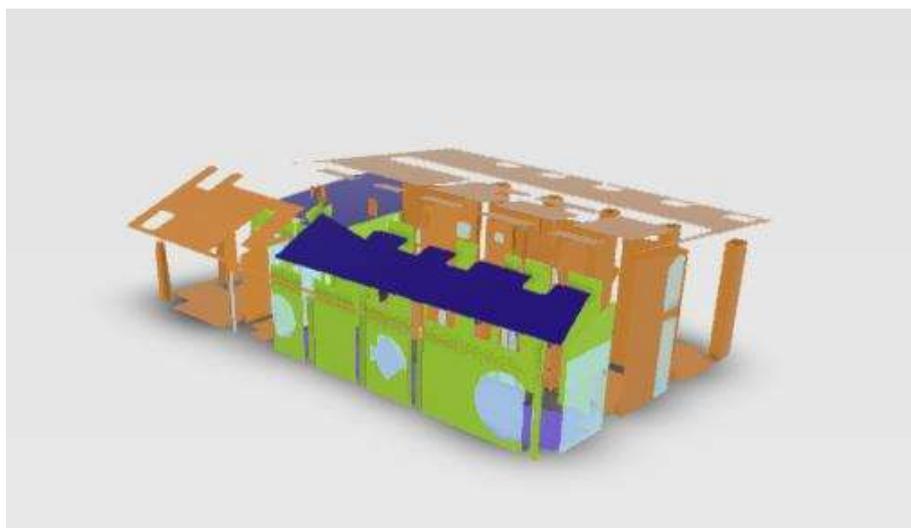


Figura 33– Modelo de análise explodido

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 5.1 CUSTOS NA CONFIGURAÇÃO DE PROJETO ATUAL

Na configuração de projeto atual, sem as otimizações sugeridas pelo *software* Revit, com o valor do kWh considerado como sendo de R\$ 0,94 e valor do metro cúbico de gás, a R\$ 3,29 o software Revit estimou o custo anual de R\$145,00 por metro quadrado de área construída, para manter as condições ideais de temperatura e iluminação.

## 5.2 SUGESTÕES PARA REDUÇÃO DE CUSTO E MELHOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 5.2.1 ORIENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Para um melhor aproveitamento da energia solar, sugere-se o giro da edificação de 90° do lado Norte, em direção à Leste. Este ajuste reduziria o custo anual em R\$59,70, por metro quadrado de área construída. Entretanto, por se tratar de uma intervenção onde já há uma construção, esta sugestão poderia não ser acatada.

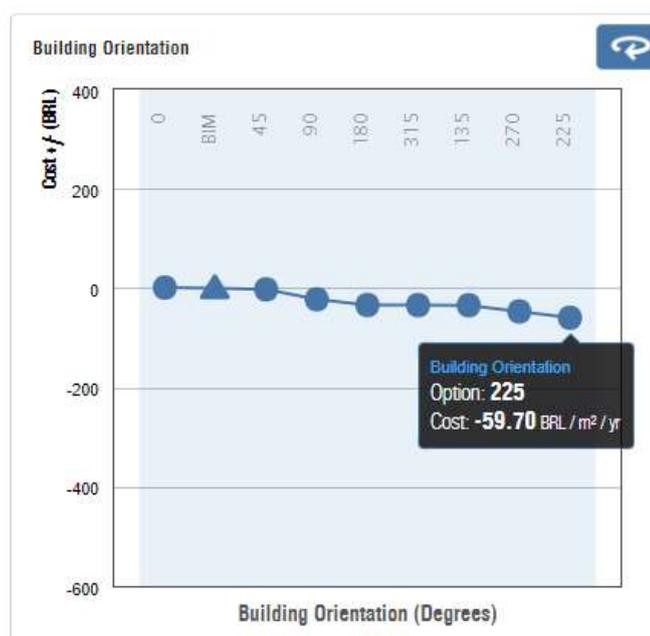


Figura 34— Gráfico do custo em função da orientação da edificação

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 5.2.2 Proporção Parede-Abertura

A proporção entre a área constituída por uma abertura e a área de parede maciça, na qual a abertura está inserida, impacta sobre a interação da edificação com a luz solar e, também, afeta as trocas térmicas entre a edificação e o exterior.

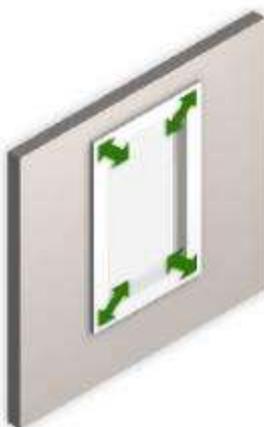


Figura 35– Proporção parede-abertura

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 5.2.2.1 Face Sul da Edificação

Em nossa edificação de estudo, a proporção parede-abertura, tomando como referência a face sul, é de, aproximadamente, 30%, o que acarretaria um custo de R\$ 0,34 por metro quadrado de área construída. Para a melhor possibilidade, a proporção parede-abertura sendo de 0% (considerando a parede toda como uma janela), haveria economia de R\$ 1,90 por metro quadrado de área construída por ano, enquanto para o pior cenário, considerando a proporção de 95% (praticamente a parede toda sem abertura) haveria um custo de R\$5,31 por metro quadrado de área construída por ano. Observando os quantitativos de custos, não haveria necessidade de ampliação da proporção entre abertura e parede, pois o custo anual foi considerado pouco oneroso.

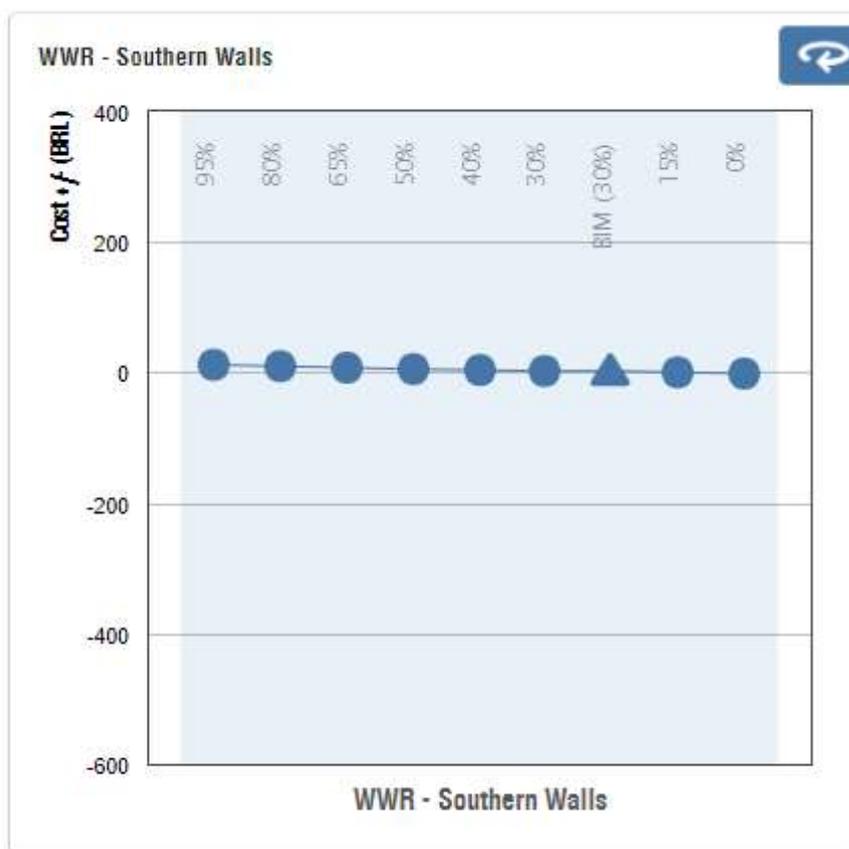


Figura 36 – Custo em função da proporção parede-abertura para a face sul

(fonte: Elaborado pelo autor)

#### 5.2.2.2 Face Norte da Edificação

Como analisado anteriormente, esta proporção também deve ser analisada tomando a fachada norte da edificação como referência. Para este referencial, observa-se uma maior amplitude dos custos em relação ao referencial da face sul, já que a proporção parede-abertura é de, aproximadamente, 26%, o que acarretaria um custo de R\$ 10,38 por metro quadrado de área construída. Para o melhor cenário, como mostra a simulação do software Revit, haveria economia de R\$ 6,83, por metro quadrado de área construída, enquanto o pior cenário considerando a proporção parede-abertura de 95%, haveria um custo de R\$80,13, por metro quadrado de área construída por ano. Entretanto, nesta face, há elementos construtivos especiais, que ajudam na redução e equilíbrio da temperatura interna da edificação, tais como: a parede de

*cordwood*, os dispositivos de iluminação zenital, e também o telhado vivo. Dessa forma, justifica-se a preservação desta proporção.

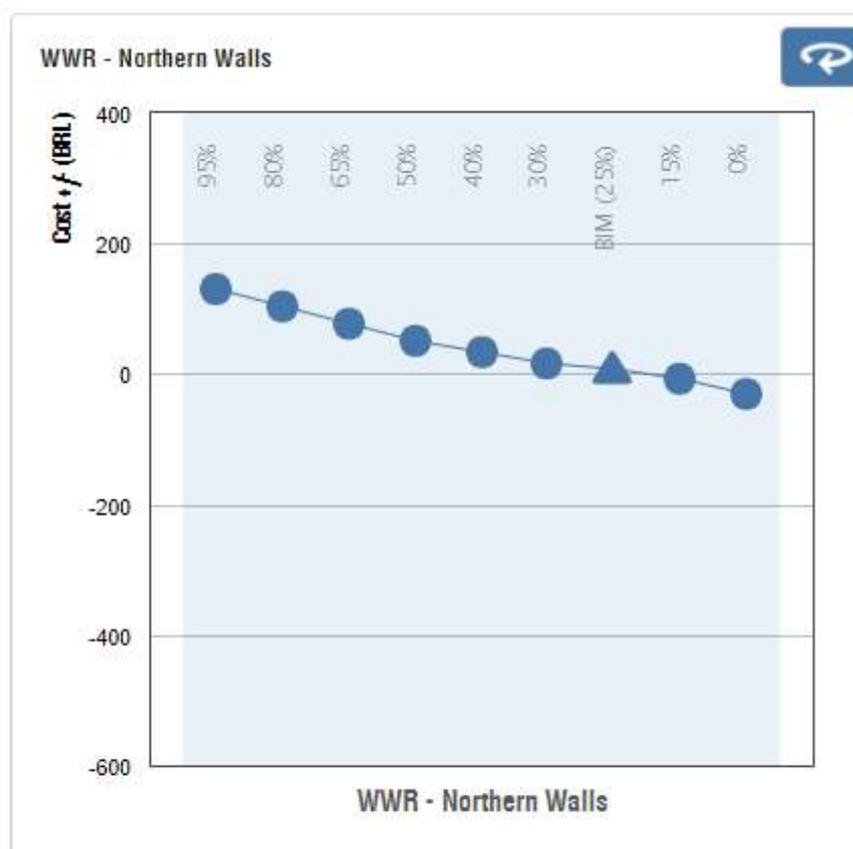


Figura 37– Custo, em função da proporção parede-abertura para a face norte

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 5.2.2.3 Face Oeste da Edificação

A análise da face oeste, acaba por ser a mais crítica, pois como inferido por meio do mapa de radiação, é a face que recebe mais radiação solar, e, também, a que detém maior área contínua. A figura 38, mostra que a proporção é de 22%. Esta porcentagem acarretaria uma economia de R\$ 6,71, por metro quadrado de área construída. Analisando a melhor projeção, haveria economia de R\$ 76,86, por metro quadrado de área construída por ano, enquanto, na pior projeção, tomando a proporção Parede-Abertura de 95%, haveria um custo de R\$201,91,

por metro quadrado de área construída. Para a face oeste da edificação, o autor acredita que poderia-se aumentar a proporção parede-abertura, de modo a reduzir os custos futuros com iluminação e climatização, e melhorar o desempenho térmico da edificação, entretanto, sem desconstruir a concepção holística pensada para o projeto.

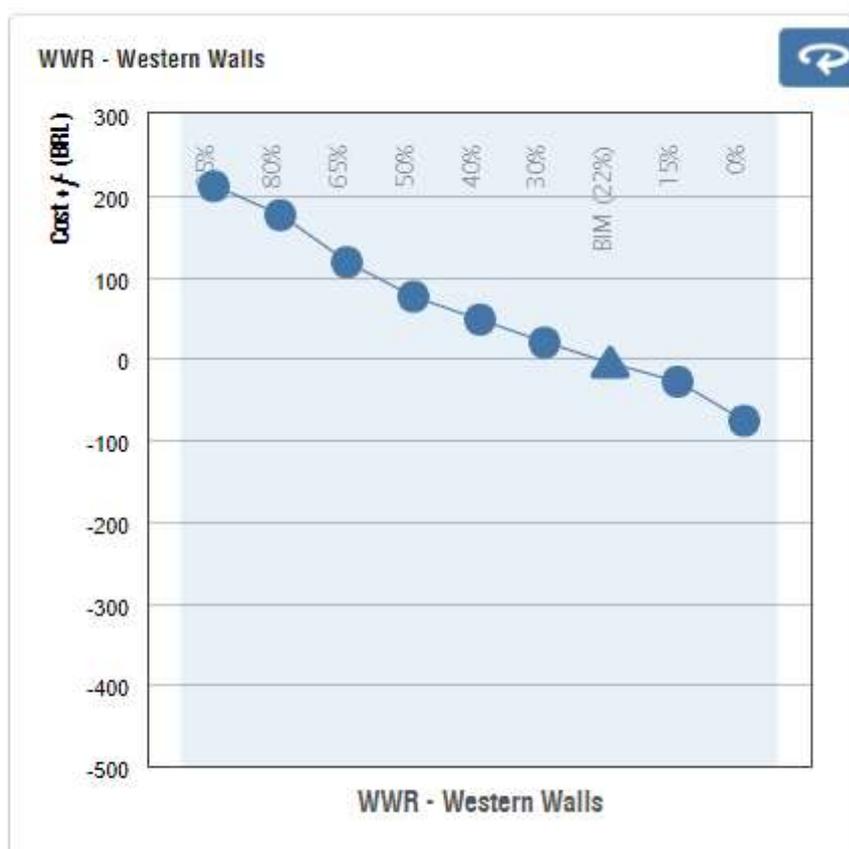


Figura 38– Custo, em função da proporção parede-abertura para a face oeste

(fonte: Elaborado pelo autor)

#### 5.2.2.4 Face Leste da Edificação

O *software* Revit, por uma limitação de continuidade, considerou apenas a porção referente ao sanitário para esta face da edificação, devido a haver uma área aberta (telhado sustentado por pilares de tijolos). Porém, a parede interna a esta face, possui sombreamento do telhado e grandes portas-janelas, com os complementos de janelas do tipo “maxim ar”, aumentando muito a proporção desta face da edificação. O autor considera esta proporção satisfatória, devido aos componentes e estratégias utilizadas nesta face e não vislumbra necessidade para a análise do gráfico gerado pelo *software*, pois não condiz com a realidade da edificação.

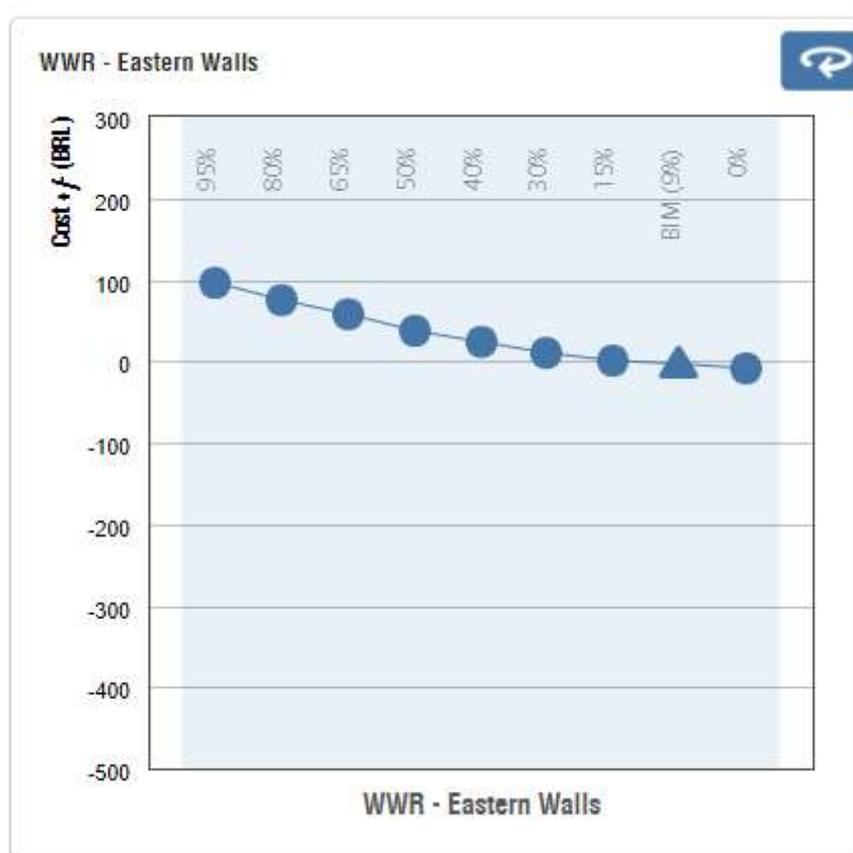


Figura 39 – Custo, em função da proporção parede-abertura para a face leste

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 5.2.3 Vidros Usados nas Janelas

Os vidros possuem propriedades que controlam a quantidade de luz do dia, transferência e ganho de calor na edificação. No que se refere ao tipo de vidro a ser usado nas aberturas da edificação, o software recomenda, como melhor opção para todas as faces, o uso do vidro triplo, com dupla camada de ar, o qual apresenta as seguintes propriedades:

**Tabela 6 – Propriedades construção vidro triplo**

Attributes	
Number of Panes	Triple pane
Gas Fill	Air
Tint	Clear
Overall U-factor	0.992 W/m <sup>2</sup> K
Solar Heat Gain Coefficient	0.474
Visible Light Transmittance	0.661

(fonte: Elaborado pelo autor)

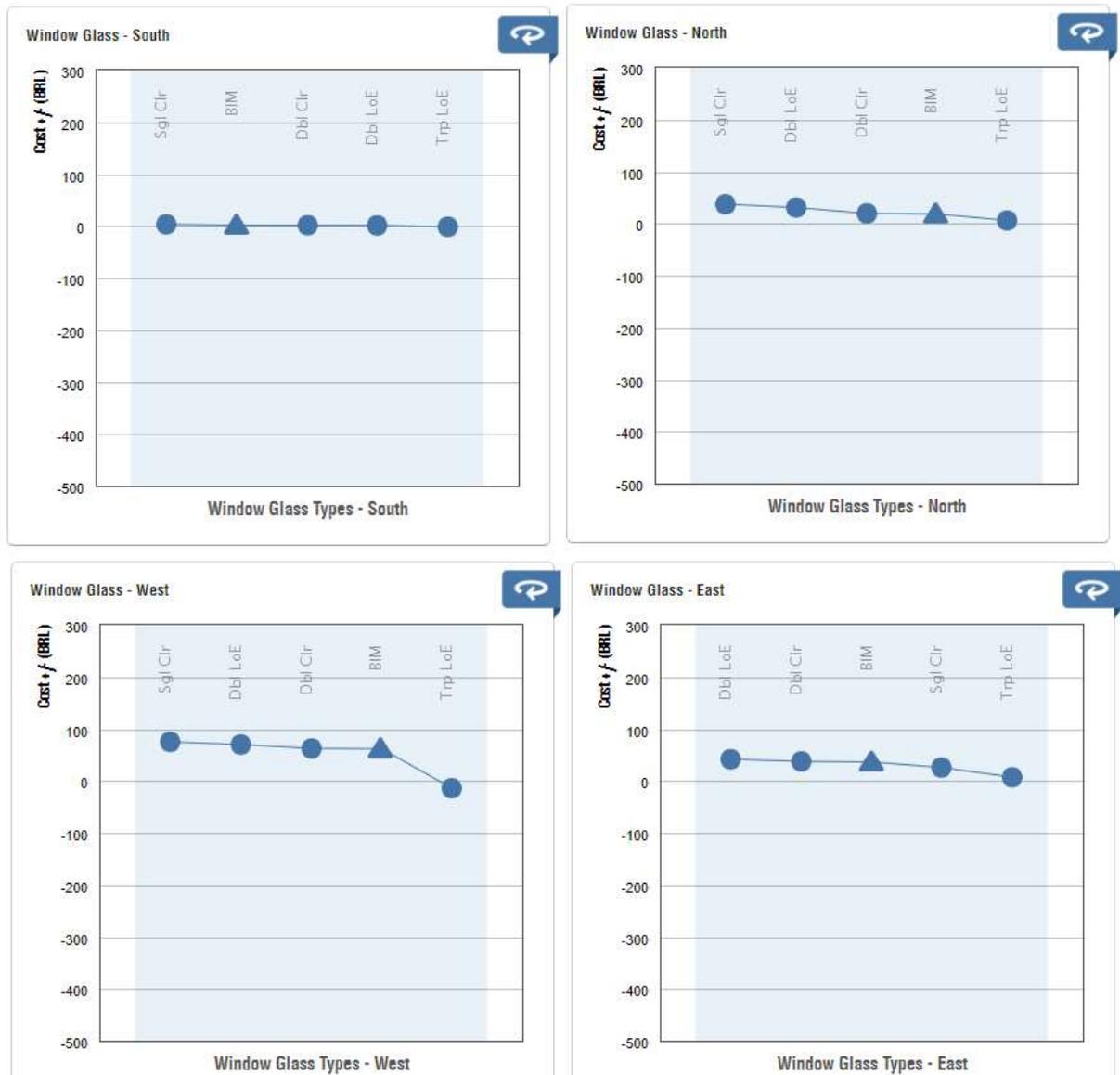


Figura 40 – Custo, em função do tipo de vidro empregado na edificação

(fonte: Elaborado pelo autor)

### 5.2.4 Modelo de Construção das Paredes

A sugestão, quanto à construção das paredes, para melhor desempenho térmico, consiste na parede do tipo “R2 CMU”, CMU significa *Concrete Masonry Unity*, popularmente conhecido como bloco de concreto, além do uso de várias camadas e materiais isolantes térmicos. Este tipo de bloco possui seção vazada, como ilustra o modelo de parede da figura abaixo.

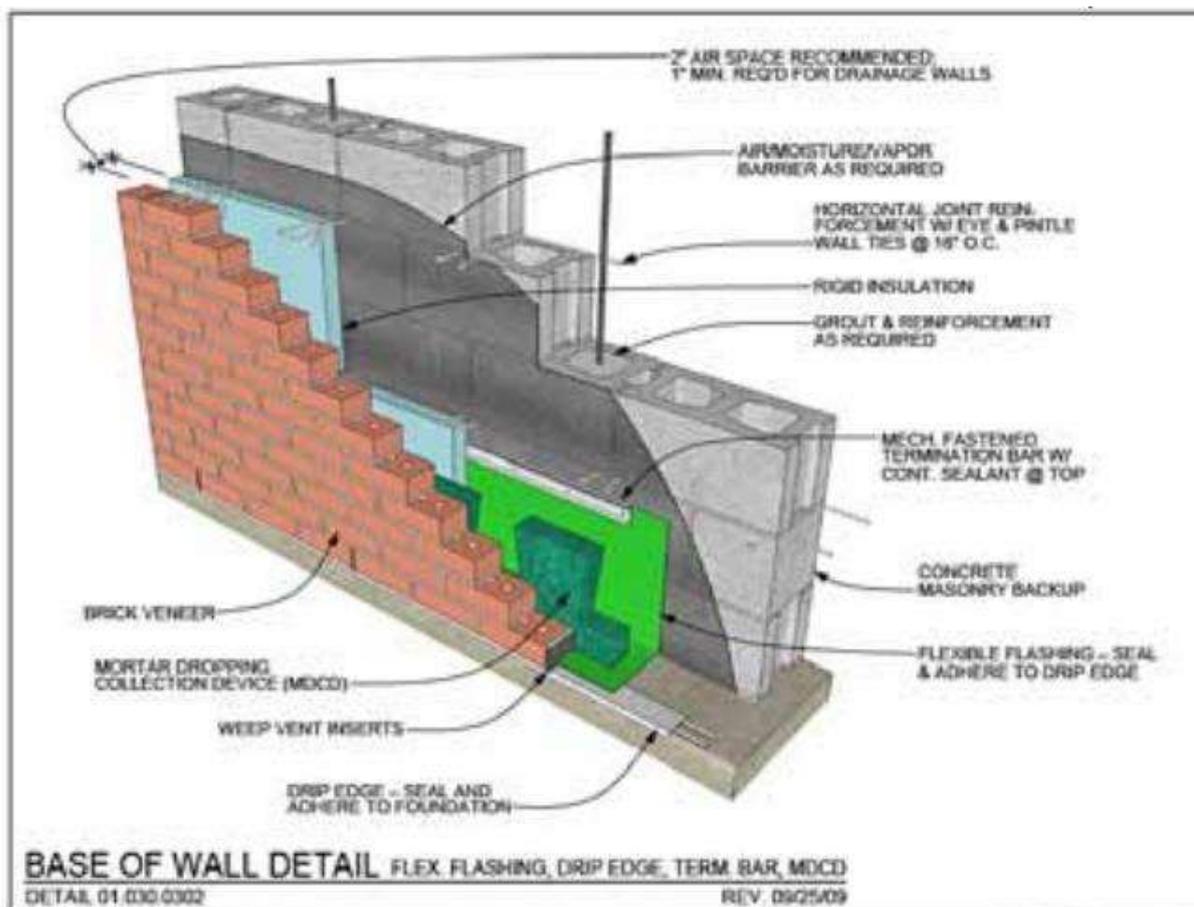


Figura 41– Modelo construtivo de parede do tipo R2 CMU

(fonte: International Masonry Institute)



Figura 42– Custo, em função do tipo de parede empregada na edificação

(fonte: Elaborado pelo autor)

Por se tratar de uma ação de intervenção em uma estrutura já existente, entende-se que não se deve alterar as paredes existentes; de maneira similar, os materiais que constituem a parede sugerida vão no sentido contrário da intenção sustentável da edificação, uma vez que são materiais com grande potencial poluidor. Nenhuma das alternativas sugeridas contempla o uso de materiais com características sustentáveis, o que deveria ser essencial neste tipo de análise.

### 5.2.5 Modelo de Construção do Telhado

Em relação ao telhado, as sugestões propostas têm características muito similares às do telhado projetado para a edificação. Isto se deve ao fato de o telhado projetado já ter sido otimizado previamente, utilizando as camadas descritas anteriormente.

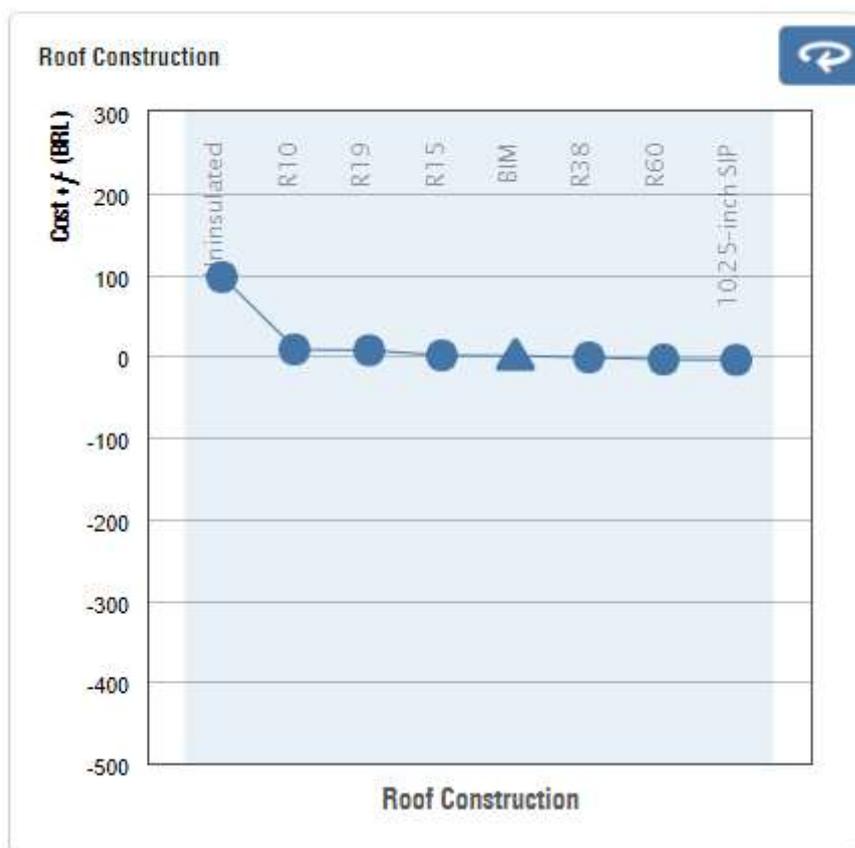


Figura 43– Custo, em função do tipo de telhado empregado na edificação

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 5.2.6 Infiltração de Ar e Envelope da Edificação

O vazamento não intencional do ar, para dentro ou fora dos espaços condicionados, interferem no desempenho térmico da edificação. Este fenômeno ocorre devido a lacunas no envelope da edificação. Nesse sentido, o gráfico mostra que a edificação já se encontra otimizada, com um valor menor que 0,4 trocas de ar por hora, devido às aberturas utilizadas na edificação.

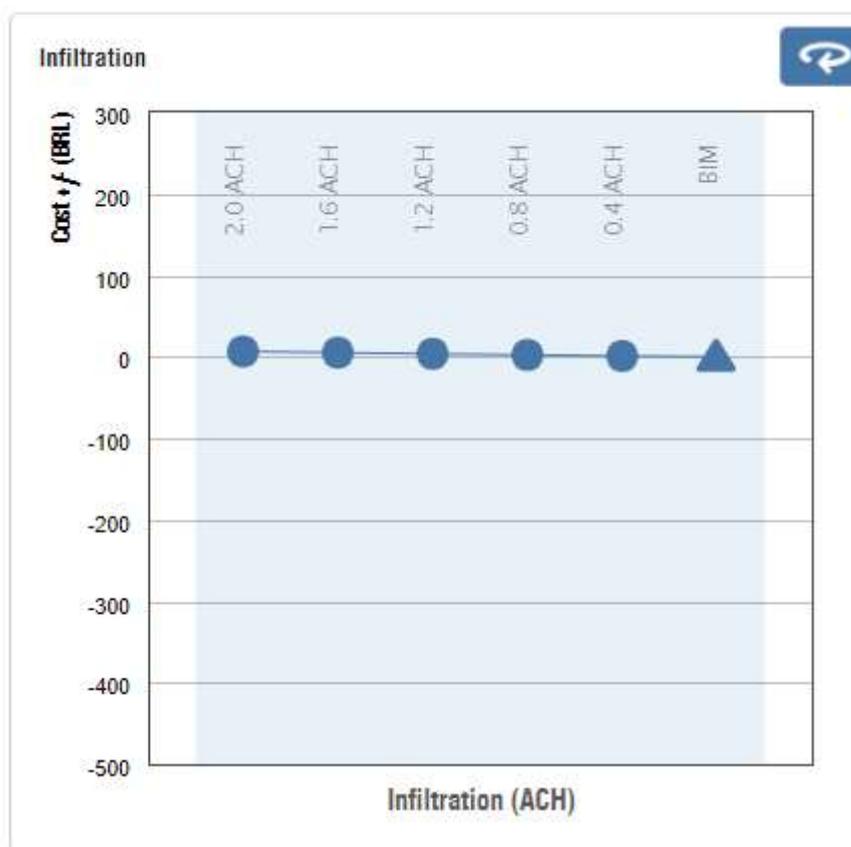


Figura 44– Custo, em função das trocas de ar por hora

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 5.2.7 Sombreamento das Aberturas

O sombreamento das aberturas exerce influência direta sobre o desempenho térmico da edificação, e desta maneira, pode contribuir para redução da necessidade de ventilação e aquecimento artificial, e uso de condicionadores de ar. A melhor sugestão para sombreamento, con-

siste em sombrear 2/3 das aberturas, sendo mais significativo o sombreamento das faces leste e oeste.

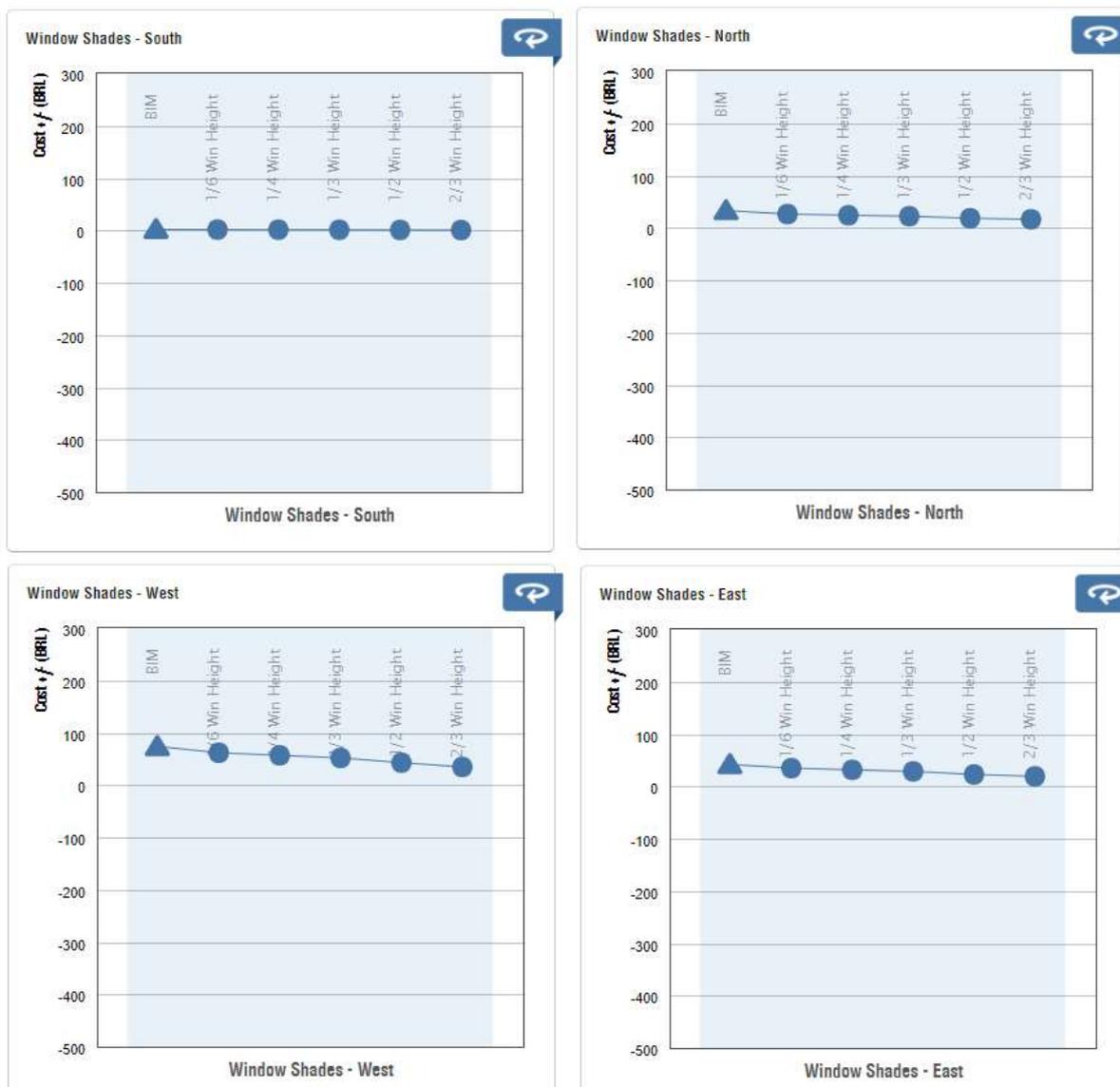


Figura 45– Custo, em função do sombreamento das aberturas

(fonte: Elaborado pelo autor)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho visou o estudo de uma edificação em busca de uma maior sustentabilidade, projetada a partir de uma intervenção em uma estrutura pré-existente, quanto a seu desempenho e conforto térmico, com o auxílio de simulações computacionais, utilizando os *softwares* Ecotect Analysis e Revit 2019.

Com o auxílio dos *softwares*, pode-se avaliar como a radiação solar impacta na edificação, tendo-se construído a carta psicrométrica para o local de análise da edificação. Para uma condição de ocupação idealizada pelo autor, obteve-se a carga de aquecimento e resfriamento no decorrer do ano para a edificação em estudo. A partir disso, a análise dos ganhos e perdas de calor realizada pelo gráfico gerado a partir do *software* Ecotect Analysis.

Tendo em vista os resultados obtidos com o software Ecotect Analysis, com o amparo do *software* Revit 2019, chegou-se às sugestões de melhoria e a uma observação quanto aos custos de manutenção da edificação. Estas sugestões contemplam, desde a mudança de orientação espacial da edificação, quanto à mudança de especificação dos materiais constituintes da edificação. Adicionalmente, propõem-se uma alteração da proporção parede-abertura.

O autor entende que a edificação, obedecendo às recomendações realizadas, satisfará as condições necessárias para otimizar o seu desempenho e conforto térmico, assim como demonstrado por meio da simulação utilizando os *softwares*. Muito embora haja sugestões de melhoria e otimização indicadas por tais softwares, entende-se que a forma concebida para a edificação, possibilita alcançar-se o conforto térmico, conforme os itens analisados previamente na NBR 15.220.

Por fim, sugere-se, como um aprofundamento de estudos para trabalhos futuros, realizar estudos específicos, utilizando dados da cidade em questão, quando os mesmos estiverem disponíveis, em adição a uma análise detalhada das diferentes dimensões de sustentabilidade, segundo SACHS(1993).

## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

SCHMID, A. L. **A Ideia de Conforto: Reflexões Sobre o Ambiente Construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.

COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2010.

GIBBERD, J. **Developing a Sustainable Development Approach for Building and Construction Processes**. In: CIB 2003 International Conference on Smart and Sustainable Built Environment (SASBE 2003), Nov. 19-21 2003. Proceedings... Brisbane, 2003.

KOLBACA, K.; WILSON, L. **Comfort Care: A Framework for Perianesthesia Nursing**. Journal of PeriAnesthesia Nursing, v. 17, n. 2, p. 102-114, 2002.

SATTLER, M. A. **Habitacões de Baixo Custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. 488 p.

MULLER, D. G. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Senac, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**: São Paulo: Nobel, 1988. 228 p.

UNIDAS. **Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente**. Estocolmo, 6p., 1972.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para do Século XXI – Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundação para o Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SILVA, H.C.; STÜRMER, L. K. Região Climática de Porto Alegre: **Revisão para um Desenho Inteligente e uma Arquitetura Adequada**. Arqtexto, Brasil, v. 1, n. 9, p. 124-133, 2006.

SASSI, P. **Strategies for Sustainable Architecture**: New York: Taylor, 2006. 306 p.

CHIARELLO, J. A. **Ventilação Natural por Efeito Chaminé: Estudo em Modelo Reduzido de Pavilhões Industriais**. Dissertação Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil., Porto Alegre.

AUTODESK. **AutoCAD e Revit Softwares**.

Disponíveis em: <<https://www.autodesk.com>>. Acessado em: 25 setembro. 2017.

AUTODESK. **EcoTect Software**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com>>. Acessado em: 25 out. 2011.

GOOGLE. **Google EarthPro Software**.

Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acessado em: 23 mar. 2017.

**ANEXO A – PLANTAS FORNECIDAS PELA ARQUITETA RESPONSÁVEL PELO  
PROJETO DE INTERVENÇÃO**





**ANEXO B– DETALHAMENTO DAS ABERTURAS FORNECIDO PELA ARQUITETA RESPONSÁVEL PELO PROJETO DE INTERVENÇÃO**





**ANEXO C– MODELAGEM EM TRÊS DIMENSÕES FORNECIDA PELA ARQUITETA RESPONSÁVEL PELO PROJETO DE INTERVENÇÃO**





