

Uma visão holística da reabilitação arquitetônica como uma resposta à sustentabilidade do ambiente construído:

## Proposta de Reabilitação Sustentável no Príncipe Hotel



Isabela Feres de Paula, 2016



Universidade Federal de Juiz de Fora  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

**Isabela Feres de Paula**

**UMA VISÃO HOLÍSTICA DA REABILITAÇÃO ARQUITETÔNICA  
COMO UMA RESPOSTA À SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE  
CONSTRUÍDO:**

Proposta de Reabilitação Sustentável no Príncipe Hotel

Monografia apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo, da Universidade  
Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial  
para conclusão da disciplina Trabalho Final de  
Graduação I.

Orientador: Prof. Dra. Letícia Maria de Araújo  
Zambrano

Juiz de Fora  
Agosto/ 2016

Dedico este trabalho à minha família, em especial meus pais, Regina e Marcos, por acreditarem e investirem em mim, e a todos que me ajudaram a crescer e a construir esse trabalho.

## Agradecimentos

Mais do que agradecer àqueles que colaboraram para que este trabalho fosse possível, creio que devo agradecer àqueles que de alguma forma representam um pouco do que me tornei, pois foi isso que me motivou e levou a escolher esse desafio.

Aos meus pais, Marcos e Regina, que me apoiaram e fizeram possível a realização desse sonho. Obrigada por me mostrarem, diariamente, o valor do trabalho e da perseverança e, principalmente, o valor da humildade. Obrigada por desde cedo me mostrarem que o maior propósito da vida está na capacidade de nos sensibilizarmos pelo próximo e usarmos todo nosso conhecimento para que, além de uma vida cheia de realizações e felicidade, possamos impactar, positivamente, e ajudar aqueles que mais precisarem.

Ao meu irmão, Lucas, que me ensinou e ensina, todos os dias, o verdadeiro amor incondicional. Obrigada pelo companheiro que você é e sempre foi.

À Heliana, minha segunda mãe, por ter me criado, por 22 anos, como sua filha e me dado um amor puro e verdadeiro. Obrigada por me mostrar todos os dias, com um sorriso no rosto, o valor da felicidade, independente dos problemas que se coloquem no nosso caminho.

À Linda, meu neném de quatro patas, por todos os dias que passou ao meu lado enquanto eu escrevia esse trabalho. Obrigada por estar aos pés da minha cama me dando a segurança de não estar sozinha.

Ao meu amor, Luiz Vergara, meu porto seguro, companheiro eterno das discussões sobre arquitetura e da caminhada até aqui. Obrigada por nunca ter deixado de me apoiar e acreditar, muitas vezes mais do que eu mesma, na minha capacidade de realizar mais essa etapa.

A toda minha família, por me mostrarem o valor da união. Sem vocês eu não seria o mínimo do que sou.

Aos maravilhosos amigos, da faculdade e da vida, por se tornarem minha segunda família e dividirem comigo essa aventura maravilhosa. Especialmente à Thais, companheira de todas as horas, principalmente daquelas de desespero em que eu duvidei da minha capacidade de concluir esse trabalho. Obrigada pelo apoio, de todos os dias.

Aos amigos Mariana e Daniel, pela amizade, carinho e disponibilidade em ajudar.

Ao professor Pedro Kopschitz por toda ajuda, disponibilidade e fornecimento de material precioso para essa pesquisa.

À professora Ana Barbosa, pelo incentivo, amizade e carinho.

À professora Mila Andreola pelo fornecimento do levantamento da Príncipe Hotel.

Aos amigos da EFE arquitetos, pelo estímulo, ensinamentos, oportunidade e carinho. Especialmente à Luiza, Flávia e Esteves com quem aprendi a prática e a verdade do dia a dia do trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter e afetividade no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais, sem nominar, terão os meus eternos agradecimentos.

Não menos especial, à minha orientadora, Letícia, que desde a primeira conversa me apoiou e aceitou esse desafio conjunto. Obrigada por me lembrar de sempre seguir o meu coração.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível e a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha trajetória e formação.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

MADRE TERESA DE CALCUTÁ

## **Resumo**

O trabalho se inicia com a discussão do conceito de sustentabilidade, desdobrando-se sobre o conceito de reabilitação integrando-os e discutindo de que maneira eles podem ser utilizados como ferramentas de orientação na mudança dos padrões de vida. O desenvolvimento urbano fez-se de tal forma que as cidades atuais sofrem de problemas resultantes de seu crescimento: por um lado, da degradação e perda de população residente, comércio e serviços, nas áreas urbanas centrais; por outro lado, da indefinição espacial da cidade periférica, descontínua e fragmentada do restante território que pressiona os limites da cidade, comprometendo as áreas rurais. Diante dessa realidade, conseguir um equilíbrio entre algumas necessidades da sociedade, dispor de uma infraestrutura para suportar padrões de vida aceitáveis e proteger o meio ambiente aproveitando racionalmente os recursos naturais, torna-se essencial. A sustentabilidade tem como principal finalidade fazer coexistir três necessidades essenciais: sociais, ambientais e econômicas assim, a reabilitação apresenta-se como uma estratégia em potencial, uma vez que sustenta as mesmas temáticas que a sustentabilidade solicita. Conhecendo os conceitos de reabilitação e sustentabilidade, é importante percorrer um caminho único que nos leve à reabilitação sustentável que é o tema principal desta pesquisa. Esses conceitos serão tratados no seguinte estudo que embasará uma proposta de intervenção no edifício Príncipe Hotel, na cidade de Juiz de Fora.

## **Palavras-chave**

Sustentabilidade do Ambiente Construído; Reabilitação Sustentável; Patrimônio Cultural; Simulação Energético; Príncipe Hotel.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Diferenças entre núcleos compactos e dispersos. Fonte: ROGERS (2001)	29
Figura 2 - Possibilidade de interligação por transporte em núcleos compactos. Fonte: ROGERS (2001).	29
Figura 3 - Metabolismo Linear. Fonte: ROGERS (2001)	30
Figura 4 - Metabolismo Circular. Fonte: ROGERS (2001)	30
Figura 5 - Relação entre vida útil e ciclo de vida da construção. Fonte: FONTENELLE (2016).	37
Figura 6 - Vida útil das camadas do edifício Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de BRAND (1997).	40
Figura 7 - Diagrama das camadas da edificação por Adaptable Futures. Fonte: Adaptable Futures (2016) adaptado pela autora.	40
Figura 8 - Balança de custos. Fonte: DOUGLAS (2006) adaptado pela autora.	51
Figura 9 - Classificação Zona Bioclimática e estratégias para Juiz de Fora. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	69
Figura 10 - Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	69
Figura 11 - Carta Bioclimática da cidade de Juiz de Fora. Fonte: Labeee/UFJF.	70
Figura 12 - Tabela aberturas para ventilação. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	71
Figura 13 - Tabela vedação externas, transmitância térmica , atraso térmico e fator solar . Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	72
Figura 14 - Parte da tabela de estratégias de condicionamento térmico passivo. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	72
Figura 15 - Tabela de aberturas e sombreamento para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	73
Figura 16 - Tabela de vedações externas para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	73
Figura 17 - Tabela de estratégias para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).	73
Figura 18 - Dados referentes aos últimos 30 anos em Juiz de Fora. Fonte: Labcaa/UFJF.	74



Figura 19 - Ventos em Juiz de Fora. Fonte: Laboratório de Climatologia/ Juiz de Fora .....	75
Figura 20 - Rosa dos ventos verão, outono, inverno e primavera com velocidade média e distribuição percentual por orientação. Fonte dos dados: Labcaa/UFJF. Montagem da rosa dos ventos: Sheila Faria, Felipe da Silva Pereira de Souza e Carolina Luísa Fonseca Ribeir .....	76
Figura 21 - Tabela de potencial eólico em função da frequência. Fonte: PROARQ/UFRJ.....	76
Figura 22 - Implantação Príncipe Hotel – escala 1:750. Fonte: Arquivos PERMEAR (2010), adaptado pela autora. ....	81
Figura 23 - Fachadas atuais Príncipe Hotel. Fonte: PERMEAR (2010). ....	82
Figura 24 - Ambientes pavimento térreo. Fonte: PERMEAR (2010) adaptado pela autora. ....	82
Figura 25 - Ambientes sobreloja e segundo pavimento. Fonte: PERMEAR (2010) adaptado pela autora. ....	82
Figura 27 - Definição das Zonas Térmicas. Fonte: a autora. ....	85
Figura 28 - Vento predominante e ventos secundários. Fonte: a autora. ....	90
Figura 29 - Análise vento predominante. Fonte: a autora. ....	91
Figura 30 - Análise da incidência solar sobre a envoltória mostrando as áreas de insolação e obstrução. Fonte: a autora. ....	92
Figura 31 - Máscara do céu visível do pátio interno. Fonte: a autora.....	94
Figura 32 - Estratégias climáticas para Juiz de Fora. Fonte: ProjeEEE .....	95
Figura 33 - Criação • Dr. Baruch Givoni. Adaptação • Dr. Manuel Navarro Moreno, Arte final.....	110
Figura 34 - Carta Solar de Juiz de Fora. Fonte: Labcaa/UFJF.....	111
Figura 35 - Vista Escada de acesso ao Pavimento do Hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	112
Figura 36 - Foto do corredor. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes ..	112
Figura 37 - Foto quarto mostrando instalação posterior. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. Figura 38 -Foto mostrando quarto posterior com bacia sanitária e chuveiro. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	113
Figura 39 - Foto banheiro comum utilizado pelos hospedes dos quartos que possuíam apenas lavatório. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	113
Figura 40 - Foto quarto com lavatório. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	114

Figura 41 - Foto clarabóia que iluminada o Hall do Hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	114
Figura 42 - Foto do forro de madeira dos quartos. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	115
Figura 43 - Foto da sala do hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. ....	115
Figura 44 - Gráfico de temperatura e zona de conforto. Fonte: ProjeTEEE .....	116
Figura 45 - Gráfico rosa dos ventos noite (direita) e dia (esquerda). Fonte: ProjeTEEE .....	116
Figura 46 - Gráfico rosa dos ventos geral. Fonte: ProjeTEEE .....	116
Figura 47 - Gráfico umidade relativa. Fonte: ProjeTEEE .....	117
Figura 48 - Gráfico temperatura bulbo seco e bulbo úmido. Fonte: ProjeTEEE .....	117
Figura 49 - Gráfico radiação diária máxima e mínima mensal com valores médios. Fonte: ProjeTEEE .....	118
Figura 50 - Gráfico radiação média mensal. Fonte: ProjeTEEE .....	118
Figura 51 - Bibliotecas do DesignBuilder (componentes e modelos). Fonte: adaptador pela autora. ....	124
Figura 52 - Hierarquia de dados do DesignBuilder. Fonte: adaptado pela autora. ...	125
Figura 53 - Painel de Navegação Fonte: adaptado pela autora. ....	125
Figura 54 - Tela principal do DesignBuilder. Fonte: adaptado pela autora .....	126
Figura 55 - Novo Projeto. Fonte: adaptado pela autora. ....	127
Figura 56 - Tela de dados do Local ou Location Data. Fonte: adaptado pela autora .....	128
Figura 26 - Configurações climáticas no separador Location para a cidade de Juiz de Fora. Fonte: a autora .....	130
Figura 57 - Separador "Atividades" Fonte: adaptado pela autora. ....	131
Figura 58 - Separador "Construção". Fonte: adaptado pela autora .....	132
Figura 59 - Janela da caracterização construtiva de uma parede. Fonte: adaptado pela autora. ....	133
Figura 60 - Tela de composição das camadas escolhidas. Fonte: adaptado pela autora. ....	134
Figura 61 - Tela de características Físicas como transmitância térmica e absorvância já calculados pelo DesignBuilder após a escolha das camadas e materiais. Fonte: adaptado pela autora. ....	134
Figura 62 - Separador "Aberturas". Fonte: adaptado pela autora. ....	135

Figura 63 - Separador “iluminação artificial”. Fonte: adaptado pela autora.....	136
Figura 64 - Separador “HVAC”. Fonte: adaptado pela autora. ....	137
Figura 65 - Resultado das simulações para temperatura, ganhos de calor e consumo de energia. Fonte: adaptado pela autora. ....	138
Figura 66 - Resultados da simulação para ganhos internos. Fonte: adaptado pela autora. ....	139
Figura 67 - Resultado da simulação para uso de combustíveis totais. Fonte: adaptado pela autora. ....	139
Figura 68 - Resultado da simulação para a produção de CO2. Fonte: adaptado pela autora. ....	140
Figura 69 - Resultado da simulação para Iluminância. Fonte: adaptado pela autora. ....	140
Figura 70 - Resultado da simulação para carbono embutido. Fonte: adaptado pela autora. ....	141
Figura 71 - Resultado da simulação para custo. Fonte: adaptado pela autora. ....	141
Figura 72 - Ilustração de como ocorre o aquecimento solar passivo do piso. Fonte: ProjetEEE.....	142
Figura 73 - Ilustração da estufa como reservatório térmico. Fonte: ProjetEEE.....	143
Figura 74 - Ilustração da troca de calor pelo aquecimento passivo das paredes. Fonte: ProjetEEE.....	144
Figura 75 - Ilustração da troca de calor proporcionada pelo aquecimento solar passivo de componentes internos. Fonte: ProjetEEE.....	144
Figura 76 - Ilustração da troca de calor proporcionada pela parede trombe. Fonte: ProjetEEE.....	145
Figura 77 - Ilustração do efeito chaminé e de como utilizá-lo da melhor maneira. Fonte: ProjetEEE.....	146
Figura 78 - Ilustração da renovação de ar proporcionada pelas torres de vento. Fonte: ProjetEEE.....	147
Figura 79 - Ilustração do fluxo de ar interno gerado pela ventilação cruzada. Fonte: ProjetEEE.....	148
Figura 80 - Ilustração do pátio interno como fonte de ventilação. Fonte: ProjetEEE. ....	149
Figura 81 - Ilustração da ventilação mecânica. Fonte: ProjetEEE.....	150
Figura 82 - Ilustração do sistema de isolamento térmico. Fonte: ProjetEEE.....	151

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tabela que relaciona os termos de intervenção criada por Roders (2007). Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de RODERS (2007).....	42
Tabela 2 - Intervenções segundo Douglas (2006). Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de DOUGLAS (2006).....	44
Tabela 3 – Relação entre zoneamento, modelo de ocupação, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento, de acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo da cidade de Juiz de Fora. Fonte: Lei nº6910/86, editado pela autora. ....	64
Tabela 4 - Meteorologia de Juiz de Fora, 1999-2005. Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - Departamento de Geociências / UFJF, In: Anuário Estatístico de Juiz de Fora, 2006. ....	68
Tabela 5 - Tabela temperatura média mensal e anual. Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - Departamento de Geociências / UFJF, In: Anuário Estatístico de Juiz de Fora, 2006. ....	68
Tabela 6 - Dados gerados pelo programa Analysis Bio para a cidade de Juiz de Fora. Fonte: Labeee/UFSC .....	70
Tabela 7 - Escala de Beaufort. Fonte: PENWARDEN (1975). ....	75
Tabela 8 - Descrição das partes que conformam o Príncipe Hotel Fonte: Permeiar (2010), adaptado pela autora. ....	83
Tabela 9 - Ganhos internos: calor antropogênico e equipamentos em geral ( <i>Activity</i> ). Fonte: a autora. ....	86
Tabela 10 - Composição paredes internas e externa. Fonte: a autora.....	86
Tabela 11 - Composição de piso. Fonte: a autora.....	87
Tabela 12 - Composição forros. Fonte: a autora. ....	88
Tabela 13 - Composição das janelas e portas externas. Fonte: a autora. ....	88
Tabela 14 - Tabela para cálculo da transmitância térmica de paredes de tijolo maciço. Fonte: desenvolvida pelo Professor Pedro Kopschitz Xavier Bastos (UFJF) baseada na NBR 15220 - Parte 2. ....	123

## Lista de Mapas

Mapa 1 – Zoneamento e Modelo de Ocupação definido pela Lei nº6910/86 de Juiz de Fora. Fonte: JF em CAD, editado pela autora.....	63
Mapa 2 – Gabarito. Fonte: JF em CAD, idem. ....	64
Mapa 3 – Usos percebidos na área de estudo. Fonte: JF em CAD, idem.....	65
Mapa 4 – Mapeamento dos edifícios de interesse cultural. Fonte: JF em CAD, idem. ....	66
Mapa 5 - Identificação do Edifício Príncipe Hotel Fonte: JF em CAD, editado pela autora. ....	77

## Sumário

Introdução.....	15
Justificativa .....	17
Objetivos.....	18
Metodologia e Estrutura do Trabalho.....	19
<b>CAPÍTULO 01 – Desenvolvimento sustentável e o meio urbano .....</b>	<b>21</b>
Objetivos e Estrutura do Capítulo .....	22
1.1.    Desenvolvimento Sustentável.....	23
1.2.    Desenvolvimento Urbano Sustentável.....	27
1.3.    Conclusões do Capítulo.....	32
<b>CAPÍTULO 02 – Reabilitação de Edifícios Existentes .....</b>	<b>34</b>
Objetivos e Estrutura do Capítulo .....	35
2.1.    Adaptabilidade.....	36
2.2.    Ciclo de vida e vida útil .....	37
2.3.    Tipos de Intervenção no Edificado.....	41
2.4.    Vantagens da Reabilitação .....	46
2.5.    Desvantagens da Reabilitação .....	53
2.6.    Metodologia e Etapas para a Reabilitação .....	56
2.7.    Conclusões do Capítulo.....	59
<b>CAPÍTULO 03 – Diagnóstico.....</b>	<b>61</b>
Objetivos e estrutura do Capítulo .....	62
3.1.    Análise.....	63
3.1.1.    Contexto Urbano.....	63
3.1.2.    Contexto Climático.....	68
3.1.3.    Objeto de Intervenção .....	77
3.1.3.1.    Histórico .....	77
3.1.3.2.    Dados Técnicos.....	81
3.1.3.3.    Dados para simulação.....	84

3.2.	Síntese .....	90
3.2.1.	Análises climáticas .....	90
3.2.2.	Análise das Potencialidades .....	93
3.2.2.1.	Intervenções internas .....	93
3.2.2.2.	Conforto.....	95
3.3.	Conclusões do Capítulo.....	99
<b>CAPÍTULO 04 – Considerações Finais .....</b>		<b>100</b>
<b>Bibliografia.....</b>		<b>104</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>109</b>
Anexo A – CARTA BIOCLIMÁTICA.....		110
Anexo B – CARTA SOLAR JUIZ DE FORA.....		111
Anexo C – FOTOS INTERNAS PRÍNCIPE HOTEL.....		112
Anexo D – DADOS CLIMÁTICOS DE JUIZ DE FORA – PROJETEEE .....		116
Anexo E – TABELA POTÊNCIA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – ELETROBRAS .....		119
Anexo F – TABELAS ANSI/ASHRAE STANDARD 55-2010.....		122
Anexo G – TABELA CÁLCULO TRANSMITÂNCIA TÉRMICA PAREDE TIJOLO MACIÇO. ....		123
Anexo H – ESTUDOS PARA A SIMULAÇÃO.....		124
Anexo I – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS – ProjetEEE.....		142

## Introdução

O conceito de sustentabilidade tem sido banalizado. Nos dias de hoje este termo é utilizado em todos os setores da atividade e, normalmente, ligado à ideia de algo que é durável, que perdura ao longo do tempo ou, simplesmente, como uma estratégia de marketing que tem demonstrado um alcance enorme. Os indivíduos têm sido verdadeiramente “bombardeados” com o impacto da atividade do homem no planeta. As crises ambientais, os perigos eminentes nas cidades costeiras, a necessidade de conter as emissões de dióxido de carbono e de outros gases para a atmosfera, a falta de qualidade do ar, as alterações climáticas, entre outros exemplos do impacto das atividades do homem, têm sido largamente divulgados na comunicação social e são desenvolvidos cada vez mais estudos para comprovar, cientificamente, que o planeta manifesta alterações decorrentes das atividades humanas.

As dúvidas que persistiam sobre este impacto têm sido dissipadas ao longo dos últimos anos e, principalmente as atividades registradas nos polos do planeta, têm denunciado estas alterações e permitido previsões sobre o que pode estar para vir. Mantendo alguma prudência em relação a previsões mais pessimistas, é notória a necessidade de alteração dos padrões de vida atuais, de redução de desperdício e combate à pobreza nos países em desenvolvimento. Nestes países, o êxodo para as cidades tem gerado um verdadeiro caos urbano, provocando o aumento do número de deslocados, o aparecimento de megacidades sem a infraestrutura necessária para dar suporte aos seus habitantes, o aumento dos guetos urbanos e da pobreza, fatores estes que agravam as diferenças sociais e não contribuem para a sustentabilidade econômica ou ambiental.

Inverter ou travar o processo de degradação ambiental envolve a todos, nos mais diversos níveis, desde a responsabilidade particular e individual, à dos que devem conduzir o processo através da adoção de políticas e modelos de gestão que promovam a sustentabilidade com o equilíbrio social, econômico e ambiental. Esta meta converge, não só para a alteração dos padrões de vida, mas também para a transformação da sociedade e esta mudança será lenta e gradual, tendo o seu início no reconhecimento claro da sua necessidade e na criação de ferramentas que a orientem.

Pode-se dizer que o conceito de sustentabilidade influencia na maneira como projetamos, construímos e administramos nossas edificações; desafia a visão fragmentada de projeto de baixo consumo energético, a arquitetura formalista de alto consumo, e os benefícios



à custa da sociedade e do meio ambiente. A sustentabilidade baseia-se numa conduta ética do arquiteto, em abordagens interdisciplinares, na preservação dos valores comunitários, sociais e culturais, e busca novas linguagens estéticas para a arquitetura, condizentes com um pensamento ecológico.

A reabilitação apresenta-se como uma estratégia em potencial, uma vez que se baseia em vantagens econômicas, sociais e ecológicas, temáticas que a sustentabilidade solicita. O trabalho irá discutir esse conceito e de que maneira ele pode ser utilizado como uma ferramenta de orientação na mudança dos padrões de vida.

## Justificativa

O desenvolvimento urbano fez-se de tal forma que as cidades atuais sofrem de problemas resultantes de seu crescimento: por um lado, da degradação e perda de população residente, comércio e serviços, nas áreas urbanas centrais; por outro lado, da indefinição espacial da cidade periférica, descontínua e fragmentada do restante território que pressiona os limites da cidade, comprometendo as áreas rurais.

Atendendo à realidade das áreas urbanas centrais, que carecem de reabilitação em função da expansão da cidade, torna-se necessária uma postura política com vontade, seriedade e determinação que concretize a teoria. A defesa do conceito de “reabilitação sustentável” torna-se assim pertinente, respondendo aos problemas dos centros urbanos.

A cidade de Juiz de Fora é um exemplo da realidade que se foi desenvolvendo na maioria das cidades brasileiras, cujo centro urbano necessita de uma reabilitação articulada com estratégias que potencializem o seu repovoamento.

Este trabalho tem como motivação a necessidade de reflexão sobre o repovoamento dos centros urbanos a partir da reabilitação sustentável. Assim, defende-se uma postura do arquiteto que deve alocar à sua prática compositiva preocupações que assegurem um equilíbrio social, econômico e ambiental da cidade, e que, simultaneamente, deve dar resposta ao sentido evolutivo dos padrões de exigências, na qual, cada vez mais, a eficiência energética dos edifícios tem ganho preponderância. Isso implica em políticas integradas, que permitam melhorar a qualidade arquitetônica, o nível de vida dos habitantes e o desempenho termoenergético, com o intuito de aumentar os níveis de conforto térmico e a eficiência energética da construção.

## Objetivos

Este trabalho foi desenvolvido como resultado dos trabalhos realizados durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora. Seu objetivo geral é consolidar uma reflexão sobre o repovoamento dos centros urbanos a partir da reabilitação sustentável que servirá como base teórica para o projeto que deverá ser desenvolvido durante o Trabalho de Conclusão de Curso II, disciplina final do curso.

### Objetivos Específicos:

Considerando o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Sintetizar a evolução do conceito de sustentabilidade e a sua importância no desenvolvimento urbano e arquitetônico;
- Apresentar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos relacionados à intervenção em edificações, principalmente à reabilitação, e a sua relação com a capacidade de adaptação do imóvel;
- Estudar a aplicação da simulação energética associada ao processo de reabilitação sustentável.
- Desenvolver, através das análises, diretrizes que irão guiar o trabalho a ser desenvolvido no TCC II.

## Metodologia e Estrutura do Trabalho

A metodologia adotada nesta pesquisa é composta por três etapas.

Inicialmente, realiza-se uma revisão bibliográfica sobre os fundamentos do desenvolvimento sustentável, destacando os seus principais conceitos e ressaltando suas aplicações no meio urbano e arquitetônico.

Na segunda etapa realiza-se uma revisão bibliográfica sobre a reabilitação de edifícios para situar o contexto específico que será abordado. Nesta etapa, procura-se dar significado ao termo “reabilitação” e enumerar suas vantagens, desafios, etapas e diferenças em relação à concepção de um edifício novo. Evidencia-se a adaptabilidade como uma característica imprescindível para que uma edificação prolongue sua vida útil. É ressaltada a importância da dimensão tempo e a necessidade de inserção dessa dimensão no processo de projeto.

Por fim, desenvolve-se uma análise do objeto de estudo, que será alvo do TCC II, baseado em um edifício existente de uso misto (comercial e hotel) situado no centro de Juiz de Fora, que possibilitará discutir na prática os desafios e potenciais da reabilitação visando o desempenho energético de edifícios de valor sociocultural.

São discutidas as transformações sofridas pelo edifício e seu entorno ao longo dos anos, a importância do diagnóstico e profundo conhecimento do objeto de estudo, as limitações impostas pelo contexto urbano, e do próprio edifício, e a tentativa complexa de conciliar um bom desempenho ambiental, com respeito ao passado, presente e futuro da edificação.

Este estudo compreende:

- Apresentação dos detalhes do contexto urbano no qual o edifício se insere;
- Apresentação das condicionantes climáticas da cidade;
- Apresentação de algumas características históricas e técnicas da edificação;
- Listagem de todos os dados que serão utilizados na simulação energética;

Finalmente, será feita uma síntese de todas as informações que resultará em uma análise das potencialidades será feita uma síntese relacionando as possibilidades de intervenção.

A metodologia acima descrita reflete-se diretamente na estrutura da monografia, organizada em quatro capítulos.

É importante explicar que, em paralelo a essa metodologia, foi estudada a metodologia para aplicação da simulação térmica, que será um instrumento de trabalho, no contexto da metodologia de projeto a ser aplicada do TCC II. Esse estudo resultou em um pequeno guia de utilização do software DesignBuilder, que se encontra no anexo deste trabalho, juntamente a informações paralelas que contribuiram para um melhor entendimento dos temas abordados.

## **CAPÍTULO 01 – Desenvolvimento sustentável e o meio urbano**

## **Objetivos e Estrutura do Capítulo**

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre os fundamentos do desenvolvimento sustentável, destacando os seus principais conceitos e ressaltando suas aplicações no meio urbano e arquitetônico.

Inicialmente, são evidenciados os reflexos ambientais e sociais dos meios de consumo e produção, gerados principalmente pela Revolução Industrial. Em seguida, são apresentados os desafios ambientais, econômicos e sociais a serem enfrentados pela sociedade e sua relação com o nascimento do conceito de desenvolvimento sustentável. Apresentam-se as dimensões que se relacionam com o tema da sustentabilidade e reforça-se a importância de uma visão holística acerca dos problemas da sociedade.

Em continuidade, mostra-se como esses conceitos devem ser pensados no meio urbano, uma vez que a cidade, mesmo representando a maior ameaça ambiental e social, é também o espaço onde grandes interações ocorrem, e são dessas interações que surgem grandes soluções.

Finalmente, com base nos problemas urbanos, responsáveis por uma cidade insustentável, começamos a entender os pontos-chave para se alcançar a sustentabilidade urbana.

## 1.1. Desenvolvimento Sustentável

A humanidade vem sofrendo, cada vez mais, os efeitos colaterais do desenvolvimento, científico e tecnológico, proporcionados pela Revolução Industrial e pela mudança nos padrões de consumo de recursos. A alteração climática é uma “verdade inconveniente”<sup>1</sup> que vem sendo tema de debates entre cientistas, governistas, ambientalistas, ecologistas, arquitetos e urbanistas a procura de soluções para o aquecimento global.

Os chamados “céticos do aquecimento global” defendem a teoria de que a terra está se aquecendo devido a causas naturais. Eles afirmam que mudanças climáticas periódicas ocorrem desde a origem da terra, com ou sem a interferência do homem como, por exemplo, as “Eras Glaciais”. E ainda, que o que estamos presenciando hoje são apenas flutuações cíclicas da natureza. (WALTER, 2007, p. 170).

Esse tipo de evento já aconteceu em épocas passadas, entretanto tais mudanças ocorreram com níveis de dióxido de carbono bem menores do que os que presenciamos hoje. Analisando os dois gráficos abaixo fica clara a relação entre o aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera e o aumento da temperatura global.

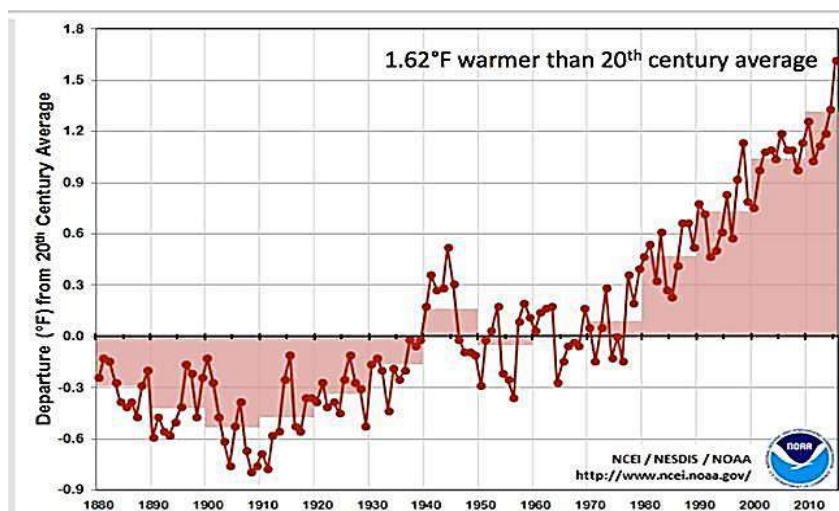


Gráfico 1 - Anomalia da temperatura global. Fonte: US News.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GORE Jr., A. A. Uma verdade inconveniente - o que você precisa saber (e fazer) sobre o aquecimento global. [tradução Isa Mara Lando] - Barueri, SP: Editora Manole, 2006. 328p. An Inconvenient Truth. Dirigido por Davis Guggenheim. Produzido por Lawrence Bender, Scott Burns, Laurie Lennard e Scott Z. Burns. Elenco: Albert Arnold Gore Júnior. Estados Unidos: Lawrence Bender Productions / Participant Productions, 2006. Filme (100 min), DVD, color, 35 mm.

<sup>2</sup> Disponível em: < <http://www.usnews.com/news/articles/2016-01-20/2015-shatters-heat-records>>; acesso em abr.2016.



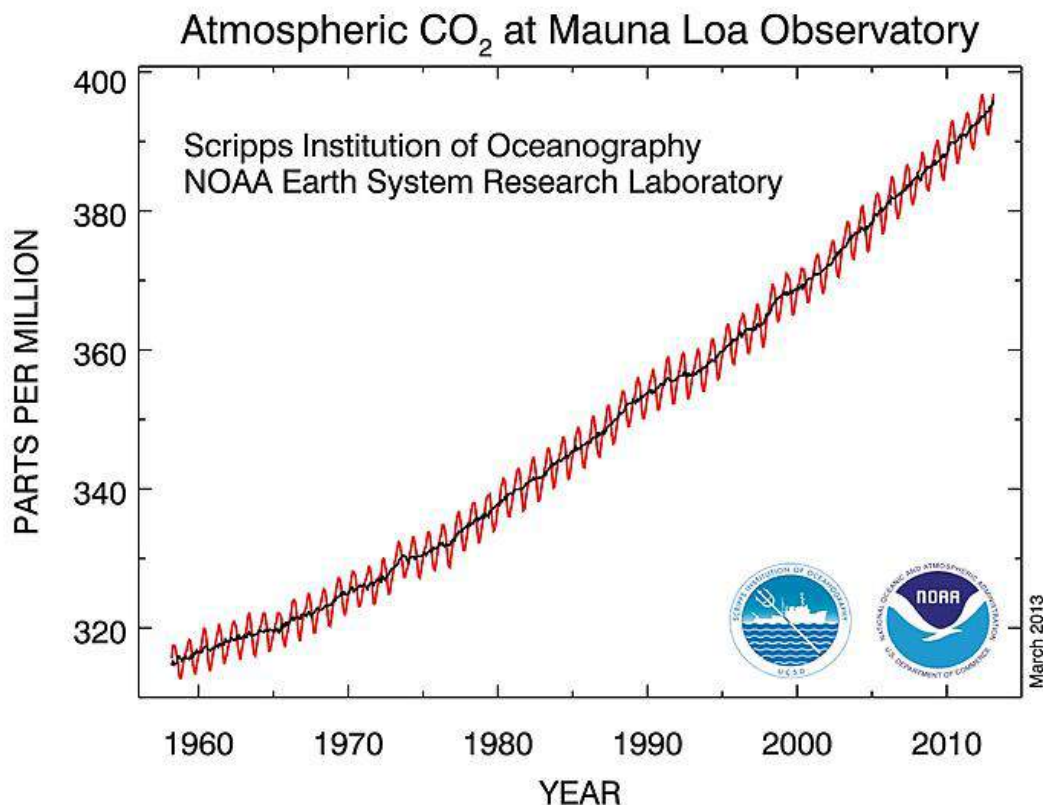


Gráfico 2- Concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Fonte: Dados obtidos no observatório de Mauna Loa USA<sup>3</sup>.

A questão é que estamos diante de uma situação resultante de um processo histórico, no qual o homem buscava, e ainda busca, incessantemente, a satisfação das suas necessidades. Antes, a sociedade se adaptava à Natureza, hoje, a Natureza está tentando se adaptar ao homem e esse processo está afetando diretamente o clima mundial.

“[...] mudanças climáticas graduais são parcialmente responsáveis pelo surgimento de civilizações e culturas de adaptação; [...], porém, [...] desastres naturais repentinos não permitiram que determinadas culturas se adaptassem ao ambiente mutável – o que conhecemos como “capacidade de adaptação”. A incapacidade de se preparar e se adaptar aos efeitos das mudanças climáticas nos biosistemas, na disponibilidade de alimentos e nos padrões climáticos decorre da resposta humana ineficaz [...]. A destruição do meio ambiente é consequência de tal incapacidade.”(ADGER; BROOKS, 2003 *apud* KEELER; BURKE, 2010, pg.29)

<sup>3</sup> Disponível em: < [http://scienceblogs.com.br/discutindoecologia/2013/03/concentracao-de-co2-na-atmosfera-tem-novo-recorde-de-aumento/co2\\_data\\_mlo/](http://scienceblogs.com.br/discutindoecologia/2013/03/concentracao-de-co2-na-atmosfera-tem-novo-recorde-de-aumento/co2_data_mlo/)>; acesso em abr.2016.

A visão sobre desenvolvimento vem se modificando e aprofundando numa temática que gira em torno da necessidade de adaptação, assim como ocorre com os organismos que, sobre determinada pressão, precisam se adequar para sobreviver ao meio. É importante perceber que o mundo não passa somente por uma crise ambiental, mas também por uma crise social, reflexo do acúmulo de riquezas nas mãos de uma minoria, o que tem como resultado uma grande inequidade no processo de desenvolvimento das nações e comprometimento à qualidade de vida de populações. Essa visão mais abrangente dos reflexos do crescimento econômico começou a ser notada a partir dos estudos das mudanças climáticas, feitos pela ONU, diante dessa crise socioambiental que a humanidade vem enfrentando desde meados do século XX.

Como resposta a essas crises e em busca de um novo modelo de desenvolvimento, em 1987, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, na Noruega, elaborou um documento denominado “Nosso Futuro Comum”<sup>4</sup>, onde os governos signatários se comprometeram a promover o desenvolvimento econômico e social em conformidade com a preservação ambiental. Neste relatório está exposta uma das definições mais difundidas do conceito de desenvolvimento sustentável: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

Este documento chamou a atenção do mundo sobre a necessidade urgente de encontrar formas de desenvolvimento econômico que se sustentassem, sem a redução dramática dos recursos naturais nem com danos ao meio ambiente. Definiu também, três princípios essenciais a serem cumpridos: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e equidade social, sendo que para cumprir estas condições, seriam indispensáveis mudanças tecnológicas e sociais. (GONÇALVES,2005)

O conceito de desenvolvimento sustentável foi firmado na Agenda 21, documento desenvolvido na Conferência “Rio 92”, e incorporado em outras agendas mundiais de desenvolvimento e de direitos humanos, mas o conceito ainda está em construção.

O desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem social de longo prazo, que por sua vez, é direcionado por políticas públicas orientadas por um plano de desenvolvimento nacional. Assim, a pluralidade de atores sociais e interesses presentes na sociedade colocam-se como um entrave para as políticas públicas para o desenvolvimento sustentável (BEZERRA e BURSZTYN, 2000 *apud* BARBOSA,2008).

---

<sup>4</sup> Também conhecido como Relatório Brundtland.

Segundo Sachs (2002, pg. 85-89), o conceito de sustentabilidade engloba oito aspectos ou dimensões principais:

- 1) Social: que se refere ao alcance de um patamar razoável de homogeneidade social, com distribuição de renda justa, emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.
- 2) Cultural: referente a mudanças no interior da comunidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação), capacidade de autonomia para elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno (em oposição às cópias servis dos modelos alienígenas) e autoconfiança, combinada com abertura para o mundo.
- 3) Ecológica: relacionada à preservação do potencial do capital natural na sua produção de recursos renováveis e à limitação do uso dos recursos não renováveis.
- 4) Ambiental: trata-se de respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.
- 5) Territorial: refere-se a configurações urbanas e rurais balanceadas, melhoria do ambiente urbano, superação das disparidades inter-regionais e estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.
- 6) Econômica: desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado, com segurança alimentar, capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção, razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica e inserção soberana na economia internacional.
- 7) Política (Nacional): democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos, desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores e um nível razoável de coesão social.
- 8) Política (Internacional): baseada na eficácia do sistema de prevenção de guerras da ONU, na garantia da paz e na promoção da cooperação internacional, Pacote Norte-Sul de co-desenvolvimento, baseado no princípio da igualdade (regras do jogo e compartilhamento da responsabilidade de favorecimento do parceiro mais fraco), controle institucional efetivo do sistema internacional financeiro e de negócios, controle institucional efetivo da aplicação do Princípio da Precaução na gestão do meio ambiente e dos recursos naturais, prevenção das mudanças globais negativas, proteção da diversidade biológica (e cultural), gestão do patrimônio global, como herança comum da humanidade, sistema efetivo de cooperação científica e tecnológica internacional e eliminação parcial do caráter commodity da ciência e tecnologia, também como propriedade da herança comum da humanidade.

Ao apontar essas dimensões, Sachs enfatiza que para se alcançar a sustentabilidade, temos de valorizar as pessoas, seus costumes e saberes. Ou seja, deve-se ter uma visão holística dos problemas da sociedade, o que vai muito além de focar apenas na gestão dos recursos ambientais e econômicos.

## 1.2. Desenvolvimento Urbano Sustentável

O futuro da civilização será determinado pelas cidades e dentro das cidades. Hoje mais de 50% da população mundial reside no meio urbano. É nesse meio que está o centro da produção e do consumo, fazendo das cidades as maiores consumidoras de recursos e maiores causadoras de poluição. Se para o mundo desenvolvido, lidar com as mudanças ambientais, congestionamentos e decadência de setores já é um desafio, para os países em desenvolvimento esse desafio se torna ainda maior. Nos próximos anos, a população dos países em desenvolvimento aumentará consideravelmente e, assim, crescerá exponencialmente o consumo de recursos e poluição gerada. Traçando um panorama futuro, metade dessa população estará vivendo em favelas, sem nenhuma infraestrutura e esperança de melhora de vida (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2001, p.27). Esse quadro nos leva a pensar em como as cidades podem crescer de uma forma sustentável.

A questão do desenvolvimento urbano sustentável tem sua origem na reformulação das teorias urbanísticas, que começou a ocorrer a partir da década de 1960. Nessa época, os preceitos estabelecidos pelo Movimento Moderno, que foram utilizados na reconstrução de várias cidades europeias destruídas pela II Guerra Mundial, começaram a ser questionados em função dos impactos sócio espaciais que essas políticas ocasionavam (SUSSKIND; ELLIOTT, 1983 *apud* NOBRE, 2004).

O crescimento demográfico, que teve como reflexo a ampliação desmensurada da urbe, é uma das consequências da Revolução Industrial. Até aquela época, a sociedade estava distribuída entre o campo e a cidade, o que foi, rapidamente, alterado com o intenso êxodo rural provocado pela crescente industrialização do século XVIII. Com a rápida migração para os centros urbanos fez-se necessário dar respostas às questões habitacionais. Entretanto, além de suprir a necessidade de moradias, tornou-se vital, a criação de toda uma infraestrutura como: hospitais, escolas, estações ferroviárias, fábricas, entre outros. Esse processo modificou, intimamente, a sociedade a nível econômico, social e cultural. Tentando resolver essas questões e demandas urbanísticas, o movimento moderno adota uma série de medidas como a valorização do automóvel e do seu espaço, a adoção do zoneamento monofuncionalista, renovação urbana, construção de vias expressas e a substituição do tecido urbano tradicional pelos grandes conjuntos habitacionais periféricos. Entretanto essas atitudes acabaram por levar a formação de guetos e a destruição de relações sociais e espaciais importantes. Por volta dos anos 60, Jane Jacobs, jornalista norte-americana, escreve o livro “Morte e vida de

grandes cidades” criticando os impactos do planejamento baseado no rodoviarismo e na especulação imobiliária.

Como ressaltam Haugton & Hunter (1994), com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, o pensamento acerca do processo de urbanização e do planejamento das cidades passa a girar em torno das seguintes problemáticas:

- a) Perdas ocasionadas pela substituição do espaço edificado, muitas vezes em condições de habitabilidade, em virtude da especulação imobiliária;
- b) Incoerência entre a limitação dos recursos energéticos com as matrizes de transporte urbano adotadas;
- c) Poluição e contaminação ocasionadas pelas atividades humanas, relacionadas principalmente ao uso do automóvel e à queima de combustíveis fósseis;
- d) Destruição do habitat e das paisagens naturais ocasionadas pela expansão urbana. (HAUGTON; HUNTER, 1994 *apud* NOBRE, 2004)

Diante disso, a teoria do desenvolvimento urbano sustentável tem como principal tema a revalorização das densidades urbanas, combinada com a diversidade de usos e sistema de transporte de maior qualidade e capacidade. Uma maior concentração de pessoas maximiza o uso da infraestrutura, diminuindo o custo de implantação, o consumo de recursos naturais e ainda reduz a expansão da cidade para regiões periféricas, poupando áreas não urbanizadas e impedindo a destruição do meio ambiente. A partir do momento que as pessoas começam a utilizar mais o transporte público tem-se uma redução nos custos energéticos e ambientais per capita. Uma cidade que possibilite maior densidade e mobilidade se torna mais compacta e favorece o surgimento de atividades de comércio e serviços, em função da concentração de pessoas, o que por sua vez favorece a dispersão desses usos, que deixam de se concentrar nas áreas centrais, diminuindo a necessidade de viagens e favorecendo o pedestrianismo.

Com o aumento da densidade populacional nas áreas urbanas surgem os seguintes aspectos positivos: possibilidade de manutenção das redes de transporte público; maior coesão entre os diferentes bairros; melhora do microclima urbano; aumento da eficiência energética das edificações, uma vez que quanto mais a cidade se densifica, maior é a sua compactação física e a perda de calor de uma edificação acaba por se converter em ganho de calor para outra (EDWARDS, 2008).

A cidade ideal, reflexo da sustentabilidade, é compacta com limites bem definidos e edificações de gabarito médio. Isso porque edifícios altos, além de consumirem maior

energia, formam sombras sobre o entorno, alterando o microclima, intensificando a ilha de calor e impossibilitando o uso de energia solar e eólica. Deve conter praças ajardinadas e avenidas arborizadas que poderiam atuar como elementos de coesão urbana entre os bairros, além de purificarem o ar e civilizar as vizinhanças. Basear-se-ia no transporte público de qualidade, permitindo que as pessoas se desloquem pelos mais diversos propósitos através de meios intermodais e de estações que se constituiriam em pontos nodais urbanos e forças de atração de comércio, serviços, lazer, cultura, etc.

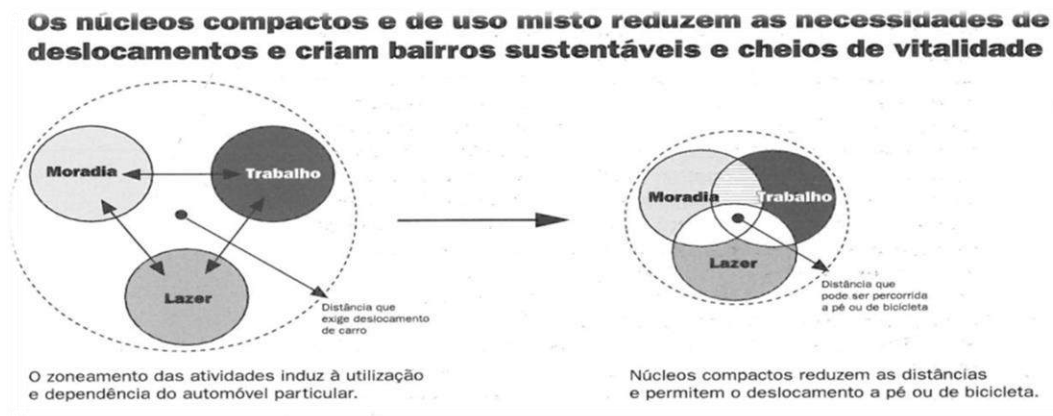


Figura 1 - Diferenças entre núcleos compactos e dispersos. Fonte: ROGERS (2001)

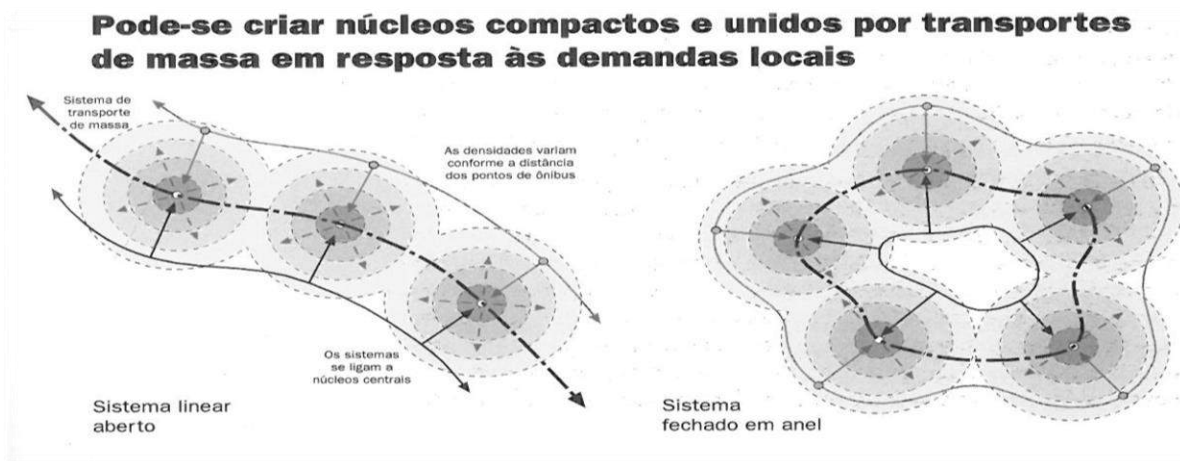


Figura 2 - Possibilidade de interligação por transporte em núcleos compactos. Fonte: ROGERS (2001).

Para que essa teoria vigore a cidade deve ser vista como um sistema ecológico o que se traduziria numa mudança no planejamento das cidades e no gerenciamento e uso de seus recursos. Como propõe Herbert Girardet <sup>5</sup>, a solução encontra-se na busca de um

<sup>5</sup> Herbert Girardet é um estudioso da ecologia urbana e co-fundador da World Future Council . De 1996 a 2008 Herbert foi presidente da Sociedade Schumacher, Reino Unido. <sup>[2]</sup> Ele é um membro honorário do Royal Institute of British Architects , um patrono da Soil Association , Reino Unido, e professor visitante na University of the West of England . Seus dez livros

“metabolismo circular” nas cidades. O consumo é reduzido de forma eficiente e a reutilização de recursos maximizada. Uma vez que grande parte dos processos de produção e consumo ocorre nas cidades, devem-se substituir os sistemas lineares por sistemas circulares de uso e racionalização (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2001, p.30).

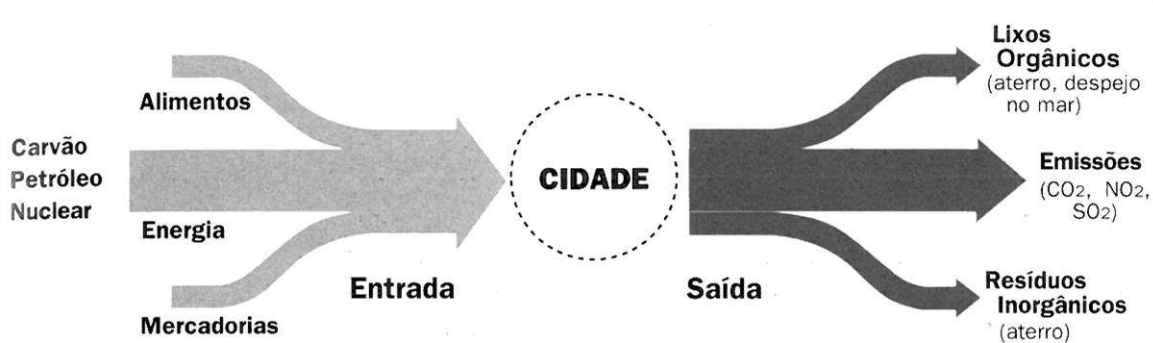


Figura 3 - Metabolismo Linear. Fonte: ROGERS (2001)

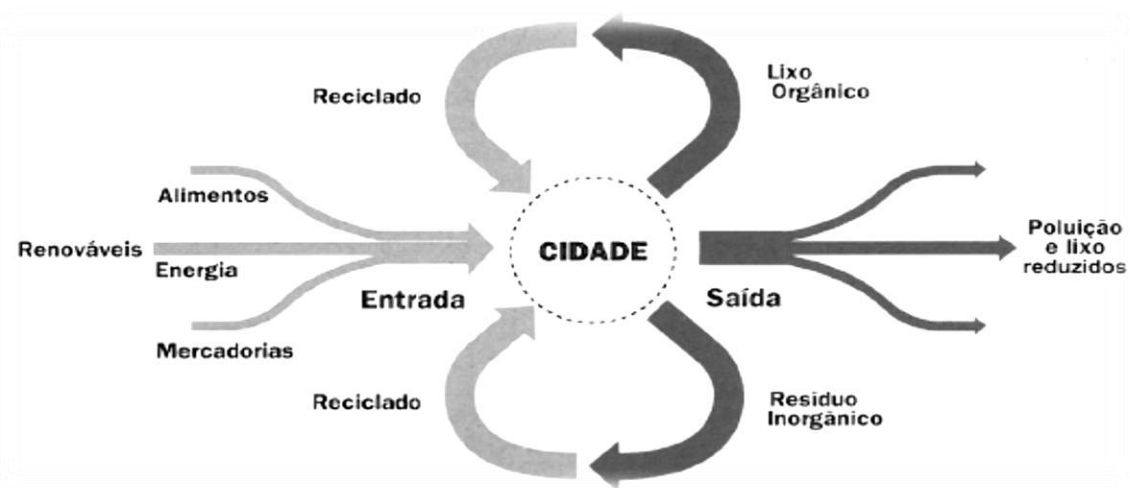


Figura 4 - Metabolismo Circular. Fonte: ROGERS (2001)

Esse pensamento faz com que a cidade se torne democrática e participativa, voltando-se ao regional, compreendendo a morfologia a partir da lógica evolutiva, estruturando-se para o crescimento orgânico e conformando-se com o sistema-entorno equilibrado. Os projetos urbanos sustentáveis obedecem à percepção das escalas, sustentando as funções vitais, restabelecendo o sentido e orientação no tempo-espaço, face à necessária adequação aos habitantes, seus usos e equipamentos. Entende-se que a compacidade urbana deve ser adotada como configuração espacial e legal, eliminando-se os vazios

---

incluem *Earthrise* (1992), *A Gaia Atlas das Cidades* (1992), *Criando Cidades Sustentáveis* (1999), *Cidades, Pessoas, Planeta* (2004), *moldar o nosso futuro* (2005) e *Surviving the Century* (2007).

urbanos (e aplicando de fato as ferramentas legais existentes nos respectivos Planos Diretores), encurtando distâncias para o pedestre, aumentando a coesão social, minimizando a dependência de automóveis individuais (com ênfase ao transporte coletivo); porém, o nível de compatibilidade deve respeitar os condicionantes locais (clima, topografia, patrimônio cultural e ambiental, etc.), e assim, determinados através de pesquisas urbanísticas específicas, e não padronizadas como são as ferramentas legais aplicadas nas cidades e sob a conivência do Ministério das Cidades (SILVA; ROMERO, 2011).

No Brasil, baseando-se na observação de Nobre (2004) da cidade de São Paulo e assim como ocorre em muitas partes do mundo, o crescimento das cidades tem se dado às custas da injustiça social e da pressão ambiental. Hoje, a maior parte dos centros urbanos possui um grande estoque imobiliário vago, tanto comercial quanto residencial, o que ilustra uma produção imobiliária de caráter especulativo. Todo esse processo tem ocorrido através da concentração de investimentos em determinadas áreas da cidade, em detrimento de outras áreas, principalmente daquelas onde a infraestrutura não se encontra consolidada. Esse contexto se configura como um paradoxo do ponto de vista ambiental, pois as áreas com maior dinâmica imobiliária formal e de infraestrutura consolidada têm apresentado crescimento populacional negativo, enquanto que o grande crescimento populacional tem ocorrido nas áreas carentes de infraestrutura urbana, principalmente de saneamento ambiental e de transportes. A escassez de investimentos na expansão de infraestrutura frente à demanda populacional tem agravado e muito a questão ambiental e social, pois a população de baixa renda é “obrigada” a se instalar em regiões sem infraestrutura, aumentando a poluição dos recursos hídricos, ocasionada pela falta de saneamento ambiental, e aumentando a poluição atmosférica, pela falta de um sistema de transporte coletivo eficiente.



### 1.3. Conclusões do Capítulo

Neste capítulo, foram apresentados alguns efeitos do aquecimento global e a importância da visão sobre desenvolvimento sustentável. Ressaltou-se a necessidade de mudança e adaptação para que a sociedade possa superar a atual crise socioambiental, reflexo da mudança nos padrões de consumo de recursos, originados, principalmente, pelo desenvolvimento tecnológico e econômico gerado pela Revolução Industrial. Essa adaptação basear-se-á nos princípios do desenvolvimento sustentável, tocando as oito dimensões da sustentabilidade: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política (nacional) e política (internacional).

Saindo de uma abordagem mais generalizada, o pensamento de sustentabilidade é mostrado aplicado à questão urbana, pois mais de 50% da população mundial reside no meio urbano. É nesse meio que está o centro da produção e do consumo, fazendo das cidades as maiores consumidoras de recursos e maiores causadoras de poluição. Entretanto, é também o espaço onde grandes interações ocorrem, e são dessas interações que surgem grandes soluções. O futuro da civilização será determinado pelas cidades e dentro das cidades.

Após mostrar como o crescimento econômico e populacional se refletiu no planejamento das cidades, foi apresentado um modelo de planejamento e crescimento urbano baseado no pensamento sustentável. A cidade idealizada por esse pensamento é compacta, mais densa, com limites bem definidos, dotada de um sistema de transporte de qualidade combinada com uma diversidade de usos, de áreas verdes significativas, democrática e participativa. Todavia, a realidade urbana no Brasil, está em um caminho totalmente oposto ao que deveria. Hoje, a maior parte das cidades apresenta um padrão de crescimento baseado em injustiça social, pressão ambiental e especulação imobiliária. Entendendo essa realidade urbana do Brasil e tendo como base os pensamentos da teoria do desenvolvimento urbano sustentável, podemos aferir que uma das formas de atender aos princípios da sustentabilidade, contribuindo para um crescimento urbano saudável, seria a reutilização dos edifícios existentes. Isso porque, a maior parte destes encontra-se em áreas centrais, propensas a uma valorização de densidade e com boa infraestrutura de transporte. A reutilização previne o crescimento desenfreado das cidades, salvaguardam-se áreas naturais que antes seriam usadas para a construção de novos edifícios e, ao mesmo tempo, promove a consolidação urbana, pois reestabelece a sociedade aos centros urbanísticos.

Pode-se dizer que o conceito de sustentabilidade influencia na maneira como projetamos, construímos e administramos nossas edificações; desafia a visão fragmentada de projeto de baixo consumo energético, a arquitetura formalista de alto consumo, e os benefícios à custa da sociedade e do meio ambiente; além de promover uma visão ética do papel do arquiteto, uma abordagem multidisciplinar, valores comunitários, sociais e culturais, novas linguagens estéticas para a arquitetura e a propagação de um pensamento ecológico.

Diante desse breve panorama, o próximo capítulo tratará da importância da intervenção em edificações existentes, de forma a adaptá-las a uma nova realidade e demanda.

## **CAPÍTULO 02 – Reabilitação de Edifícios Existentes**

## Objetivos e Estrutura do Capítulo

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos relacionados à intervenção em edificações, principalmente à reabilitação, e a sua relação com a capacidade de adaptação do imóvel.

Inicialmente, é evidenciada a adaptabilidade como uma característica imprescindível para que uma edificação prolongue sua vida útil. É ressaltada a importância da dimensão tempo e a necessidade de inserção dessa dimensão no processo de projeto.

Em seguida, são elucidadas questões referentes à vida útil, ciclo de vida e camadas que compõem a edificação. Busca-se assim, uma melhor compreensão do objeto de estudo para uma posterior intervenção. A partir do momento que as partes do edifício são compreendidas, e também suas relações, deve-se avaliar qual o melhor tipo de intervenção para atender as necessidades de determinada edificação. Para isso, são introduzidos os conceitos básicos relacionados às diferentes taxonomias de intervenção e seus propósitos.

Dando continuidade, são apresentadas as vantagens e desvantagens do processo de reabilitação. Finalmente, são esclarecidas as etapas que devem fazer parte do processo de reabilitação de um imóvel.

## 2.1. Adaptabilidade

Numa época onde a busca pelo desenvolvimento sustentável é uma obrigação moral e social é importante entendermos as características responsáveis por tornar os lugares sustentáveis através do tempo. Entretanto, apesar de a sociedade ter progredido econômica e tecnologicamente, o entendimento acerca do tempo e de seus efeitos ainda não alcançou níveis desejáveis para que se compreenda sua relação com a sustentabilidade. O tempo, entendido como elemento de projeto, consiste em integrar a arquitetura em um contexto tornando-a suscetível à realidade temporal e à mudança. Segundo Brand (1997), os arquitetos tendem a ignorar esse aspecto temporal e focar somente nos aspectos relacionados à estética e função, entendendo a edificação como algo congelado no tempo, perfeito e finalizado.

Sendo assim, o autor constata a necessidade da mudança na visão de projeto. Edifícios não são projetos finalizados após sua construção, mas sim objetos em constante transformação pelo tempo. Baseando-nos no pensamento de Brand (1997), devemos encarar os edifícios como objetos que aprendem, ou seja, edifícios que estão em constante mudança, sendo improvisados até um estado de adaptação. Porém, um estado de adaptação não é um estado final, pois até os melhores edifícios têm de ser renovados de tempo em tempo. Para melhor compreendermos o que é a adaptabilidade usaremos a definição de Gibb *et. al* (2010), a qual determina o termo como a capacidade de um edifício de acomodar efetivamente a evolução das demandas em determinado contexto, maximizando sua valorização ao longo de sua vida. “Se uma construção não suporta a mudança e o reuso, tem-se apenas uma ilusão de sustentabilidade” (CROXTON, 2003 *apud* GIBB *et. al*, 2010).

## 2.2. Ciclo de vida e vida útil

Resgatando o conceito de Gibb, adaptabilidade é a capacidade do edifício de suportar mudanças ao longo de sua vida. Mas o que seria a vida de uma construção?

Existem dois conceitos fundamentais relacionados ao tempo e vida de uma edificação: o ciclo de vida e a vida útil. O ciclo de vida corresponde ao conjunto de etapas pelas quais o edifício passa, desde sua pré-existência até sua pós-existência, ou seja, o planejamento, projeto, a construção, o uso, a intervenção, a decadência, a demolição e o processamento de seus resíduos. Já a vida útil é o período de tempo em que o edifício e/ou seus componentes funcionam num nível mínimo aceitável de desempenho (FONTENELLE, 2016).



Figura 5 - Relação entre vida útil e ciclo de vida da construção. Fonte: FONTENELLE (2016).

Numa análise macro, o ciclo de vida se resume em três fases: pré-existência, existência e pós-existência. Percebe-se que a vida útil é um conceito menos abrangente que está inserido no conceito de ciclo de vida na fase chamada de “existência”. Relacionando esses conceitos com o de adaptabilidade, podemos chegar à conclusão de que a capacidade de se adaptar e prolongar o ciclo de vida, de qualquer edificação, reside na extensão da vida útil do objeto edificado. De acordo com Douglas (2006), existem quatro condições que interferem na vida útil de um edifício: obsolescência, redundância, deterioração e vacância.

A **obsolescência** é o processo no qual um recurso entra em desuso, ou seja, é a medida da utilidade de um objeto ao longo do tempo. Sendo assim, tem sido chamada de quarta dimensão do edifício. O edifício ocupa as três dimensões – comprimento, largura e profundidade. A quarta dimensão é ocupada pelo tempo, na qual o contexto de utilização do edifício é imprescindível. Diante do fato de a obsolescência estar relacionada com o

tempo, entende-se sua associação à quarta dimensão. Remodelação e modernização são as principais estratégias para combater obsolescência. Logo as ações primárias realizadas para manter ou aumentar a utilidade de um edifício são a adaptação e, em menor escala, a manutenção. Entretanto essas ações podem não garantir que o uso irá continuar ou ser retomado (DOUGLAS, 2006).

“[...] Building obsolescence refers to the degree of usefulness of a building relative to the conditions prevailing in the population of similar building stock as a whole. In other words, supply considerations as well as demand factors become important in building obsolescence [...].

The degree of usefulness of a building will vary with time. Actions can be taken to increase the usefulness of buildings and hence reduce their relative obsolescence. Obsolescence should be viewed, therefore, as a function of human decision rather than a consequence of ‘natural’ forces.” (NUTT, 1976 *apud* DOUGLAS, 2006, p. 25)<sup>6</sup>

A **redundância**, por outro lado, indica o excedente de algo, uma vez que a demanda acabou ou foi superada pela oferta. Um edifício redundante é um bom indicativo de que existe um excesso no fornecimento de determinada tipologia. No contexto da adaptação de propriedades o termo edificação redundante é mais utilizado que edificação obsoleta. O edifício pode estar em boas condições, mas uma queda na demanda pode fadá-lo a redundância. Obsolescência não é sinônimo de redundância, entretanto, ela pode ser o gatilho para que o edifício se torne redundante. A diferença entre os dois termos, nesse caso, é sutil. Apesar de as causas serem diferentes o fim acaba por ser o mesmo: o edifício é subutilizado ou não utilizado. No contexto da adaptação de propriedades o termo edificação redundante, no entanto, é mais utilizado que edificação obsoleta (DOUGLAS, 2006).

A **deterioração** é inevitável como processo de envelhecimento e tem influência direta do uso, tempo e agentes climáticos. Pode ser controlada até certo nível através da manutenção e adaptação. Alguns materiais tendem a se desgastar mais do que outros, por motivos diferentes, fazendo com que a estrutura e aparência do edifício se degradem rapidamente. As maiores causas de degradação estão relacionadas a mecanismos

---

<sup>6</sup> [...] obsolescência do edifício refere-se ao grau de utilidade do mesmo em relação às condições predominantes na população de edifícios similares. Em outras palavras, considerações de oferta, bem como fatores de procura tornam-se importantes na obsolescência do edificado [...]. O grau de utilidade de um prédio irá variar com o tempo. As ações podem ser tomadas para aumentar a utilidade dos edifícios e, conseqüentemente, reduzir a sua obsolescência relativa. Obsolescência deve ser vista, portanto, como uma função de decisão humana, ao invés de uma consequência das forças 'naturais'." Traduzido pela autora.

físicos (movimento), biológico (biodegradação), químico (umidade) e antrópicos (mau uso ou vandalismo) (DOUGLAS, 2006).

A **vacância** corresponde ao abandono da edificação ou de partes dela. Pode ser de dois tipos: temporária (0-5 anos) e de longo prazo (+ de 5 anos). A vacância temporária pode estar relacionada ao não uso da edificação durante intervenções visando adaptações e manutenções, ou ainda, ao período de não aluguel e/ou venda do imóvel vago. Já a vacância de longo prazo, normalmente, é causada por obsolescência ou redundância e assim, mais difícil de ser solucionada. A deterioração é uma consequência da vacância, pois propriedades vazias estão mais suscetíveis a atos de vandalismo, invasões, roubos e etc. Uma edificação abandonada está fadada a uma rápida deterioração, se comparada a edificações ocupadas. Cabe ressaltar que, em muitos casos, os candidatos mais óbvios para a adaptação são edifícios vagos e que nem todos estão nessa posição por subutilização ou negligência. Muitas propriedades passam por períodos de transição, nos quais serão demolidas, vendidas ou adaptadas (DOUGLAS, 2006).

Para que o edifício consiga, realmente ampliar sua vida útil ele deve ser encarado como um sistema dinâmico, em constante mudança, onde todas as suas partes se inter-relacionam. Caso isso não ocorra o edifício pode ser levado a alguma das situações citadas acima. Para que isso não ocorra é necessário um profundo entendimento da edificação, decompondo-a e analisando como ela estabelece relações entre suas partes, usuários e seu entorno<sup>7</sup>. Brand (1997) considera que o edifício é composto por seis camadas (*layers*) distintas que sofrem alterações ao longo do tempo. São eles: sítio (*site*), estrutura (*structure*), envoltório (*skin*), serviços (*services*), layout interno (*space plan*), equipamentos e mobiliário (*stuff*). Cada uma dessas camadas tem um tempo diferente de vida útil.

---

<sup>7</sup> Esse método consiste na aplicação do *Design Structure Matrix*, onde todos os sistemas da edificação são decompostos e posteriormente são analisadas as interações entre os elementos. Essa análise possibilitará agrupar os elementos em grupos de mesma relação para assim observar os potenciais de reintegração e adaptação.



Camadas	Descrição	Vida útil média
Sítio	Localização e contexto	Permanente
Estrutura	Estrutura	30-300 anos
Envelope	Envelope	20 anos ou mais
Serviços	Instalações	7-20 anos
Distribuição espacial	Layout interno	3 anos
Materiais	Móveis e equipamentos	< 3 anos

Figura 6 - Vida útil das camadas do edifício Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de BRAND (1997).

Entretanto, assim como *Adaptable Futures*<sup>8</sup>, além de considerar essas seis camadas, levaremos em conta também o social, ou seja, as interações e apropriação pelos usuários, e o entorno com todas as suas respectivas subcamadas. Uma vez que essas duas camadas também interferem diretamente na capacidade de adaptação de um edifício.

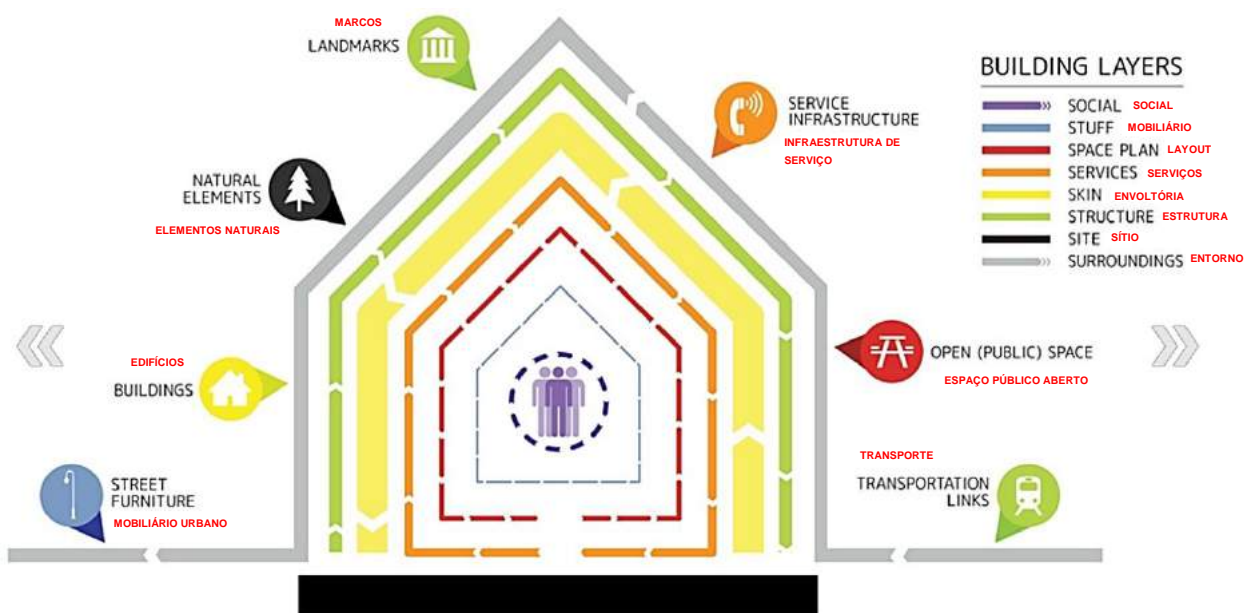


Figura 7 - Diagrama das camadas da edificação por Adaptable Futures. Fonte: Adaptable Futures (2016) adaptado pela autora.

A harmonia entre essas camadas possibilitará o aumento na vida útil da edificação e, conseqüentemente, no seu ciclo de vida. Uma vez entendidas, e estabelecidas, essas relações dos elementos é possível intervir na edificação assegurando que continue se adequando aos novos contextos socioculturais, econômicos, ambientais e urbanos.

<sup>8</sup> Grupo de pesquisa da Loughborough University, Reino Unido.

### 2.3. Tipos de Intervenção no Edificado

Intervenções são consideradas como ações, intencionais ou acidentais, realizadas sobre um edifício, ou grupo de edifícios, que irão impactar, positiva ou negativamente, seu significado e condição (RODERS, 2007). Os termos: “recuperação”, “renovação”, “revitalização”, “restauração”, “requalificação”, “reparação”, “reforço”, “reestruturação” e, sobretudo, “reabilitação”, começam a fazer parte do vocabulário da construção civil, entretanto, em alguns casos, seus significados não são devidamente compreendidos. Intervenções são necessárias, mas antes devemos entender sua taxonomia, descrição, ações e objetivos. Existem vários autores e documentos que se dedicaram a tentar esclarecer essas diferentes definições. Alguns termos são mais abrangentes e outros muitos específicos.

Fielden (1982) associa as intervenções com ações de conservação e considera que elas podem ser listadas em sete graus: prevenção, preservação, consolidação, restauração, reabilitação, reprodução e reconstrução. ICOMOS<sup>9</sup> Canadá (1983) classifica em cinco níveis: preservação, restauração, reabilitação, reconstrução, renovação. Henket (1988) classifica as intervenções pela gestão de desempenho do edifício. Segundo ele as intervenções podem ser de preservação ou de adaptação. Dentro das intervenções de preservação estão a limpeza e manutenção. Já entre as intervenções de adaptação são a renovação, reabilitação, demolição e novas construções. ICOMOS Nova Zelândia (1992) propõe uma outra escala de intervenções: não intervenção, manutenção, estabilização, reparação, restauração, reconstrução e adaptação.

Roders (2007), em seu trabalho, baseia-se em 40 documentos internacionais para distinguir as etimologias relacionadas às formas de intervenção existentes. Através da análise desses documentos pode-se constatar que os termos mais citados foram “conservação” e “preservação”, seguido pelos termos “restauração” e “reabilitação” e, por último, os termos com impacto negativo como “remoção”, “depravação”, “reconstrução” e “demolição”. Na escala proposta as intervenções são classificadas em sete níveis diferentes, cada nível englobando dois subníveis, intervenções passivas (na maioria, quando não há modificação física do edifício, ou quando esta não é expressiva) e intervenções ativas (quando as modificações físicas são significativas). Observando a

---

<sup>9</sup> Sigla em inglês de International Council of Monuments and Sites (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios). É uma associação civil não governamental, ligada à ONU, através da Unesco.

Tabela 1, percebe-se que a autora considera formas de intervenção negativas, além da demolição, como abandono e vandalismo.

Nível	Tipo de intervenção	Subtipos	Classific.	Descrição
1	Privação ( <i>deprivation</i> )	Abandono	Passiva	Deixar o edifício entrar em decadência ou obsolescência, sem nenhuma preocupação particular.
		Vandalismo	Ativa	Contribuir para a obsolescência ou degradação do edifício, através de ações destrutivas intencionais.
2	Preservação ( <i>preservation</i> )	Inventário	Passiva	Levantamento e documentação física sobre o edifício para futuras intervenções
		Prevenção	Ativa	Limpeza ou qualquer atividade que previna a decadência do edifício, realizada em curto prazo
3	Conservação ( <i>conservation</i> )	Manutenção	Passiva	Limpeza ou qualquer atividade que previna a decadência do edifício, realizada em médio prazo
		Salvaguarda	Ativa	Reparos de danos em média escala
4	Restauração ( <i>restauration</i> )	Restituição	Passiva	Reparos de danos em grande escala, correção de fissuras, pequenas reconstruções
		Reconstituição	Ativa	Consolidação, reconstrução em média escala em harmonia estética com o existente
5	Reabilitação ( <i>rehabilitation</i> )	Reuso	Passiva	Uso original ou prévio mantido. Combina atividades de outras modalidades de intervenção, mantendo o que for possível
		Conversão	Ativa	Mudança de função. Subtrações e adições para adequação a nova atividade
6	Reconstrução ( <i>reconstruction</i> )	Reedificação	Passiva	Reconstrução parcial ou total do edifício, baseado em inventários
		Construção de edifício novo	Ativa	Construção de um novo edifício.
7	Demolição ( <i>demolition</i> )	Redução de resíduo	Passiva	Desmonte com relocação do resíduo, reprocessamento, reciclagem
		Depósito de resíduo	Ativa	Desmonte sem relocação do resíduo, reprocessamento, reciclagem

Tabela 1 - Tabela que relaciona os termos de intervenção criada por Roders (2007). Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de RODERS (2007).

Alguns autores adotam o termo adaptação para qualquer intervenção em edificações, desde pequenos reparos até reestruturações mais pesadas, como Douglas (2006), Bullen e Love (2011) e Wilkinson et al (2014).Roders (2007) já considera que, nessa

amplitude, o termo que tem conceito semelhante é intervenção. Enquanto que Marques de Jesus e Barros (2011), consideram ser essa a descrição de reabilitação.

Douglas (2006) classifica as intervenções em três níveis: brandas, extensas e drásticas. Nas intervenções brandas estão: o reparo, a consolidação, a proteção, a conservação, a preservação. Nas intervenções de caráter extenso se inserem a alteração, recuperação, melhoria, modernização, reabilitação, renovação, reforma, revitalização, atualização, restauração e conversão. Já nas intervenções mais drásticas estão a reciclagem, reposição, demolição, reprodução e reconstrução.

<b>Tipo de adaptação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Reparo</b> ( <i>repair</i> )	Restauração de um item para atingir condições aceitáveis, a partir de renovação, substituição ou conserto de partes degradadas ou deterioradas.
<b>Consolidação</b> ( <i>consolidation</i> )	Adaptação básica ou trabalho de manutenção para garantir o uso satisfatório do edifício.
<b>Proteção</b> ( <i>protection</i> )	Provisão de restrições legais e controles de destruição ou deterioração de um edifício, como o objetivo de garantir a sobrevivência ou preservação para o futuro.
<b>Conservação</b> ( <i>conservation</i> )	Qualquer ação para garantir a sobrevivência e preservação de um edifício, artigo cultural, recurso natural ou energia para usufruto das futuras gerações.
<b>Preservação</b> ( <i>preservation</i> )	Deter ou retardar a deterioração de um edifício ou monumento usando técnicas de reparo. Ação de fazer um edifício ou artefato sobreviver. Ato ou processo de aplicar medidas necessárias para sustentar a forma existente, a integridade e o material de um imóvel histórico.
<b>Alteração</b> ( <i>alteration</i> )	Modificações na aparência, no layout ou na estrutura para atender a novas necessidades. Pode estar incluído em muitos tipos de adaptação.
<b>Recuperação</b> ( <i>refurbishment</i> )	Melhorar a aparência e função de um imóvel. Adaptá-lo ao padrão de modernidade. Tem uma conotação de intervenção superficial ou cosmética. Melhorias gerais, excluindo intervenções na estrutura. Geralmente ocorre em edifícios comerciais e públicos.
<b>Melhoria</b> ( <i>improvement</i> )	Adaptar o edifício ou suas instalações para um padrão mais alto e aceitável para os ocupantes. Geralmente inclui substituições.
<b>Modernização</b> ( <i>modernization</i> )	Adequar o edifício a padrões correntes exigidos pelos ocupantes, sociedade ou leis e normas.
<b>Reabilitação</b> ( <i>rehabilitation</i> )	Geralmente restrita a imóveis residenciais. Pode incluir modernização, trabalhos de ampliação, alterações na estrutura. Inclui reparações, alterações, adições, preservações de partes com valor histórico, cultural e arquitetônico.

<b>Renovação</b> ( <i>renewal</i> )	Reparos substanciais e melhorias nas instalações ou sistemas para recuperar ou superar o desempenho original.
<b>Retrofit</b>	Redesenho e reconstrução de uma instalação existente ou subsistema para incorporar novas tecnologias, atender a novas exigências ou superar o desempenho original. Substituição de componentes dos edifícios por novos não disponíveis na construção original.
<b>Reforma</b> ( <i>renovation</i> )	Atualização ou reparo de um edifício antigo para alcançar condições aceitáveis. Pode incluir trabalhos de conversão.
<b>Revitalização</b> ( <i>revitalization</i> )	Extensão da vida de um edifício, providenciando novas instalações ou melhorando as existentes, o que pode incluir atualizações mais extensas.
<b>Atualização</b> ( <i>upgrading</i> )	Melhorar o desempenho de componentes ou serviços de um edifício.
<b>Restauração</b> ( <i>restoration</i> )	Restrita a trabalhos mais extensos de adaptação em imóveis dilapidados ou em ruína. Busca recuperar a aparência ou estado original de um item. Mais voltada para edifícios públicos ou residenciais.
<b>Conversão</b> ( <i>conversion</i> )	Adaptação de um edifício para um uso similar ou para um uso completamente diferente.
<b>Reciclagem</b> ( <i>recycling</i> )	Transformação ou reutilização de um edifício redundante, subutilizado ou não utilizado ou material para um propósito mais moderno.
<b>Reposição</b> ( <i>reinstatement</i> )	Reparos extensos para recuperar condições originais de um edifício que sofreu danos substanciais em decorrência de incêndios, enchentes e terremoto.
<b>Reconstrução</b> ( <i>rebuilding</i> )	Refazer um edifício completo ou partes que foram destruídas ou sofreram degradação.

Tabela 2 - Intervenções segundo Douglas (2006). Fonte: FONTENELLE (2016) adaptado de DOUGLAS (2006)

Roders (2007), tem uma visão mais abrangente sobre o objetivo da reabilitação, ao defender que qualquer edifício pode ser alvo deste tipo de intervenção, independente da atividade abrigada pelo imóvel ou do reconhecimento da sua significância. Tudo que é produzido pela sociedade tem valor cultural, ainda que nem todos tenham sua significação reconhecida. Por isso, é fundamental protegê-los, para que as gerações futuras venham a reconhecer a significância daqueles imóveis e tenham direito de apreciá-los. Conclui-se que para a autora, todos os edifícios merecem ser alvos de reabilitação.

É importante observar, que independente de qual será a intervenção aplicada, toda a análise deve ser feita pensando no todo da edificação, lembrando que cada caso é particular e único. Tem de haver uma coerência entre a escala de intervenção e a significância e condição do edifício. Não existem escalas positivas ou negativas de intervenção. Tudo se baseia em uma análise dos objetivos e princípios que motivam as intervenções e todos os fatores devem ser levados em consideração na hora de intervir.

No que tange a reabilitação de edificações entendemos segundo Marques de Jesus (2008) que “A reabilitação visa, [...], ampliar a vida útil do edifício ao buscar dotá-lo de atributos funcionais equivalentes àqueles exigidos a um edifício novo, envolvendo dentro dessa ação outras atividades de intervenções como o restauro, manutenção, retrofit ou reforma”.

O termo que tem equivalência entre o foco dessa pesquisa e as definições encontradas e que será utilizado é a reabilitação.

Joffroy (1999) define a reabilitação como uma prática arquitetônica que tem por objetivo melhorar as edificações e prolongar sua vida útil, de forma a restabelecer sua estima. Significa recuperar seu estado de habitabilidade no sentido físico, psicológico e social. (FONTENELLE, 2016, p. 35).

Como esse processo pode relacionar diversos níveis de complexidade, desde a renovação dos revestimentos até às intervenções de natureza estrutural, recorrendo a técnicas e materiais tradicionais como a tecnologias emergentes, é necessário o conhecimento específico de cada edifício, ou seja, é preciso resolver problemas de acordo com cada um. Cada caso tem de ser analisado individualmente, exigindo assim um maior rigor e sensibilidade, de forma a respeitar a sua história, os seus materiais e tecnologias pré-existentes.

Não há como precisar, pela idade, o nível de intervenção que será necessário. Isso porque, como é apresentado por Brand (1997), cada camada da edificação tem uma vida útil diferente e, qualquer uma dessas camadas, pode não atender mais às necessidades dos usuários. A própria mudança de função poderá exigir extensas intervenções no imóvel.

Diante desses fatores, o que na realidade caracteriza o objeto alvo da intervenção, não é a sua função, significância ou idade, mas sim a capacidade de atender aos usuários, às exigências de normas e legislações, e aos valores socioculturais e econômicos vigentes.

## 2.4. Vantagens da Reabilitação

Como foi observado, o grande objetivo de qualquer intervenção em edificações consiste em prolongar a sua vida útil, fazendo-o alcançar as gerações futuras através do aproveitamento de seus aspectos funcionais e de adaptações necessárias, proporcionando o seu uso fruto.

Existem outras motivações por trás da reabilitação de uma edificação. A seguir iremos discorrer sobre esses motivos classificando-os da seguinte forma: ambiental; econômico; técnico; espacial; social.

### Ambiental

Existe uma desconexão entre as necessidades dos edifícios tradicionais e as políticas de retrofit (GCS, 2014). O desafio constante é conseguir preencher a lacuna entre a energia incorporada<sup>10</sup> e a energia operacional<sup>11</sup>, ao compará-las em edifícios existentes e edifícios novos. Antigamente, a única forma de comparação era através da energia incorporada. Entretanto, ela só mede o que foi gasto no processo de produção dos materiais até a sua utilização na construção. O gráfico 3 ilustra a participação de cada tipo de energia no ciclo de vida da edificação. Analisando-o, podemos perceber que a energia incorporada (embutida) representa a menor parcela de energia relacionada ao edifício.

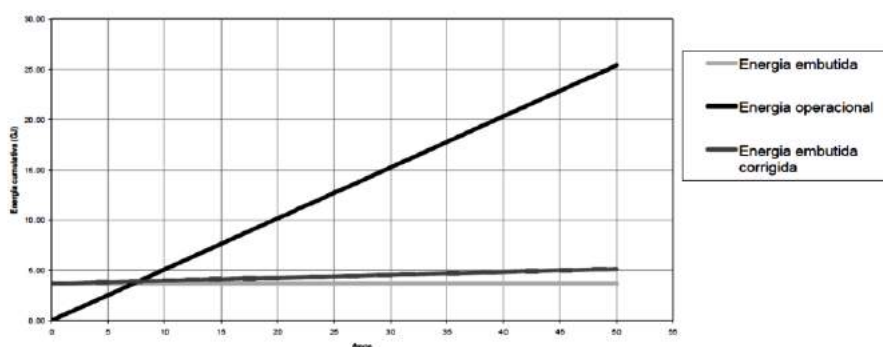


Gráfico 3 - Energia no ciclo de vida de uma edificação. Fonte: ADALBERTH (1997) adaptado por TAVARES (2006).

Hoje, com o ciclo de vida, a energia incorporada dos materiais é levada em conta, juntamente com uma série de impactos à montante e à jusante da concepção da

<sup>10</sup> Energia Incorporada é definida como o conjunto dos insumos energéticos, diretos e indiretos, utilizados para erguer a edificação.

<sup>11</sup> Durante a vida útil da edificação faz-se necessário o uso de equipamentos que consomem a chamada Energia Operacional.

edificação, até a sua demolição. O ciclo de vida é uma ferramenta capaz de quantificar alguns valores intangíveis que cercam a manufatura e a disposição dos materiais utilizados no edifício. É uma boa ferramenta para analisar méritos ambientais da substituição versus a renovação. No gráfico 4 podemos ver a comparação entre a energia incorporada e a operacional de três casos diferentes: edificação original; edificação renovada, de maneira sensível, preservando seus elementos e atingindo uma melhor performance; e uma nova edificação, construída seguindo o código de construção<sup>12</sup>.

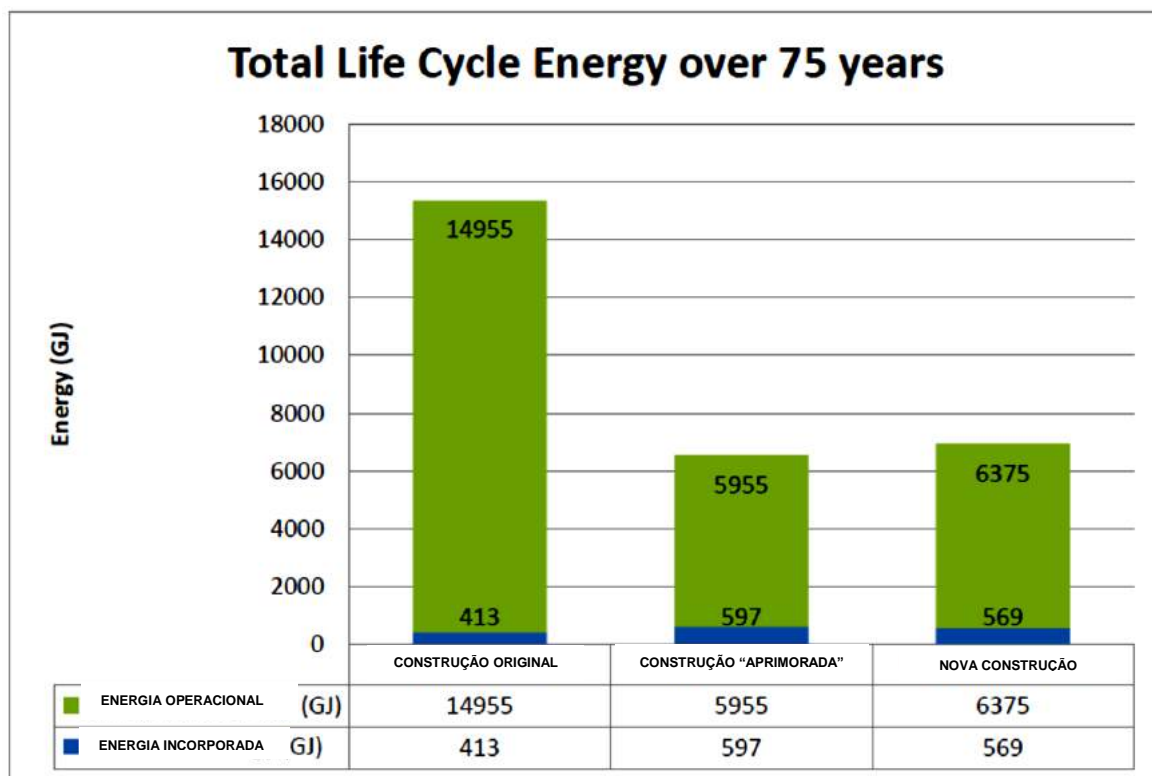


Gráfico 4 - Ciclo de vida da energia – edifício histórico original; edifício histórico renovado; nova construção de acordo com código de construção. Fonte: Greening a Heritage Building, City of Vancouver adaptado pela autora.

Podemos ver que quando a edificação passa por alguma intervenção, a energia incorporada (azul) aumenta muito pouco. Isso ocorre porque a energia embutida nos materiais que constituem a edificação permanece, uma vez que o edifício já está construído e os materiais já fazem parte dele. A pequena alteração se dá devido à substituição, incremento ou renovação de algum material. Uma esquadria pode ser reciclada uma vez que será reparada, por exemplo, através da substituição de um vidro danificado; pode ser incrementada ou até substituída por uma nova. O gráfico 5 ilustra o

<sup>12</sup> O gráfico representa os dados obtidos numa pesquisa realizada na cidade de Vancouver. Nessa pesquisa foram utilizados alguns softwares como o Athena (impactos ambientais e ciclo de vida) e Hot 2000 (eficiência energética e consumo).



aumento da emissão de gases do efeito estufa do concreto. Percebemos que sempre que o material passava por algum processo de renovação a emissão dos gases aumentava. Analisando esses dados podemos considerar que eles terão um reflexo um aumento na energia incorporada ao material, uma vez que são necessários novos processos que demandam uma nova quantidade de energia.

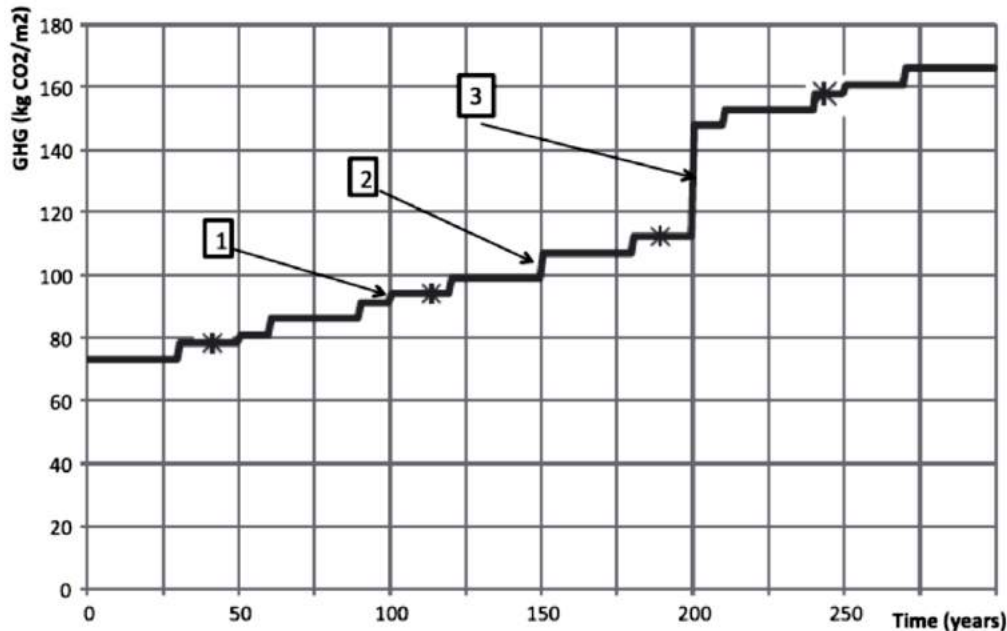


Gráfico 5 – Comparação entre a emissão de gases do efeito estufa do concreto ao longo dos anos. [1] representa o aumento de emissões de gases do efeito estufa devido à renovação do revestimento interior de gesso, a cada 30 anos. [2] representa o aumento devido à renovação da lã de vidro para isolamento, a cada 50 anos. [3] é representativa da reconstrução da parede uma vez que o tempo de vida do concreto é de 200 anos. Fonte: MEQUIGNON; AIT HADDOU; THELLIER et al. 2013.

Ainda relacionando ao gráfico 4, o que muda drasticamente de um caso para o outro é a energia operacional (verde). Ela está diretamente relacionada ao uso da edificação. Uma vez que o desempenho energético do edifício melhora, a tendência é que a energia operacional reduza. Ao se intervir em uma edificação existente o grande foco é reduzir a demanda energética operacional.

Nos dois últimos casos, edificação renovada e nova edificação, a comparação energética praticamente se igual. Entretanto, como já foi dito, comparar somente as questões energéticas, não é suficiente. Os impactos também devem ser comparados, caso contrário, a reabilitação de uma edificação não seria justificável, já que energeticamente a construção de um novo edifício consumiria a mesma quantidade de energia. O gráfico 6 compara os impactos incrementados na intervenção e na nova construção. Devemos

considerar que a diferença entre os impactos da nova construção e dos impactos da intervenção no existente é igual aos impactos de renovação.

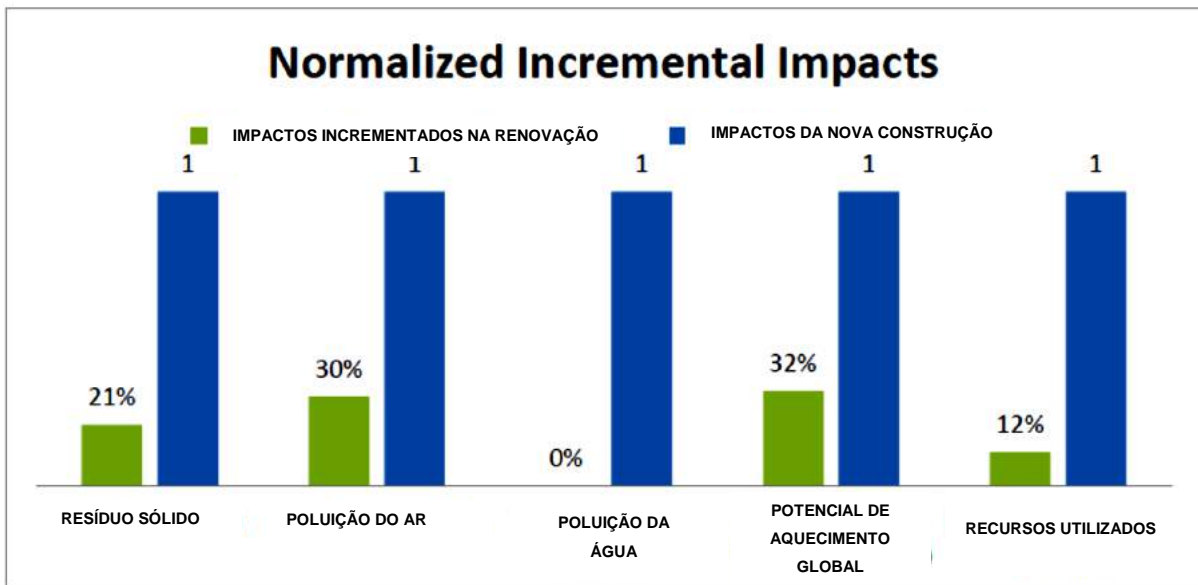


Gráfico 6 – Impactos Incrementados Normalizado. Fonte: Greening a Heritage Building, City of Vancouver adaptado pela autora.

De acordo com o gráfico percebemos que os impactos de renovação são apenas uma fração, se comparados aos impactos de uma nova construção. Em relação ao impacto de lixo sólido, a renovação representa apenas 21% dos impactos de uma nova construção. Os impactos de poluição do ar, no caso da renovação, somam 30% dos impactos de uma nova edificação. A poluição da água só ocorre na construção nova. O potencial de emissão de gases do efeito estufa, que geram o aquecimento global, na renovação é de 32%. Os recursos utilizados na renovação somam somente 12% dos recursos necessários em uma nova construção. Independente da edificação nova ter sido pensada, projetada e construída da maneira mais sustentável possível, ela irá consumir sempre muito mais recursos do que aquela que já existe. Ao se reabilitar uma edificação, muitos impactos são evitados. O gráfico 7 compara, quantitativamente, os impactos evitados e os impactos incrementados em uma ação de reabilitação. Apesar de ser impossível evitar algum tipo de impacto, mesmo que se reutilize a edificação, em comparação com uma nova construção, é muito mais vantajoso intervir e adaptar o existente.

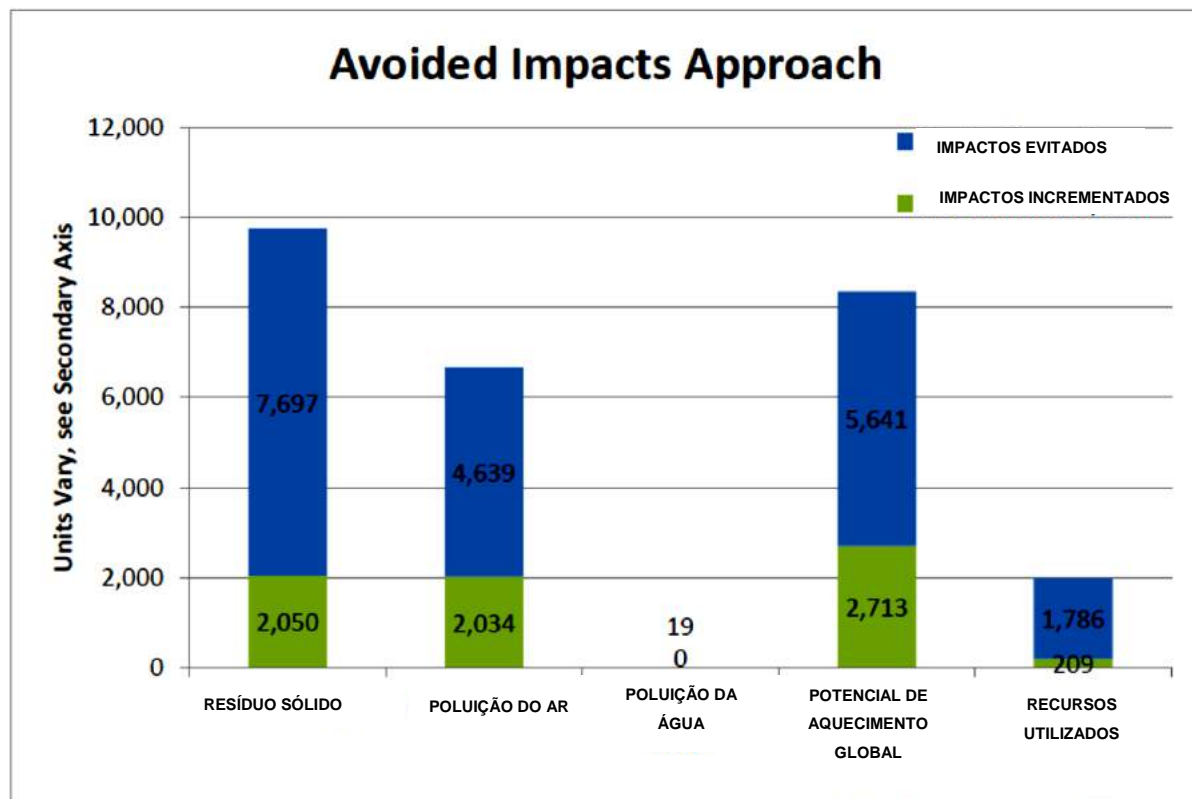


Gráfico 7 – Impactos evitados. Fonte: Greening a Heritage Building, City of Vancouver adaptado pela autora.

Todas essas análises mostram que a reabilitação é favorável. Entretanto é necessário que a maneira de projetar mude. Conseguir intervir em uma edificação, pensando em todas essas questões, envolve muito mais do que a capacidade de um único profissional. O projeto que consiga abarcar todas essas questões deve ser pensado de maneira interdisciplinar, com equipes que envolvam arquitetos, engenheiros, proprietários e outros profissionais, para que as melhores decisões sejam tomadas.

### Econômico

Não é difícil entender o motivo de a adaptação custar menos que uma nova construção. O processo de adaptação, geralmente, é mais rápido que o de um novo desenvolvimento. A infraestrutura, normalmente, já está prevista (fundações, serviços básicos e superestrutura). Logo, o período de contrato com profissionais é mais curto e os custos de empréstimos para a realização da obra mais baratos do que para uma nova construção. Quando as taxas de juros sobre os empréstimos estão altas, a proporção de projetos de adaptação tende a aumentar.

Uma análise orçamentária de cinco edifícios com diferentes usos convertidos em habitação de interesse social em São Paulo atesta que a reabilitação pode

custar em média 1/3 do valor da construção de um novo edifício, sem considerar os gastos com demolição e descarte dos resíduos (MARQUES DE JESUS; BARROS, 2011 *apud* FONTENELLE, 2016). Isso ocorre porque a reabilitação permite em muitos casos aproveitar a estrutura da edificação, que é o elemento com maior vida útil dos edifícios e um dos mais dispendiosos na construção. (FONTENELLE, 2016)

Adaptar evita a necessidade de demolir. A própria demolição é uma atividade cara, de grande desperdício, geradora de muitos resíduos, confusa, perturbadora e perigosa. A forma da construção, a presença de materiais nocivos à saúde e a proximidade com edifícios adjacentes irão influenciar diretamente na facilidade, ou não, da demolição. Além de influenciar também nos seus custos.

É um processo que demanda mais tempo e um maior custo inicial, todavia aumenta o valor dos imóveis, diminui os riscos e tem um menor custo de manutenção (Figura 5). Percebemos pela figura que os custos iniciais e de manutenção podem ser considerados grandezas inversamente proporcionais.

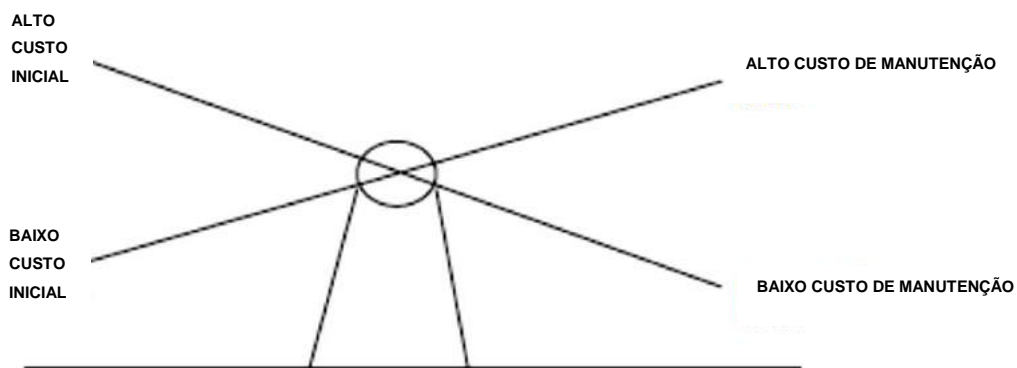


Figura 8 - Balança de custos. Fonte: DOUGLAS (2006) adaptado pela autora.

## Social

Manter o caráter de uma rua é mais fácil através da adaptação de seus edifícios. Os edifícios antigos oferecem maior segurança psicológica por causa de suas características distintas (DOUGLAS, 2006; SCOTTISH CIVIC TRUST, 1981)

A reabilitação também tem por objetivo preservar a história de uma rua, bairro ou cidade (DOUGLAS, 2006; BURTON, 2013; RODERS, 2007; WILKINSON et al, 2014). Esta pode ser uma estratégia utilizada para recuperar áreas abandonadas e degradadas da cidade (WILKINSON et al, 2014), ao otimizar o aproveitamento da infraestrutura e evitar o aumento dos deslocamentos das pessoas. Poderá também suprir a carência de terrenos livres ou uma baixa taxa de vacância de imóveis de áreas valorizadas, possibilitando o usufruto

das mesmas por uma maior parcela da população. (FONTANELLE, 2016)

Quando as edificações existentes recebem o uso de habitação, as vantagens sociais são mais evidentes. Os valores e benefícios arquitetônicos, culturais e históricos são mantidos e reafirmados em edificações adaptadas. Por essas razões a conservação de edifícios está se tornando importante no mundo em desenvolvimento.

### **Técnico**

A estrutura existente pode ser totalmente utilizada para fornecer um gabinete ou barracão durante a obra. Pouco tem de ser feito para proteger as obras ou o armazenamento de materiais, pois a própria propriedade existente fornece um recinto adequado. O edifício só vai precisar ser modificado para atender as obras de adaptação propostas. Logo, o proprietário ainda será capaz de fazer uso da edificação, uma vez que a maioria dos serviços e equipamentos ainda poderá ser utilizada (ADVISORY COUNCIL ON HISTORIC PRESERVATION, 1979).

### **Funcional**

Por questões de legislação, o formato proposto para uma nova edificação pode ser menor ou maior do que o apresentado pela edificação existente. Caso o espaço necessário seja menor que o disponível, o espaço interno pode ser subdividido sem comprometer a qualidade arquitetônica essencial do edifício (ADVISORY COUNCIL ON HISTORIC PRESERVATION, 1979).

## 2.5. Desvantagens da Reabilitação

Neste estudo temos como premissa de que toda adaptação é desejável. Entretanto, nem toda adaptação é necessária ou vale a pena. Em alguns casos elas se provam um fracasso, pois as mudanças no edifício foram, ou impropriadas ou de baixa qualidade. Assim, apesar das várias vantagens listadas, uma intervenção pode gerar uma série de inconvenientes. Para que a sua viabilidade seja analisada, devem ser pesadas as dificuldades e desafios. Iremos discorrer sobre as seguintes desvantagens: funcionais; técnica; econômica; ambiental; legal; sociais.

### Ambiental

Nem todos os edifícios adaptados resultam num ambiente, interno ou externo, melhorado. A aparência ou eficiência energética de um edifício adaptado pode não ser muito melhor. O uso pode não ser compatível com o entorno, ou o próprio imóvel.

### Econômico

Os custos de manutenção de um edifício antigo, mesmo aquele que foi remodelado, geralmente, ainda são superiores aos de uma nova construção. A renda gerada por um edifício existente pode não ser tão elevada quanto à obtida por uma instalação moderna, que atenda plenamente as necessidades dos usuários.

Marques de Jesus e Barros (2011) listam ainda outros entraves que, por vezes, impedem esta atividade de crescer: a falta de incentivos fiscais, o desconhecimento técnico sobre os procedimentos específicos, a inadequação das novas tecnologias às originais e a ausência de indicadores que permitam estimar com maior precisão os custos da obra para analisar sua viabilidade (FONTENELLE, 2016).

Os custos de energia podem ser maiores, uma vez que é mais difícil combinar normas, do que em novas construções. Alguns materiais que sejam necessários para a adaptação podem ser caros e difíceis de encontrar. Atender aos requisitos de conservação de edifícios antigos pode elevar os custos, o que pode levar a adaptação a custar tanto quanto uma nova construção.

## **Sociais**

Alguns aspectos sociais se tornam desafios para a reabilitação. A exigência dos usuários muda muito rápido e satisfazê-las, num curto período de tempo, é cada vez mais complicado. Existe um preconceito que incide sobre o insucesso de uma intervenção. Certos tipos de imóveis carregam estigmas de acontecimentos negativos ou usos anteriores (WILKINSON et al., 2014).

Em alguns casos famosos de reabilitação, urbana ou arquitetônica, a gentrificação é um processo recorrente. O aumento do aluguel e IPTU, devido à valorização da área, inviabiliza a permanência dos antigos moradores, que acabarão sendo “obrigados” a buscar locais mais acessíveis, financeiramente. Entretanto, esses lugares, muitas vezes, não possuem uma infraestrutura básica, o que acentua ainda mais a desigualdade e exclusão social.

## **Técnica**

A vida útil de um edifício adaptado ainda é apenas uma fração do que a de uma nova instalação. Não há garantia de que a adaptação vá superar todas as deficiências do desempenho. Na verdade, todo edifício existente vai conter alguns defeitos latentes que podem ser difíceis e caros de resolver.

## **Funcionais**

Não existe a garantia de que o edifício vai atingir o desempenho adequado. Algumas restrições como layout ou pé direito, podem limitar o uso e a satisfação das necessidades.

A inflexibilidade do edifício é uma das maiores restrições físicas encontradas na reabilitação. Esta pode ser devida tanto a fatores externos – quando há uma impossibilidade de expandir a capacidade do edifício devido à implantação adotada ou à ocupação do terreno – como internos – quando o sistema estrutural forma pequenos vãos ou os layouts possíveis são restritos. A baixa capacidade da estrutura, o pé-direito reduzido e a má localização de elementos de circulação vertical (rampas, elevadores, escadas) são aspectos espaciais que podem gerar problemas na intervenção, sobretudo quando há uma mudança na função do edifício (DOUGLAS, 2006; WILKINSON et al, 2014 *apud* FONTENELLE, 2016).

A adaptação pode impedir o terreno de ser usado de uma forma mais eficiente. As limitações na forma, na escala e no aspecto do edifício podem fazer da adaptação uma problemática, se comparada a nova construção.

## Legal

Pode ser difícil cumprir de forma completa as regulamentações e códigos modernos nos edifícios antigos. Algumas restrições espaciais, construtivas podem dificultar, por exemplo, o atendimento à norma dos bombeiros, no que tange os meios de evacuação e nível de resistência ao fogo.

Isto porque pode inviabilizar expansões verticais e horizontais para aumentar a capacidade do imóvel ou impedir a introdução de elementos nas fachadas (como dispositivos de proteção solar) pela falta de recuos suficientes. As leis de zoneamento urbano podem, do mesmo modo, inviabilizar determinadas conversões do edifício para outras funções (WILKINSON et al, 2014). Com base nestes entraves, Marques de Jesus e Barros (2011) e Vale (2006) defendem a elaboração de um código de obras específico para a reabilitação de edifícios de modo a impulsionar esta atividade (FONTENELLE, 2016).

Algumas restrições de conservação podem limitar o grau de adaptação de uma edificação, o que gera um grande impacto na viabilidade da proposta.



## 2.6. Metodologia e Etapas para a Reabilitação

A reabilitação não é totalmente diferente de uma nova construção, todavia a principal diferença entre os dois processos reside na abrangência do que se transforma. Além de todas as alterações que a concepção de um novo edifício traz, a reabilitação, além de modificá-las (terreno, entorno e etc.), transforma a edificação existente. Portanto, a reabilitação é apenas um processo de transformação, onde a limitação do meio é mais evidente (FONTANELLE, 2016; JOFFROY, 1999).

No trabalho iremos dividir o processo em duas etapas principais: o diagnóstico e o projeto. Vamos nos basear no estudo de Fontanelle (2016) para entender melhor o objetivo de cada etapa.

O diagnóstico consiste num estudo minucioso do meio que se pretende transformar. Além de buscar a compreensão das solicitações técnicas, procura identificar as diversas dimensões do problema – sociais, culturais, econômicas, históricas ou ambientais. Trata-se de uma etapa bastante abrangente e imprescindível para uma intervenção responsável sobre o existente. Roders (2007) divide o diagnóstico em subetapas.

**Análise:** consiste, basicamente, na coleta de dados. Esses dados podem ser um inventário documental, onde são levantados os documentos sobre a edificação; inventário oral, que consiste na realização de entrevistas com os atores relacionados à reabilitação (incorporadores, proprietários, usuários, arquitetos, consultores, gestores, construtores, artesãos, vizinhança e visitantes); inventário físico, no qual são feitas visitas para a análise das condições físicas da edificação, considerando formas, componentes e materiais do imóvel.

**Síntese:** interpretação dos dados colhidos, a partir de três estudos. Avaliação ambiental, buscar entender como o edifício interage, interna e externamente, com recursos naturais (água, luz, vento, etc) e construídos (entorno) e suas implicações no conforto ambiental, qualidade do ar e consumo energético da edificação. Avaliação da significância, quantificação, de forma científica, com base nas entrevistas e análises físicas do edifício, da significância do imóvel. Para esse estudo, consideram-se os seguintes valores culturais: social, econômico, histórico, estético, científico, ecológico e etário; Avaliação das condições físicas do imóvel, estudo do desempenho físico, funcional, técnico, econômico e da sua adaptabilidade. Essas avaliações serviram de base para uma análise do potencial de melhorias geradas pela reabilitação.

É importante que essa fase de diagnóstico seja conduzida com imparcialidade, para evitar a manipulação dos dados coletados.

Após a conclusão do diagnóstico, o projeto de reabilitação pode ser iniciado. Na etapa anterior o foco era a compreensão do objeto existente, já nesta etapa de projeto, o foco é o que se pretende criar. Roders (2007), mais uma vez, sugere a divisão dessa etapa em subetapas: análise, síntese, simulação, avaliação e decisão.

**Análise:** leitura dos relatórios de diagnóstico a fim de identificar evidências para a intervenção.

**Síntese:** amadurecimento das reflexões e estabelecimento de diretrizes para concepção.

**Simulação:** concepção das soluções em três momentos diferentes.

1° - desenvolvimento de conceitos que guiarão o caminho para as soluções.

2° - estudo preliminar

3° - solução final com detalhamento, projeto executivo e complementares.

**Avaliação:** fazer uma análise do desempenho das soluções propostas. Através de maquete 3D digital e simulações computacionais (iluminação natural, ventilação natural, trocas térmicas, etc). É importante dizer que essas mesmas simulações podem, e devem ser feitas na etapa de diagnóstico (etapa de avaliação ambiental), para uma melhor compreensão do funcionamento da edificação. Essas simulações, de antes e depois da intervenção, devem ser comparadas com os parâmetros pré-estabelecidos por normas, projetistas e usuários, o que irá possibilitar uma análise de custo/ benefício da reabilitação.

**Decisão:** escolha das soluções estudadas e propostas. Deve ser feita uma documentação completa de todo o processo de concepção e análise das alternativas. Essa documentação irá constar como registro e consulta para futuras intervenções.

Essa ordem proposta por Fontanelle (2016) e Roders (2007) pode sofrer algumas alterações. Isso resulta do fato de o projeto não ser um processo linear, principalmente o processo de projeto integrado. Por exemplo, em alguns casos o programa de necessidade e prioridades já pode vir definido desde a etapa de diagnóstico ou então alguma descoberta ou situação pode levar o retorno à alguma etapa.

Após todas as decisões tomadas, o projeto ainda poderá passar por um estudo de viabilidade, etapa de implementação e autorizações e uma etapa final de verificação e validação (baseada numa análise pós-ocupação, o que possibilitaria a visão do que realmente funcionou e do que ainda pode ser melhorado).

## 2.7. Conclusões do Capítulo

Nesse capítulo, procurou-se entender os efeitos da passagem do tempo e sua consequência na intervenção. A partir da compreensão das etimologias apresentadas, chegou-se à conclusão que o termo “reabilitação” é o que melhor define os objetivos desse trabalho, por toda a sua abrangência e escalas de intervenção.

Como já mostrado nos capítulos anteriores, o crescimento da população contribui para o exagerado crescimento urbano e gera, por consequência, a construção de mais edifícios e infraestruturas, além de reduzir, significativamente, as áreas para novas construções.

Diante dessa realidade, conseguir um equilíbrio entre os dois objetivos fundamentais da sociedade, dispor de uma infraestrutura para suportar padrões de vida aceitáveis e proteger o meio ambiente aproveitando racionalmente os recursos naturais, torna-se essencial. Contra esse paradigma seria conveniente optar por uma estratégia pautada na promoção da construção e ocupação sustentável, onde as edificações se tornem multifuncionais e seja possível a reutilização das mesmas.

A reabilitação apresenta-se como uma estratégia adequada, uma vez que sustenta vantagens econômicas, sociais e ecológicas, temáticas que a sustentabilidade solicita. Na prática da reabilitação sustentável, a noção do ciclo de vida surge como conceito fundamental, assim como mostrado acima, que encara o processo como um todo, considerando perspectivas de durabilidade e efeitos no futuro, o que impacta diretamente nas três vantagens, citadas anteriormente, exigidas pela sustentabilidade. Isso porque, esse mecanismo trata-se de um instrumento de análise e avaliação dos custos ambientais que um edifício pode apresentar indo desde uma análise cuidadosa dos materiais, processos utilizados em sua construção e definição do projeto até a demolição da edificação, como observamos acima.

Esse processo de análise, tendo como relevância os custos de energia e substituição de materiais, é decisivo na duração da vida útil da construção. Estando consciente da durabilidade dos materiais, também prevista nesta análise, podem-se propor substituições que decorram de necessidades técnicas, funcionais, de redução da energia de operação ou simplesmente estéticas. Ainda nesse processo, está implícita a consideração da reciclagem dos materiais existentes, que poderão ser reutilizados na sua função original, ou aplicados a novas necessidades, sem, entretanto, deixar de fazer parte do funcionamento global do edifício.

Com o objetivo de atender aos requisitos estipulados, às novas necessidades e de prologar o ciclo de vida de determinado objeto, a integração de novos elementos e/ou materiais no espaço é uma etapa inevitável levando à reflexão de como a forma de utilizar o espaço se torna variável no tempo, e de como a Arquitetura deve responder a essas novas configurações de espaço e percepção do homem. Cabe aqui ressaltar que é nesta circunstância que a sustentabilidade se reafirma, uma vez que “assegura uma grande possibilidade de diversidade estética, capacidade essa que as cidades no futuro requerem para se manterem como lugares dinâmicos e apelativos” (Cunha, 2007)..

Verifica-se que a reabilitação é um processo positivo em todos os aspectos que tocam a sustentabilidade. É claro que toda intervenção possui vantagens e desvantagens, por isso é importante a realização de um estudo de viabilidade, para evitar que um edifício que demande alterações drásticas seja alvo de uma intervenção. O estudo de viabilidade não condena um edifício à demolição, entretanto existem imóveis com uma capacidade de conversão, adaptação, desagregação, expansão e desmonte. Todavia, acredita-se que todo edifício num estado mínimo de conservação pode ser utilizado para alguma função.

No processo de reabilitação, devem ser sempre pesados todos os valores. É importante que o projetista consiga equilibrar passado, presente e futuro buscando criar uma harmonia entre essas três realidades temporais, de modo a não privar a sociedade de apreciar no edifício os registros da passagem do tempo, de ter conforto e bem-estar adequados aos requerimentos da vida contemporânea e de adaptar os espaços às necessidades futuras (RODERS, 2007). É o que Carvalho, Salgado e Bastos (2009) denominam de “equilíbrio entre conservação, utilização e transformação” do patrimônio construído (FONTENELLE, 2016).

Diante de tais limitações, entretanto, surge a possibilidade de soluções projetuais únicas e inovadoras, onde é necessário aprender com o edifício para poder dialogar com essas diferentes dimensões.

## **CAPÍTULO 03 – Diagnóstico**

## Objetivos e estrutura do Capítulo

Este capítulo tem por objetivo apresentar o objeto de intervenção de uma reabilitação no centro de Juiz de Fora. Propõe-se discutir as questões abordadas nos capítulos precedentes, tais como: as transformações sofridas por um edifício e seu entorno ao longo dos anos, a importância do diagnóstico e profundo conhecimento do objeto de estudo, as limitações impostas pelo contexto urbano, e do próprio edifício, e a tentativa complexa de conciliar um bom desempenho ambiental, com respeito ao passado, presente e futuro da edificação.

O capítulo está estruturado em cinco partes que se resumem dentro da metodologia descrita no capítulo sobre diagnóstico para a reabilitação – análise e síntese.

Na etapa de análise:

Inicialmente, são apresentados detalhes do contexto urbano no qual o edifício se insere. Para isso, foi determinado um recorte urbano específico da região central de Juiz de Fora.

Em seguida são apresentadas as condicionantes climáticas da cidade como zona bioclimática, rosa dos ventos, carta bioclimática entre outros.

Na terceira parte, após a compreensão de uma área específica da cidade, que se insere na problemática abordada previamente, é escolhido o objeto de intervenção. Então são apresentadas algumas características históricas e técnicas que irão auxiliar no conhecimento e diagnóstico da edificação para embasar a posterior fase de projeto.

Na quarta parte são listados todos os dados que serão utilizados na simulação térmica. A etapa de simulação será de grande importância para adequar a edificação ao novo uso proposto (habitação).

Na etapa de síntese:

Finalmente, na parte denominada análise das potencialidades será feita uma síntese, segundo o conhecimento do objeto de estudo, as análises climáticas e os dados para a simulação, relacionando as possibilidades de intervenção.









Mapa 3 – Usos percebidos na área de estudo. Fonte: JF em CAD, idem.

É notável que os maiores gabaritos estão na área mais próxima à Av. Getúlio Vargas, e que assim, em sua maioria, não se colocam como um impacto na paisagem, visto que o gabarito diminui de maneira progressiva, à medida que se aproxima da linha férrea.

Segundo a legislação de uso e ocupação do solo vigente, a região se caracteriza por uma grande massa edificada com diversificação de usos - atividades de interesse público, comércio, lazer, serviços e cultura, o que a configura como um polo receptor de grande fluxo de pessoas de toda a cidade e dos municípios vizinhos. A área central, antes predominantemente residencial, agora é majoritariamente uma mescla dos usos. Torna-se claro através dos mapeamentos realizados a grande presença de uso misto na região, predominando em algumas áreas o uso comercial ou de serviços.

Dentro de suas várias tipologias, nota-se, através da análise em conjunto da legislação e da atual configuração das edificações, que o modelo de ocupação permite um adensamento maior do que o que é hoje encontrado ali. Segundo a lei, é permitido que



Os “patrimônios abandonados” (Vazios 1 e 3) da Praça são aqueles utilizados apenas nos pavimentos térreos para o comércio, apresentando espaço ocioso nos pavimentos superiores. Esses vazios, portanto, se encaixam na definição do Manual para edifícios centrais abandonados. A presença desses vazios, sobretudo a dos prédios abandonados ou pouco utilizados se relaciona ao que Jacobs (1961, p. 254) conceitua como “usos econômicos decadentes”, que são usos que não contribuem para o bem-estar geral, a atratividade da área ou a concentração de pessoas, ou seja, não dão retorno social algum.

É necessário reinseri-los no processo de evolução da cidade de maneira cuidadosa. Para isso, é importante que se incluam novos usos potenciais, aumentando a presença de pessoas nos horários do dia em que o local mais precisa delas para manter o movimento e equilibrar a utilização. É importante lembrar que a inserção destes usos deve sempre combinar com o perfil da localidade, de modo a não conflitar nem substituir as atividades atuais.

Há uma significativa quantidade de edificações na Praça que são utilizadas apenas em seus pavimentos térreos para uso comercial, ficando os pavimentos superiores sem uso. Com a queda das atividades e a desvalorização dessa área, os moradores das antigas habitações da praça foram embora, deixando ociosos espaços com grande potencial de reaproveitamento.

Morar no centro ressurgiu como uma opção, para isso será necessário promover a reforma da parte ociosa desses imóveis centrais e destiná-los para pessoas permitindo a inclusão das mesmas numa cidade compacta, consolidada e bem provida de infraestrutura. Esse pensamento da recuperação do estoque imobiliário construído se opõe à prática atual da construção nova como única forma de provisão habitacional, seja pelo setor privado ou público. A promoção de habitações no centro contribui para reduzir a pressão pela expansão de fronteiras urbanas. Com essa nova lógica ao mesmo tempo controla-se a expansão da mancha urbanizada e recupera-se a potencialidade da área, em um desenvolvimento mais sustentável.

### 3.1.2. Contexto Climático

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a cidade de Juiz de Fora (21°45' S / 43°21' O) apresenta clima tropical de altitude (tipo Cwb<sup>13</sup> segundo Köppen), com chuvas concentradas no verão e temperatura média compensada anual em torno dos 19 °C. O índice pluviométrico é de aproximadamente 1 600 milímetros/ano (mm), sendo agosto o mês mais seco e janeiro o mais chuvoso. A umidade do ar é relativamente elevada, com médias entre 75% e 85%, e o tempo aproximado de insolação é de aproximadamente 1 800 horas/ano. As precipitações ocorrem principalmente sob a forma de chuva e, em algumas ocasiões, de granizo.

Atributos	1977	1985	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
Pressão atmosférica anual (mb)						911,9	912,6	912,3	912,1	907,7	911,1	911,5	911,31
Temperatura média anual (°C)						18,9	18,9	19,4	20	19,4	18,7	19,3	19,23
Média das máximas (°C)						23,9	24,5	25,8	25,9	25,6	24	24,8	24,93
Média das mínimas (°C)						15,3	14,8	13,9	15,7	15,4	14,9	15,6	15,09
Umidade relativa média anual (%)						81	80	77	77	76	81	81	79,00
Precipitação total anual (mm)						1538,8	1366,2	1547,6	1446,1	1863,7	1588,4	1601,9	1564,67
Insolação total anual (horas de brilho solar)						1759,8	1815,8	1983,4	1970,5	1983,8	1526,6	1383,4	1774,76
Temperatura máxima absoluta (°C)	34,4												32,8
Temperatura mínima absoluta (°C)		3,1											7,8

Tabela 4 - Meteorologia de Juiz de Fora, 1999-2005. Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - Departamento de Geociências / UFJF, In: Anuário Estatístico de Juiz de Fora, 2006.

Mês	1977	1985	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média
Janeiro			22,2	21,2	22,3	22,3	21,3	22,1	21,1	21,8	20,7	21,3	21,6
Fevereiro			22,0	22,0	23,1	22,3	21,5	22,8	20,1	23,6	20,8	20,6	21,9
Março			21,2	19,7	21,9	21,0	20,3	21,7	21,5	21,4	20,1	21,5	21,0
Abril			19,3	19,0	20,4	19,0	19,1	21,2	21,0	20,2	19,9	20,8	20,0
Mai			16,5	16,3	17,5	16,7	17,2	17,9		17,5	17,3	18,5	17,3
Junho			16,1	16,8	15,6	16,1	17,1	17,3	18,0	18,3	16,8	17,3	16,9
Julho			15,0	17,2	16,4	15,8	15,2	16,7	16,5	16,9	14,9	16,0	16,1
Agosto			15,4	17,4	18,9	16,3	16,8	17,0	19,3	15,9	16,4	18,4	17,2
Setembro			16,9	18,9	18,8	18,3	17,1	17,0	17,2	17,6	19,6	17,6	17,9
Outubro			18,1	19,8	18,4	17,0	21,4	18,4	22,2	19,1	18,6	21,1	19,4
Novembro			18,7	21,5	18,2	18,0	19,6	19,7	21,2	19,8	19,7	19,1	19,6
Dezembro			21,0	22,0	21,5	20,4	21,0	20,5	21,7	21,2	20,1	19,8	20,9
<b>Média anual</b>			<b>18,5</b>	<b>19,3</b>	<b>19,4</b>	<b>18,6</b>	<b>19,0</b>	<b>19,4</b>	<b>n.d.</b>	<b>19,4</b>	<b>18,7</b>	<b>19,3</b>	

Tabela 5 - Tabela temperatura média mensal e anual. Fonte: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - Departamento de Geociências / UFJF, In: Anuário Estatístico de Juiz de Fora, 2006.

<sup>13</sup> Foram encontradas divergências na classificação da cidade de Juiz de Fora segundo a classificação de Köppen consultada em diferentes referências bibliográficas.

Segundo a Norma Brasileira aprovada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005), Juiz de Fora está classificada como sendo umas das 62 cidades integrantes da Zona Bioclimática 3.

UF	Cidade	Estrat.	Zona
MG	Governador Valadares	CFIJ	5
MG	Grão Mogol	BCFI	3
MG	Ibirité	ABCFI	2
MG	Itabira	BCFI	3
MG	Itajubá	ABCFI	2
MG	Itamarandiba	BCFI	3
MG	Januária	CFHIJ	6
MG	João Pinheiro	CDFHI	6
MG	Juiz de Fora	BCFI	3

Figura 9 - Classificação Zona Bioclimática e estratégias para Juiz de Fora. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

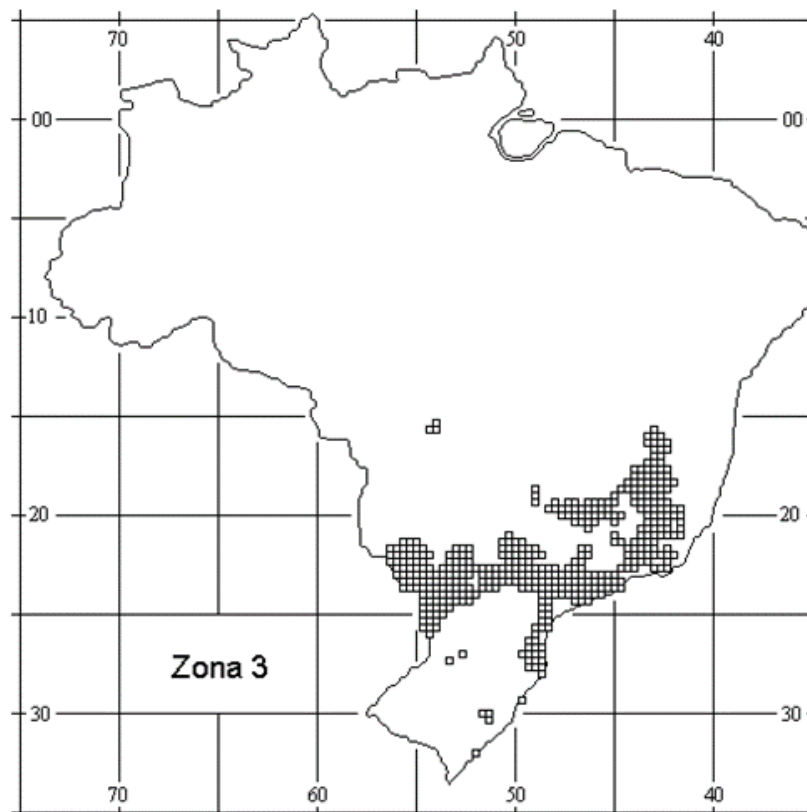


Figura 10 - Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

A carta bioclimática da cidade de Juiz de Fora é apresentada a seguir:

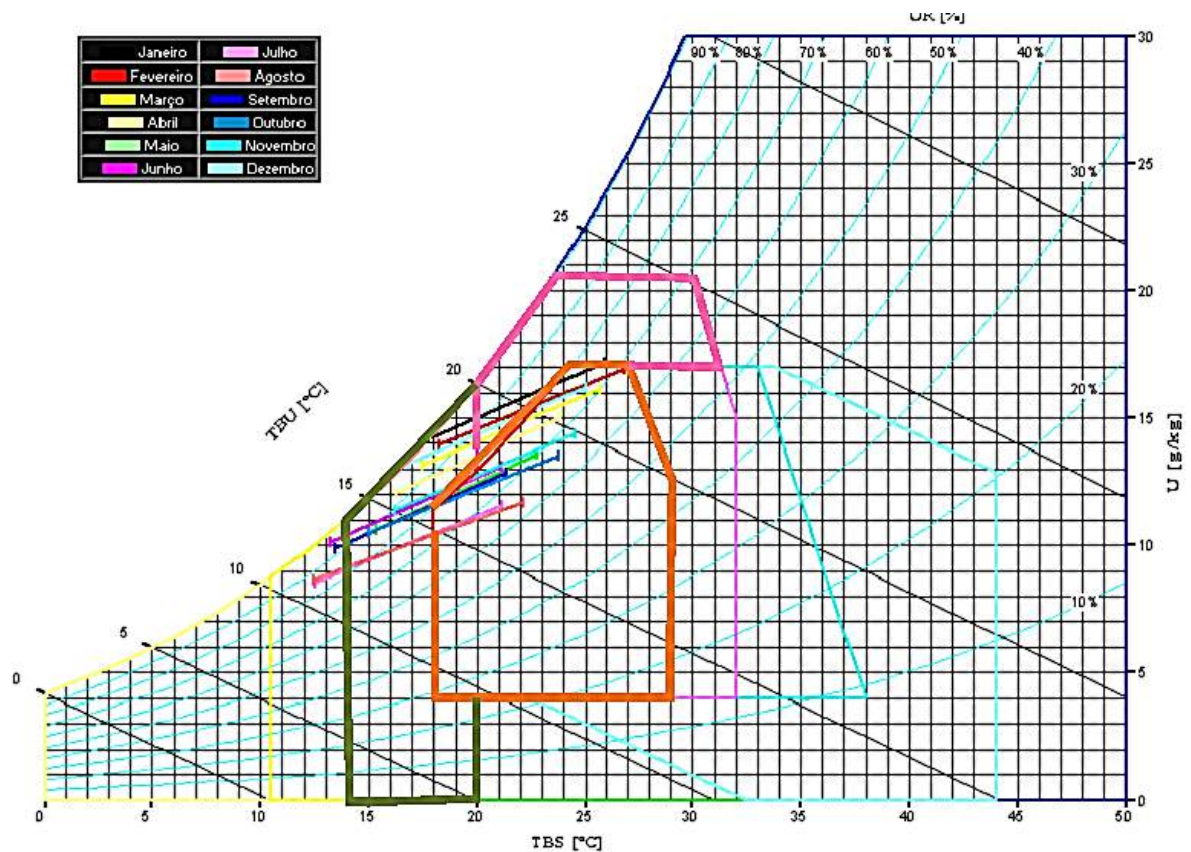


Figura 11 - Carta Bioclimática da cidade de Juiz de Fora. Fonte: Labeee/UFJF.

<b>JANEIRO:</b> »Conforto: 21.19 »Ventilacao: 51.65 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 27.17	<b>JULHO:</b> »Conforto: 36.78 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica:45.97 »Aquecimento Solar Passivo: 17.25
<b>FEVEREIRO:</b> »Conforto: 45.89 »Ventilacao: 33.18 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 20.93	<b>AGOSTO:</b> »Conforto: 42.85 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 40.81 »Aquecimento Solar Passivo: 16.33
<b>MARÇO:</b> »Conforto: 44.38 »Ventilacao: 25.13 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 30.50	<b>SETEMBRO:</b> »Conforto: 37.28 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 55.22 »Aquecimento Solar Passivo: 7.50
<b>ABRIL:</b> »Conforto: 36.77 »Ventilacao: 14.54 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 48.70	<b>OUTUBRO:</b> »Conforto: 63.73 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 36.28
<b>MAIO:</b> »Conforto: 57.33 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 42.67	<b>NOVEMBRO:</b> »Conforto: 60.69 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 39.32
<b>JUNHO:</b> »Conforto: 24.37 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 65.63 »Aquecimento Solar Passivo: 10.00	<b>DEZEMBRO:</b> »Conforto: 29.63 »Ventilacao: 32.11 »Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica: 38.28

Tabela 6 - Dados gerados pelo programa Analysis Bio para a cidade de Juiz de Fora. Fonte: Labeee/UFSC

Analisando a carta de Juiz de Fora, e tendo como base a carta bioclimática criada por Givoni (1969)<sup>14</sup>, concluímos que parte das condições climáticas estão dentro da zona de conforto. As condições que não se enquadram nessa zona, podem ser encontradas em outras três zonas:

**Zona de ventilação:** A ventilação corresponde a uma estratégia de resfriamento natural do ambiente construído através da substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio). As soluções arquitetônicas comumente utilizadas são ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob a edificação;

**Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar:** Neste caso, pode-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20°C;

**Zona de Aquecimento Solar Passivo:** O aquecimento solar passivo deve ser adotado para os casos com baixa temperatura do ar. Recomenda-se que a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor. Esta estratégia pode ser conseguida através de orientação adequada da edificação e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas.

Para cada uma dessas zonas bioclimáticas a Norma apresenta estratégias de condicionamento térmico passivo, sendo considerados os seguintes parâmetros:

- a) Tamanho das aberturas para ventilação;

**Tabela C.1 - Aberturas para ventilação**

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Figura 12 - Tabela aberturas para ventilação. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

<sup>14</sup> Baruch Givoni é um arquiteto israelita. Na atualidade, um dos especialistas em Arquitetura bioclimática mais reconhecidos do mundo, principalmente a partir da publicação, em 1969, do livro "*Man, Climate and Architecture*" (Homem, clima e arquitetura). O esquema da sua carta bioclimática encontra-se no anexo A.



- b) Proteção das aberturas;  
c) Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e

**Tabela C.2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa**

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m <sup>2</sup> .K	Atraso térmico - $\varphi$ Horas	Fator solar - FS <sub>o</sub> %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	FS <sub>o</sub> $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	FS <sub>o</sub> $\leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	FS <sub>o</sub> $\leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	FS <sub>o</sub> $\leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	FS <sub>o</sub> $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	FS <sub>o</sub> $\leq 6,5$

**NOTAS**  
 1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2)  
 2 s aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).  
 3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.  
 4 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Figura 13 - Tabela vedação externas, transmitância térmica<sup>15</sup>, atraso térmico<sup>16</sup> e fator solar<sup>17</sup>. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

- d) Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Figura 14 - Parte da tabela de estratégias de condicionamento térmico passivo. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

<sup>15</sup> Segundo a NBR 15.220, é o inverso da resistência térmica total. Resistência Térmica ((m<sup>2</sup>.k)/W) é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa. Logo, a Transmitância Térmica é dada por W/ (m<sup>2</sup>. K).

<sup>16</sup> Segundo a NBR 15.220, é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor. Dado em horas

<sup>17</sup> Segundo a NBR 15.220, é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa de radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo. Dado em percentagem.

Dentro dessa organização, os parâmetros estabelecidos para a Zona Bioclimática 3 são:

**Tabela 7 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3**

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Figura 15 - Tabela de aberturas e sombreamento para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

**Tabela 8 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3**

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Figura 16 - Tabela de vedações externas para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

**Tabela 9 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3**

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Figura 17 - Tabela de estratégias para a Zona Bioclimática 3. Fonte: ABNT NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (2005).

Como as estratégias indicam o uso de ventilação cruzada é importante compreender como funciona a ventilação em Juiz de Fora. A exposição à radiação solar, assim como o uso da edificação, provoca a geração de calor no ambiente interno, elevando a temperatura em relação ao ambiente externo, o que no verão pode ser causa de desconforto. A ventilação do ambiente permite dissipar calor, ao mesmo tempo que proporciona a renovação do ar do ambiente, dissipa poluentes, fumaça, poeira, vapores, etc. É, portanto, muito importante para higiene e saúde na habitação, além de promover conforto térmico no verão em climas temperados e quentes e úmidos. No caso da edificação, compreende o deslocamento de ar através do edifício, das aberturas (para entrada e saída do ar). Pode ser natural ou por meios mecânicos; a natural relaciona-se principalmente com o estado do ar (temperatura, umidade, direção, frequência e velocidade).

A ventilação dos ambientes apresenta três funções principais:

- Conforto aos usuários nos períodos quentes do ano;

- Resfriamento das superfícies interiores nos períodos mais quentes do ano; e
- Manter a qualidade do ar interior durante todo o ano, ou seja, uma ventilação constante mínima é sempre requerida para se garantir as trocas de ar que irão garantir a salubridade do ambiente.

A próxima figura traz uma média dos dados referentes aos últimos 30 anos em Juiz de Fora. A partir desses dados foram gerados os arquivos climáticos que serão usados nas simulações e a rosa dos ventos da cidade.

Mes	Ventos (m/s)*		Umidade (%)*	Temperaturas (°C)			Precipitação (mm)
	Predominantes	Secundários		Temp. Média	Média Máxima	Média Mínima	
Janeiro	N - 3,8	NW	82	21,3	26,8	17,6	228,8
Fevereiro	N - 3,6	E	80	21,7	27,3	17,8	185,1
Março	N - 3,6	S	85	20,9	26,5	17,2	182,8
Abril	N - 3,2	S	84	19,3	23,9	15,9	79,4
Maio	N - 3,1	S	84	17,4	22,5	ND	46,6
Junho	N - 3,3	S	81	16,4	21,8	12,8	20,5
Julho	N - 3,6	S	77	16,3	21,4	12,2	15,7
Agosto	N - 4,0	S	73	17,1	22,7	13,2	22,5
Setembro	N - 4,0	S	78	17,4	23,6	13,6	117,5
Outubro	N - 3,8	S	81	18,8	24,6	15,0	126,1
Novembro	N - 3,8	S	82	19,6	24,5	16,0	195,5
Dezembro	N - 4,1	NW	84	20,5	25,8	17,0	268,7
<b>MEDIA ANNUAL</b>	<b>N - 3,6</b>	S	81	18,8	24,4	15,1	Total: 1549,2

Fonte: Estação Climatológica Principal

\* Valores referentes a média entre 71-97 (25 anos)

Dados Territoriais:  
 Latitude: 21,41,20'' Sul  
 Longitude: 43,20,40'' Oeste

Figura 18 - Dados referentes aos últimos 30 anos em Juiz de Fora. Fonte: Labcaa/UFJF.

A média de velocidade anual do vento predominante (Norte) é de 3,6 m/s. Sendo assim, segundo a escala de Beaufort, o efeito do vento será:

BEAUFORT NÚMERO	DESCRIÇÃO DO VENTO	VELOCIDADE (m/seg)	DESCRIÇÃO DOS EFEITOS DOS VENTOS
0	calmo	menor que 0,4	vento não perceptível.
1	ventos leves	de 0,4 a 1,5	vento não perceptível.
2	brisa leve	de 1,6 a 3,3	vento sentido no rosto.
3	brisa suave	de 3,4 a 5,4	ventos que levemente estendem as bandeiras/ cabelos desarrumados/roupas balançando.
4	brisa moderada	de 5,5 a 7,9	ventos levantando poeira/solo seco/papéis soltos/ cabelos desordenados.
5	brisa fresca	de 8,0 a 10,7	força dos ventos sentidos no corpo/ neve acumulada surgida pelo vento/ limite do vento agradável sobre a terra.
6	brisa forte	de 10,8 a 13,8	uso de sombrinhas com dificuldade/cabelos golpeados imediatamente/dificuldade de caminhar com firmeza/ventos ruidosos, desagradável no ouvido/ ventos nascidos da neve em torno da altura da cabeça.
7	ventania moderada	de 13,9 a 17,1	sentida de mancira inconveniente, quando caminhando.
8	ventania fresca	de 17,2 a 20,7	geralmente impede de progredir/ grande dificuldade com balanço das rajadas.
9	ventania forte	de 20,8 a 24,4	peçoas golpeadas por cima pelas rajadas.

Tabela 2.2 – Escala de Beaufort  
Fonte: PENWARDEN (1975)

Tabela 7 - Escala de Beaufort. Fonte: PENWARDEN (1975).

MÉDIA	DIREÇÕES DO VENTO (%)									
	CALMARIA	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
25 ANOS										
JANEIRO	4	33	11	12	11	12	3	2	13	
<b>FEVEREIRO</b>	<b>6</b>	<b>31</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	
MARÇO	5	23	13	15	12	18	5	2	7	
ABRIL	5	21	12	15	13	20	7	1	7	
MAIO	5	26	12	12	11	18	5	2	9	
JUNHO	5	29	15	11	7	18	3	1	11	
<b>JULHO</b>	<b>4</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	
AGOSTO	3	31	15	15	9	19	3	1	5	
SETEMBRO	3	24	15	18	10	21	4	1	5	
OUTUBRO	4	24	13	17	10	21	4	1	6	
NOVEMBRO	4	27	11	14	11	19	4	2	9	
DEZEMBRO	4	29	11	11	11	13	3	2	14	
<u>PREDOMÍNIO ANUAL</u>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	

Figura 19 - Ventos em Juiz de Fora. Fonte: Laboratório de Climatologia/ Juiz de Fora

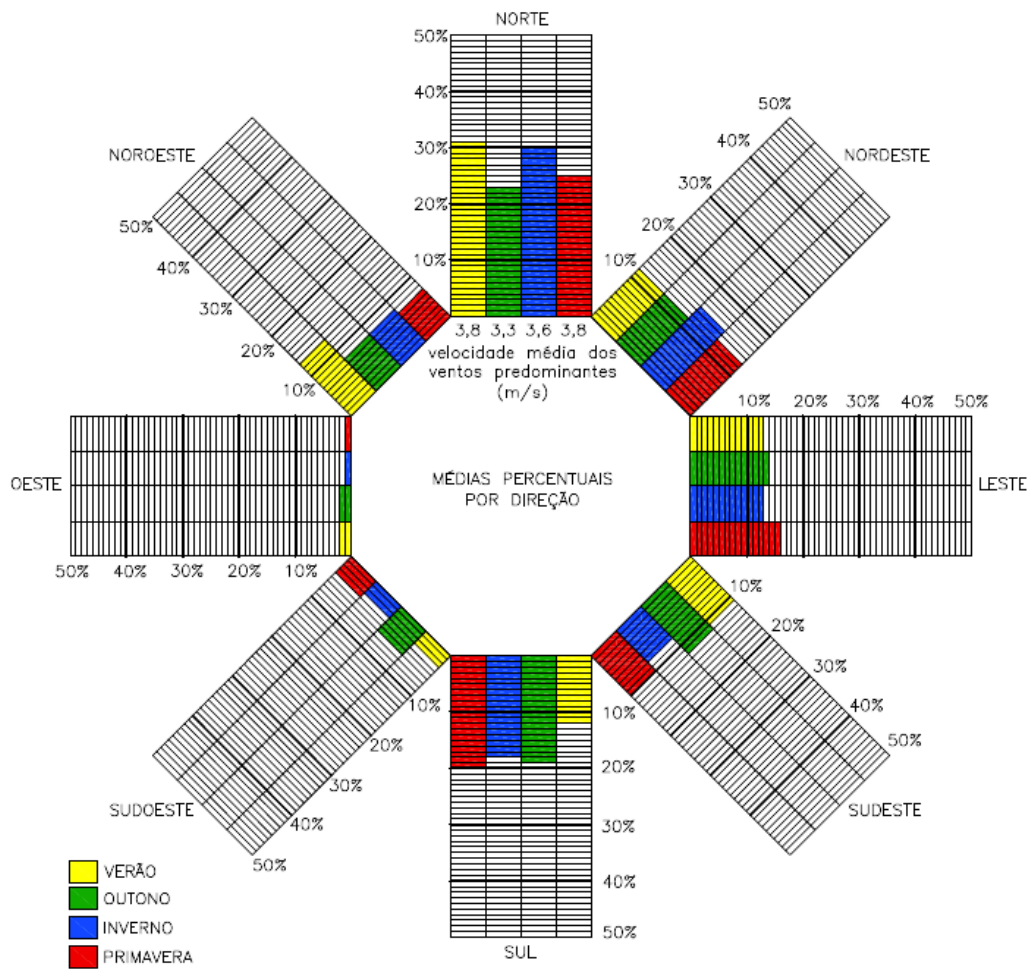


Figura 20 - Rosa dos ventos verão, outono, inverno e primavera com velocidade média e distribuição percentual por orientação. Fonte dos dados: Labcaa/UFJF. Montagem da rosa dos ventos: Sheila Faria, Felipe da Silva Pereira de Souza e Carolina Luísa Fonseca Ribeir

Analisando os dados acima, percebemos que o vento predominante é o Norte, com predomínio anual de 28%. Segundo a apostila de ventilação do PROARQ, elaborada pelo professor Leonardo Bastos, o potencial eólico de Juiz de Fora em função da frequência é:

$F > 50\%$  : o lugar apresenta um bom potencial de ventilação natural,

$40\% \leq F < 50\%$  : um projeto utilizando a ventilação natural será possível se forem utilizados conceitos aerodinâmicos de maneira adequada,

$20\% \leq F < 40\%$  : é necessário se considerar no projeto uma concepção térmica para a edificação e assegurar uma ventilação mínima na condição de  $F > 20\%$ ,

$F < 20\%$  : este valor limita o uso efetivo da ventilação natural por diferencial de pressão e de uma climatização natural.

Figura 21 - Tabela de potencial eólico em função da frequência. Fonte: PROARQ/UFRJ.



comércio local e pelas fábricas da região. Pessoas de toda a região chegavam à cidade em busca de prestação de serviços, empregos e movimentavam o comércio. Desta forma, era nos arredores da estação ferroviária que a dinâmica vinda dos tempos modernos acontecia (PERMEAR, 2010).

Com a crescente necessidade de pouso, para os viajantes que ficavam na cidade, surgiram os hotéis. Construído na década de 1920, o Hotel Central, logo depois rebatizado como Hotel Avenida – e futuramente Príncipe Hotel - atendia a massa de viajantes composta por operários em busca de emprego, comerciantes em busca de negócios e agricultores a procura do que não se encontrava no campo. Assim, atendendo a classe popular, o hotel se estabeleceu na praça da estação (PERMEAR, 2010).

A obra foi encomendada por José Gomes Fraga, primeiro proprietário do Hotel, à Raphael Arcuri, autor do projeto original, e foi executado pela Construtora Pantaleoni Arcuri e Spinelli (PERMEAR, 2010).

Em 1962, Viriato Gomes Fraga já era proprietário da edificação. No referido ano, o proprietário requisitou autorização junto a Prefeitura Municipal para executar limpeza geral interna e externa. Sr. Otacílio Pereira do Vale, conhecido empresário do ramo hoteleiro da cidade, adquiriu o imóvel no início dos anos 1970, e o mesmo ficou fechado por cerca de 6 meses para uma reforma completa. Foram reformados os banheiros, adequando os sanitários às necessidades da época; ocorreu ainda a manutenção dos forros, e o piso foi trocado, instalando novas taboas de madeira no lugar das existentes anteriormente. Quando reaberto, Sr. Otacílio mudou o nome do Hotel Avenida para Príncipe Hotel e também o seu sistema de funcionamento. Ao invés de locação de quartos por hora, passou a ser exclusivamente por pernoite. Desta forma, o hotel passou a atender um público predominantemente de operários e viajantes (PERMEAR, 2010).

Com o fim do transporte ferroviário de passageiros a Praça da Estação para de ser frequentada e o comércio daquela região da cidade se transforma em fornecedores de produtos populares, ficando até os dias de hoje claramente a cidade dividida em 2 centros: um chamado de parte alta, com produtos e serviços não acessíveis à maior parte da população, e outro, denominado parte baixa, que atende às classes populares (PERMEAR, 2010).

Em 1999, o edifício teve sua relevância histórica e arquitetônica reconhecida publicamente, tendo sido tombado pelo município. Assim, o imóvel considerado um dos

emblemas de Juiz de Fora na transição econômica, social e cultural que ocorre no Brasil em princípios do século XX é valorizado perante a sociedade (PERMEAR, 2010).

No decreto de Tombamento foram considerados: o valor histórico e cultural do bem tombado; sua integração ao conjunto arquitetônico da Praça; a implantação do lote, que segue esquema tradicional no alinhamento da rua e sobre os limites do terreno; e o projeto de Artur Arcuri, que se inclui na fase mais rebuscada do ecletismo, conforme explicita o seu Decreto de Tombamento:

DECRETO Nº 6553 - de 08 de novembro de 1999.

Dispõe sobre o Tombamento do Imóvel localizado à Praça Dr. João Penido, n.º 60, 62, 70 e 74, esquina com a Rua Halfeld, n.º 260, 266, 272 e 278. O Prefeito de Juiz de Fora, no uso de suas atribuições que lhe conferem o art.2.º, inciso I e o art.15,§ 2º e demais disposições da Lei n.º 7282, de 25 de fevereiro de 1988, em consonância com o que determinam o art.30, incisos I e IX e art.216, § 1º da Constituição Federal e considerando:

I - a proposta de tombamento do imóvel localizado a Praça Dr. João Penido, n.º 60, 62, 70 e 74, esquina com a Rua Halfeld, n.º 260, 266, 272 e 278, aprovada pela Comissão Permanente Técnico Cultural - CPTC;

II- o valor histórico e cultural que envolve o bem;

III- a implantação do imóvel, que segue esquema tradicional, no alinhamento da rua sobre os limites laterais do terreno;

IV- o projeto do arquiteto Rafael Arcuri, que inclui-se na fase mais rebuscada do ecletismo, com exuberante ornamentação;

V- a solução da esquina, que é marcada por estreita e alta janela rasgada por inteiro, guarnecida por grade metálica de desenho rebuscado, apoiado sobre decorados por platibanda alteada e por cobertura bulbosa arrematada por zimbório que destacam no conjunto;

VI- as fachadas, que tem vãos esguios profusamente decorados nas sobrevergas e peitoris, e organizam -se em painéis que alteram dois esquemas básicos de aberturas dos vãos, com pares de janelas germinadas ou intermediadas por uma janela rasgada por inteiro;

VII- a plantibanda ricamente decorada por pequenos frontões sinuosamente decorados por apliques florais que se combinam a pares de pedestais com pináculos; e

VIII- os termos e a documentação constante do Processo Administrativo n.º4442/97;

DECRETA:

Art. 1.º - Fica tombado, nos termos da Lei n.º 7282, de 25 de fevereiro de 1988, o imóvel localizado a Praça Dr. João Penido, n.º 60, 62, 70 e 74, esquina com a Rua Halfeld, n.º 260, 266, 272 e 278, de propriedade de José Geraldo dos Santos, casado com Dores de Paula Rodrigues Santos; Pedro Ferreira dos Santos, casado com Neuzeli Medeiros Santos; Gabriel Ferreira Santos, casado com Rosana Martins Santos; geraldo de Matos, casado com Cireni Muniz de Matos;Luiz Ferreira dos Santos, e Paulo Cezar Meneguelli, casado com Marly Borges Meneguelli.

Art. 2.º - Ficam preservadas a volumetria construtiva do prédio e suas fachadas para a Rua Halfeld e para a Praça Dr.João Penido.

Art. 3.º - Ficam sujeitos ao prévio exame e aprovação da Comissão Permanente Técnico Cultural todos os projetos relacionados com a área



tombada, identificada no art.1º e art.2º deste Decreto e delimitada em planta anexada às fls.98 do Processo Administrativo nº 4442/97.

Art.4º- Fica autorizada a inscrição no Livro do Tombo, observando-se o que prescreve o presente Decreto.

Art.5.º - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Prefeitura de Juiz de Fora, 08 de novembro de 1999.

a) TARCÍSIO DELGADO - Prefeito de Juiz de Fora.

b) GERALDO MAJELA GUEDES - Secretário Municipal de Administração

Nos primeiros anos da década de 2000, o Príncipe Hotel encerrou suas atividades. Desde então, o imóvel está fechado, sendo utilizado apenas o espaço da parte inferior da edificação, onde funcionam lojas comerciais.

### 3.1.3.2. Dados Técnicos

O edifício tem aspectos que o enquadram no estilo eclético, trazido pelos fazendeiros industriais que o introduziram em Juiz de Fora. Está implantado em um terreno de aproximadamente 720 m<sup>2</sup>, tendo como limites, a Praça Dr. João Penido, a rua Halfeld, o edifício do Hotel Magestic e o edifício da Associação Comercial.

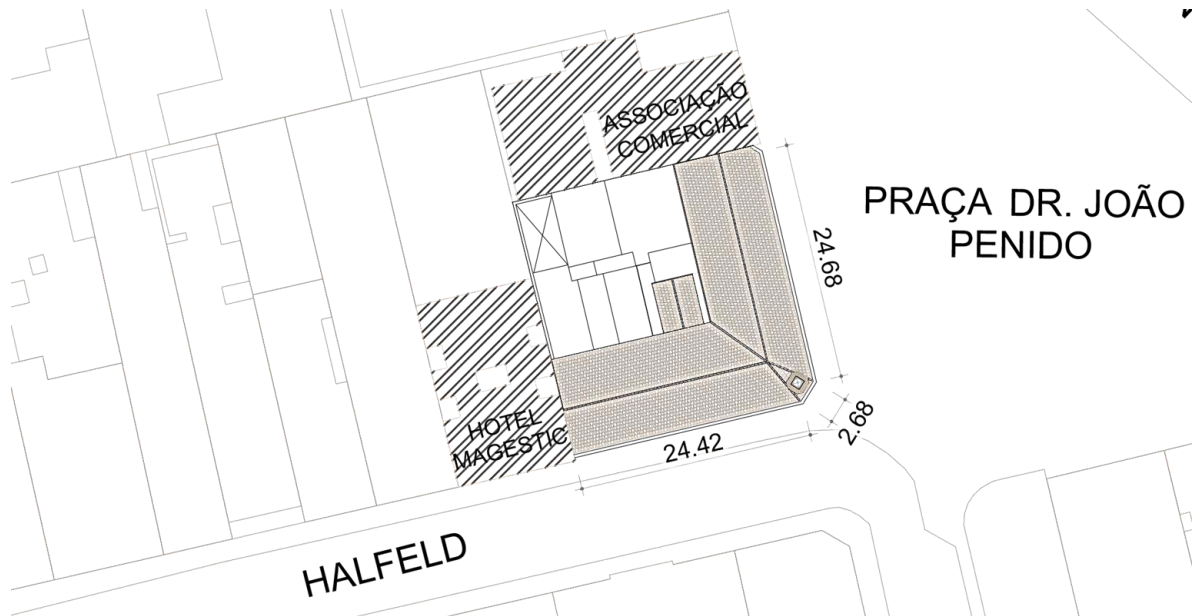


Figura 22 - Implantação Príncipe Hotel – escala 1:750. Fonte: Arquivos PERMEAR (2010), adaptado pela autora.

O Príncipe Hotel apresenta-se constituído por planta em L com dois pavimentos, acrescido em sua parte posterior vários anexos de volumes e dimensões diversos (elementos espúrios).

É formado por dois volumes de épocas diferentes, como é facilmente identificado em suas fachadas, que passaram a compor um único edifício a partir da ligação interna. Um dos volumes apresenta fachada principal totalmente voltada para a rua Halfeld, e o outro, mais novo, apresenta fachadas principais para rua Halfeld e para Praça da Estação.

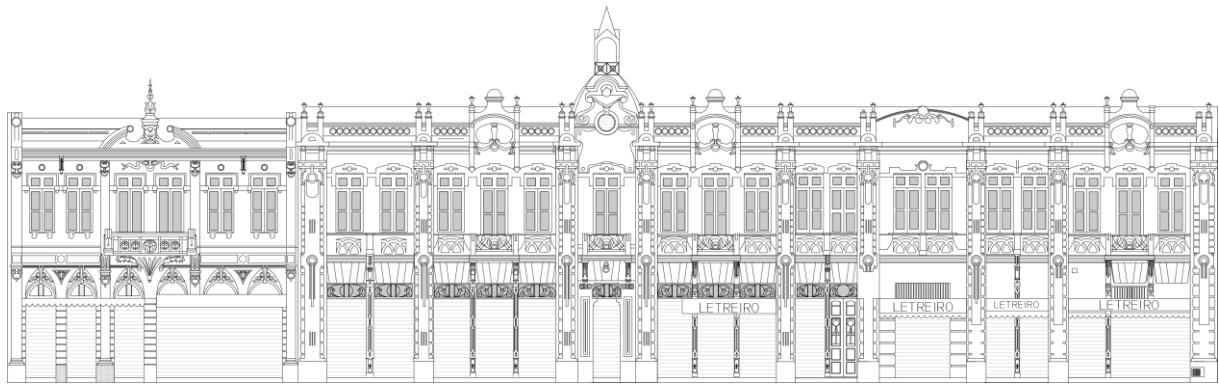


Figura 23 - Fachadas atuais Príncipe Hotel. Fonte: PERMEAR (2010).

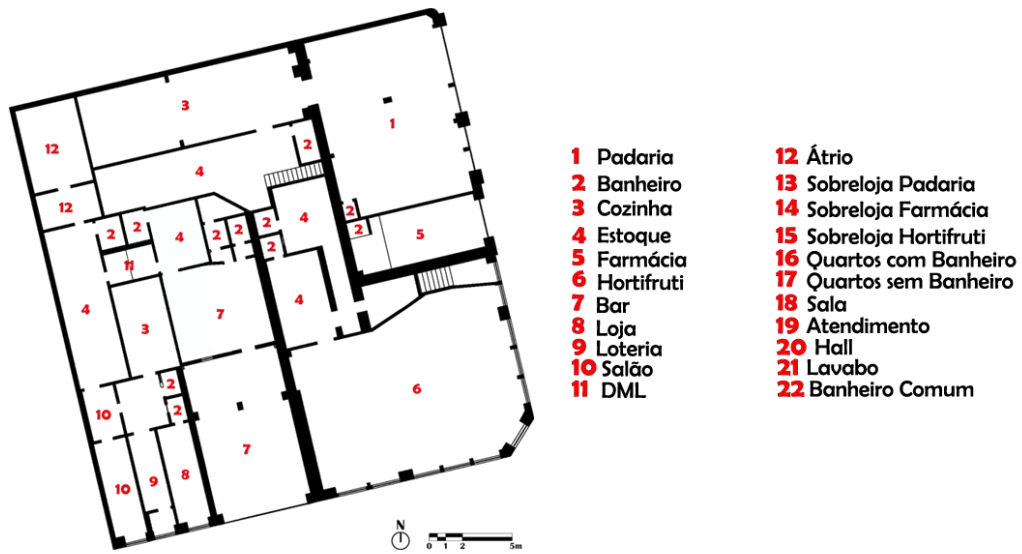


Figura 24 - Ambientes pavimento térreo. Fonte: PERMEAR (2010) adaptado pela autora.

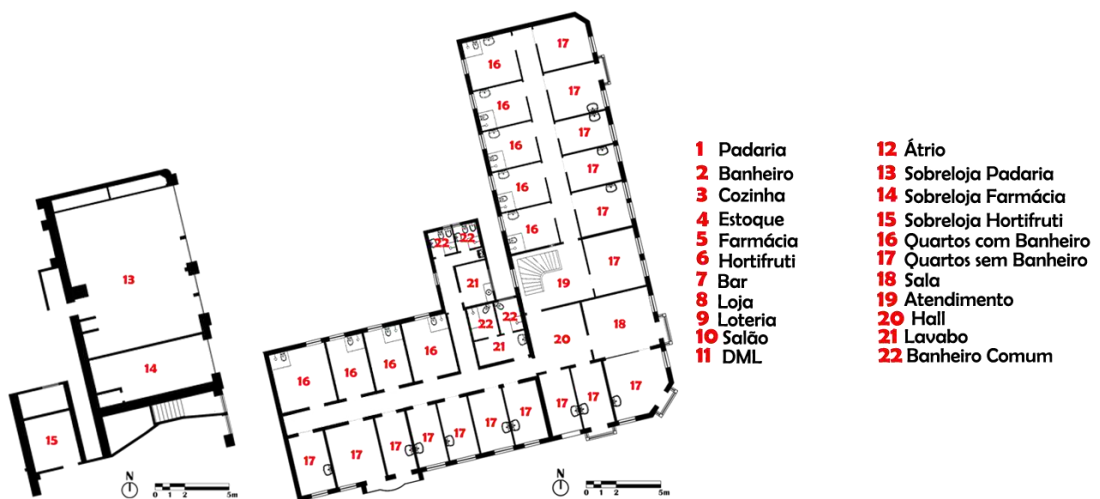


Figura 25 - Ambientes sobreloja e segundo pavimento. Fonte: PERMEAR (2010) adaptado pela autora.

O sistema construtivo do hotel e os materiais utilizados encontram-se melhor descritos abaixo (PERMEAR, 2010).

<b>Parte</b>	<b>Descrição</b>
<b>Estrutura</b>	O sistema portante compõe-se de alvenaria estrutural composta por tijolos maciços, com pilares (no volume voltado para rua Halfeld) de tijolos maciços e apresenta vigas de ferro em perfis em I.
<b>Paredes Internas</b>	O segundo pavimento possui paredes internas em pau-a-pique e de tijolos maciços.
<b>Revestimento e pintura das paredes</b>	Interna e externamente, as paredes, tanto as do térreo quanto as do pavimento superior, são revestidas por emboço e reboco e pintadas com tinta látex, não possuindo a mostra pinturas ornamentais.
<b>Cobertura</b>	O edifício é coberto por telhas cerâmicas do tipo francesa, assentadas sobre estrutura em madeira. O madeiramento é composto por tesouras, frechais, cumeeira, terças, caibros e ripas. A torre localizada bem na esquina do edifício, apresenta cobertura de folhas de metal em estrutura de madeira. Não apresenta beirais e sim platibandas em suas fachadas frontais e calhas na pequena diferença em que a cobertura ultrapassa as paredes posteriores da edificação.
<b>Forros</b>	No térreo, apresenta-se forros de madeira, nas áreas que guardam ainda parte das características autênticas e também áreas com forros em PVC ou que não apresentam forro. No pavimento superior, apresentam-se forros de madeira com tábuas encaixadas entre si. Vale ressaltar que nos trechos ainda autênticos apresentam cimalkhas também e madeira com trechos em rendilhado para ventilação e respiro do telhado.
<b>Pisos</b>	O pavimento térreo apresenta cômodos com pisos cimentados, cerâmicos e resquícios de ladrilhos hidráulicos. Todo o piso do pavimento superior é composto por tabuado corrido de madeira. Exceto nos banheiros que apresentam piso cerâmico
<b>. Escadas e Guarda-corpos</b>	Apresenta uma escada que permitem o acesso do térreo ao pavimento superior. Os pisos e espelhos são formados por tábuas de madeira que se sucedem em um lance do térreo ao pavimento superior, com parte em leque. Os guarda – corpos são de madeira, tanto o que acompanha os degraus quanto o que protege o vão da mesma no pavimento superior.
<b>Esquadrias e Ferragens</b>	Todos os vãos do pavimento térreo, com exceção da porta de acesso ao pavimento superior que é de madeira com detalhes em ferro, se apresentam de folhas de enrolar de ferro. As esquadrias do pavimento superior se apresentam em madeira e vidro com detalhes em ferro. Foram detectadas a grande maioria das ferragens de feição originais nas esquadrias, como borboletas, fechaduras e dobradiças.
<b>Elementos Artísticos</b>	As fachadas apresentam elementos artísticos em alto-relevo em massa de figuras humanas e formas geométricas. Apresentam, também, os elementos em ferro bastante determinados, como nos guarda-corpos nas sacadas e elementos das platibandas e esquadrias.

Tabela 8 - Descrição das partes quem conformam o Príncipe Hotel Fonte: Permeiar (2010), adaptado pela autora.

### 3.1.3.3. Dados para simulação

O uso de softwares para simulação de desempenho térmico das edificações como ferramentas de projeto importantes para a racionalização dos gastos com energia vêm se tornando uma constante entre projetistas. Através de simulações pode-se chegar a conclusões sobre alternativas de orientação, abertura, materiais e, assim, a uma melhor solução de projeto. Foi escolhido para o presente trabalho uma ferramenta de simulação computacional do desempenho térmico de fácil manuseio, que não necessitará de longo treinamento por parte da autora. A opção foi pelo DesignBuilder 4.7.0.027.

O DesignBuilder é um programa que permite efetuar simulações higrotérmicas de edifícios. Tem se tornado uma ferramenta fundamental para a avaliação correta do desempenho energético de edifícios, uma vez que suas simulações são muito confiáveis, abordando uma vasta gama de variáveis, desde a dimensão do edifício, características das superfícies até os equipamentos instalados e etc.

Podemos dizer que ele é uma interface avançada do software EnergyPlus<sup>18</sup>, que é o responsável pela realização dos cálculos e simulações. Contudo, este software não possui uma interface amigável e a introdução de dados neste programa se torna algo complexo e trabalhoso. Assim, o DesignBuilder, surge como interface gráfica do EnergyPlus, simplificando a introdução de dados e a modelagem da edificação.

Este programa é frequentemente utilizado para estudar decisões de design em edifícios, como a orientação, forma, equipamentos, etc. na eficiência energética do edifício em análise. Também é possível realizar uma análise detalhada dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e iluminação, já que é possível retirar dados relativos a consumos de energia, flutuação da temperatura, entre outros dados mais específicos, em relação a estes sistemas.

As tabelas a seguir apresentam os dados da edificação que serão inseridos no programa. Esses dados foram obtidos através da análise dos documentos acerca do edifício. Alguns outros parâmetros foram retirados de fontes que estarão especificadas em cada tabela.

---

<sup>18</sup> O programa EnergyPlus foi desenvolvido pelo Departamento de Energia (DOE – The Department Of Energy) nos Estados Unidos da América e é de utilização gratuita. É um dos mais utilizados na área, uma vez que é alvo de contínuas atualizações e os resultados são fiáveis. O EnergyPlus utiliza como procedimento de controle de qualidade, de modo a garantir a precisão dos resultados, o Standard Method BESTest/ASHRAE STD 140 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

Na tabela abaixo estão descritas as informações sobre atividades desempenhadas na edificação (contidas no separador *Activity* do programa), que englobam dados sobre os ganhos internos decorrentes de calor antropogênico e equipamentos presentes em cada zona. O funcionamento da edificação ocorre de segunda à sexta das 9 às 19h e sábado das 9 às 13 h. Os ambientes que ainda mantem atividade são: hortifruti, padaria e a farmácia.

Sabendo que os ambientes devem ser divididos em zonas térmicas, tais zonas serão definidas de acordo com a atividade majoritária do espaço. Sendo assim adotaremos as zonas mostradas na imagem abaixo.

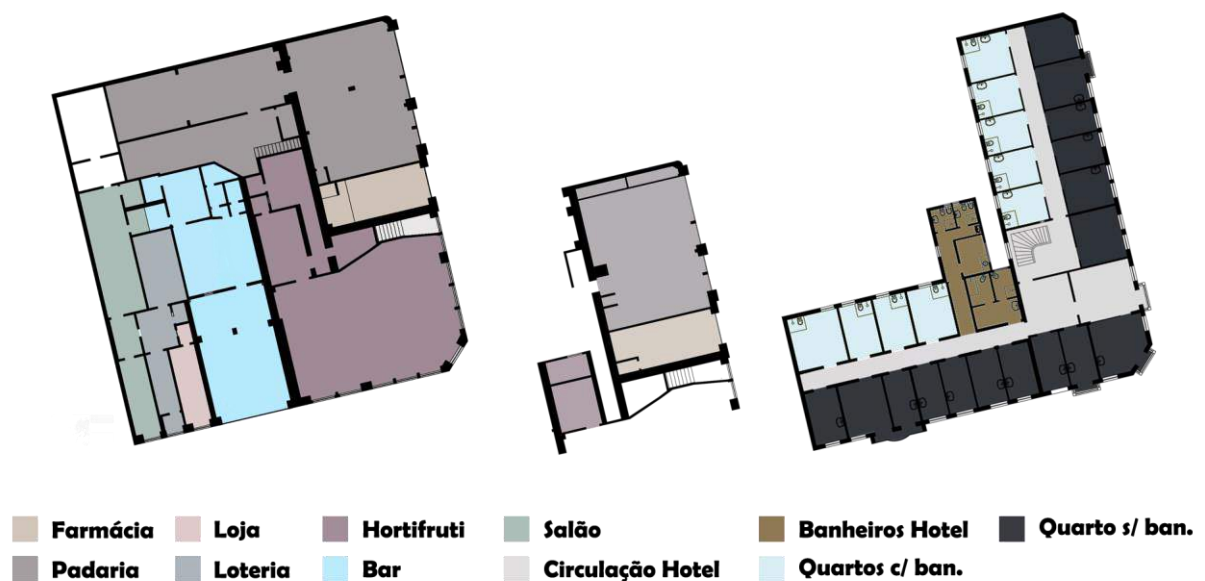


Figura 26 - Definição das Zonas Térmicas. Fonte: a autora.

Quanto maior o número de zonas, mais complexo e longo se tornam os cálculos e o processo de simulação, por isso foram feitas as simplificações na definição das zonas térmicas. Nos casos em que houve simplificação, unindo-se dois ou mais espaços dentro de uma mesma zona, as divisões internas serão desenhadas sem fechar totalmente o espaço, a poucos milímetros da parede oposta, assim, a massa térmica é calculada, configurando-se apenas uma única zona. Isso é possível, uma vez que se enquadra dentro das recomendações fornecidas pelos tutoriais oficiais do software.

Dentre as zonas contabilizadas existem zonas referentes a espaços atualmente desocupados, entretanto todos serão contabilizados nos cálculos térmicos, uma vez que existe a intenção de reocupar estas áreas.

Dado	Térreo								2° pavimento	Fonte
	Farmácia	Padaria	Hortifrutti	Bar	Loja	Loteria	Salão	Hall Hotel	Hotel	
<b>Ocupação</b>										
Densidade (pessoa/m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,33 (1p/3m <sup>2</sup> )	0,066 (1p/15m <sup>2</sup> )	0,066 (1p/15m <sup>2</sup> )	NBR 9077
Padrão	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	-	-	-	-	-	-	Príncipe Hotel
<b>Metabolismo</b>										
Atividade (W/pessoa)	180	180	180	180	180	180	180	140	104	DesignBuilder
Fator Met.	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	DesignBuilder: média entre homem (1) e mulheres (0,85).
<b>Vestimenta clo</b>										
winter clo	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	ASHRAE 55
summer clo	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	
<b>Computador</b>										
Densidade (W/m <sup>2</sup> )	3,58	0,66	1,05	-	-	-	-	-	-	Eletrobras
Padrão	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	Seg. à Sex. 9h-19h Sáb. 9h-13h	-	-	-	-	-	-	Príncipe Hotel
<b>Outros</b>										
Densidade (W/m <sup>2</sup> )	-	2,38	3,13	-	-	-	-	-	-	Eletrobras
Padrão	-	Ligado direto	Ligado direto	-	-	-	-	-	-	Príncipe Hotel

Tabela 9 - Ganhos internos: calor antropogênico e equipamentos em geral (*Activity*). Fonte: a autora.

Em relação aos dados da construção (separador *Construction*) serão indicados os dados colhidos no projeto fornecido pelo PERMEAR. Ressalta-se que, por não ter sido possível a realização de prospecções e pela dificuldade de acesso ao edifício, algumas informações tiveram de ser generalizadas ou aproximadas. Entretanto, isso não irá diminuir a importância do estudo como forma de comparação entre as simulações térmicas anteriores e posteriores à intervenção proposta. Isso porque esses dados continuarão como constantes, permitindo que a avaliação seja comparativa entre a configuração atual da edificação e as mudanças propostas. É importante também esclarecer que todos os dados de transmitância térmica foram gerados no DesignBuilder utilizando as propriedades térmicas dos materiais constantes no software.

Componente	Composição	U (W/m <sup>2</sup> .k) total	Espessura (m)	Refletância Visual
Parede Externa 1° Pav.	Reboco externo	1,24	0,03	0,6
	Argamassa		0,025	
	Tijolo Maciço		0,5	
	Reboco Interno		0,02	
Parede Externa 2° Pav.	Reboco externo	1,67	0,03	0,6
	Argamassa		0,025	
	Tijolo Maciço		0,3	
	Reboco Interno		0,02	
Parede Interna	Reboco Interno	3,025	0,025	0,6
	Trama madeira		0,1	
	Barro			
Parede Interna Anexos	Reboco Interno	2,66	0,025	0,6
	Reboco Interno		0,025	
	Argamassa		0,02	
	Tijolo Maciço		0,1	
	Reboco Interno		0,025	

Tabela 10 - Composição paredes internas e externa. Fonte: a autora.

Setor	Ambiente	Componente	Composição	U (W/m <sup>2</sup> .k) total	Htot
Padaria	Padaria	Piso	Granilite (1x1m)	3,14	0,2
		Contrapiso	Concreto		
	Estoque	Estrutura	Barrote madeira	2,42	
		Fundação	Terra		
	Cozinha	Piso	Ladrilho Hidráulico	2	
Banheiro	Contrapiso	Cimento	2,46		
	Laje	Concreto			
Sobreloja	Piso	Cimento	2,42		
	Laje	Concreto			
Farmácia	Farmácia	Piso	Cerâmica	2,65	0,2
		Contrapiso	Concreto		
Estoque 1	Estoque 1	Estrutura	Barrote madeira	2,32	
		Fundação	Terra		
Estoque 2	Estoque 2	Piso	Ardósia	3,14	0,2
		Contrapiso	Concreto		
Sobreloja	Sobreloja	Estrutura	Barrote madeira	3,14	
		Fundação	Terra		
Banheiro	Banheiro	Piso	Ladrilho Hidráulico	2,15	
		Contrapiso	Concreto		
Sobreloja	Sobreloja	Estrutura	Barrote madeira	1,42	
		Fundação	Terra		
Banheiro	Banheiro	Piso	Madeira	2,42	
		Contrapiso	Laje concreto armado		
Banheiro	Banheiro	Laje	Cimento	2,42	
		Laje	Concreto		
Bar	Bar	Piso	Ardósia	2,36	0,2
		Contrapiso	Concreto		
Bar expansão	Bar expansão	Estrutura	Barrote madeira	2,42	
		Fundação	Terra		
Estoque	Estoque	Piso	Cimento	2,42	
		Contrapiso	Concreto		
Banheiros	Banheiros	Laje	Cimento	2,42	
		Laje	Concreto		
DML	DML	Piso	Ardósia	2,44	
		Contrapiso	Cimento		
Loja	Loja	Laje	Concreto	2,65	0,2
		Laje	Concreto		
Loja	Loja	Piso	Cerâmica	2,65	
		Contrapiso	Concreto		
Banheiro	Banheiro	Estrutura	Barrote madeira	2,65	
		Fundação	Terra		
Loteria	Loteria	Piso	Cerâmica	2,65	0,2
		Contrapiso	Concreto		
Circulação	Circulação	Estrutura	Barrote madeira	2,36	
		Fundação	Terra		
Cozinha	Cozinha	Piso	Ardósia	2,42	
		Contrapiso	Concreto		
Salão	Salão	Laje	Cimento	2,65	0,2
		Laje	Concreto		
Salão Expansão	Salão Expansão	Piso	Cerâmica	2,65	
		Contrapiso	Concreto		
Estoque	Estoque	Estrutura	Barrote madeira	2,42	
		Fundação	Terra		
Banheiro	Banheiro	Piso	Ladrilho Hidráulico	2,42	
		Contrapiso	Concreto		
DML	DML	Laje	Cimento	2,44	
		Laje	Concreto		
Hotel	Hotel	Piso	Ardósia	2,65	0,2
		Contrapiso	Cimento		
Circulação 1° Pav	Circulação 1° Pav	Estrutura	Barrote madeira	2,65	
		Fundação	Terra		
Quartos	Quartos	Piso	Ladrilho Hidráulico	0,61	
		Contrapiso	Concreto		
Banheiro	Banheiro	Estrutura	Barrote madeira	0,61	
		Estrutura	Barrote madeira		
Circulação 2° Pav.	Circulação 2° Pav.	Piso	Madeira	0,61	
		Estrutura	Barrote madeira		

Tabela 11 - Composição de piso. Fonte: a autora.



Setor	Ambiente	Componente	Composição	U (W/m <sup>2</sup> .k) total
Padaria	Estoque	Cobertura	Telha amianto	1,76
	Cozinha		Telha amianto	1,76
	Banheiro		Telha amianto	1,76
	Sobreloja		Telha colonial e Madeira	2,02
Farmácia	Farmácia		Telha amianto	1,76
	Sobreloja		Telha colonial e Madeira	2,02
Hortifrutti	Hortifrutti		Telha colonial e Madeira	2,02
	Estoque 1		Telha amianto	1,76
	Estoque 2		Telha amianto	1,76
	Sobreloja		Telha colonial e Madeira	2,02
Bar	Banheiros		Telha amianto	1,76
	Bar		Telha colonial e Madeira	2,02
	Bar expansão		Telha colonial e Madeira	2,02
	Estoque		Telha colonial e Madeira	2,02
Loja	Baheiros		Telha colonial e Madeira	2,02
	DML		Telha colonial e Madeira	2,02
	Loja		Telha colonial e Madeira	2,02
Loteria	Banheiro		Telha colonial e Madeira	2,02
	Loteria		Telha colonial e Madeira	2,02
	Circulação		Telha colonial e Madeira	2,02
Salão	Cozinha	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Salão	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Salão Exp.	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Estoque	Telha amianto	1,76	
Hotel	Banheiro	Telha amianto	1,76	
	DML	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Circulação	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Quartos	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Baheiros	Telha colonial e Madeira	2,02	
	Circulação	Telha colonial e Madeira	2,02	

Tabela 12 - Composição forros. Fonte: a autora.

Ao analisar os dados acerca da composição dos pisos, forros e paredes podemos perceber como o edifício passou por muitas alterações. No pavimento térreo, onde se concentram as atividades atuais, nota-se a adaptação de todos os espaços. Já no segundo pavimento, como o espaço nunca recebeu um outro tipo de uso e encontra-se abandonado, foram mantidas as características originais.

A seguinte tabela detalha os dados sobre as aberturas que serão especificados no separador *Opening* do programa.

Pav	N°	Composição/Tipologia	U (W/m <sup>2</sup> .k)
Térreo	19	Porta de Ferro	8,23
	1		
Segundo Pavimento	37	Portas e janelas com 2 folhas de abrir e uma bandeirola fixa, compostas por vidro comum e caixilho de madeira	1,98

Tabela 13 - Composição das janelas e portas externas. Fonte: a autora.

A iluminação artificial, dado que será inserido no separador *Lighting*, funciona ininterruptamente durante o horário de ocupação dos espaços do térreo. Por não ser possível acessar a edificação, serão utilizados parâmetros padrões presentes no próprio DesignBuilder.

No separador *HVAC*, serão desativados todos os sistemas de climatização artificial, mantendo-se apenas a ventilação natural, uma vez que nenhum dos espaços apresenta sistemas de arrefecimento ou aquecimento artificial. As portas e janelas serão consideradas abertas durante todo o horário de ocupação dos ambientes que ainda estão em atividade.

## 3.2. Síntese

### 3.2.1. Análises climáticas

Faz parte das estratégias bioclimáticas considerar as condições de insolação e ventilação natural sobre o envelope da edificação. Isso porque, algumas estratégias exigem uma maior captação solar, como aquecimento solar passivo, geração fotovoltaica e etc. Importantes decisões de projeto ocorrem a partir dessas análises que possibilitam compreender a disponibilidade de ventilação natural, radiação térmica e luminosa. A partir do momento em que se entende como o edifício se comporta podem ser propostos os devidos tratamentos à envoltória.

Já tendo um conhecimento sobre histórico, elementos construtivos e dados para simulação podemos fazer algumas análises climáticas que servirão como base para diretrizes projetuais.

#### Ventilação Natural

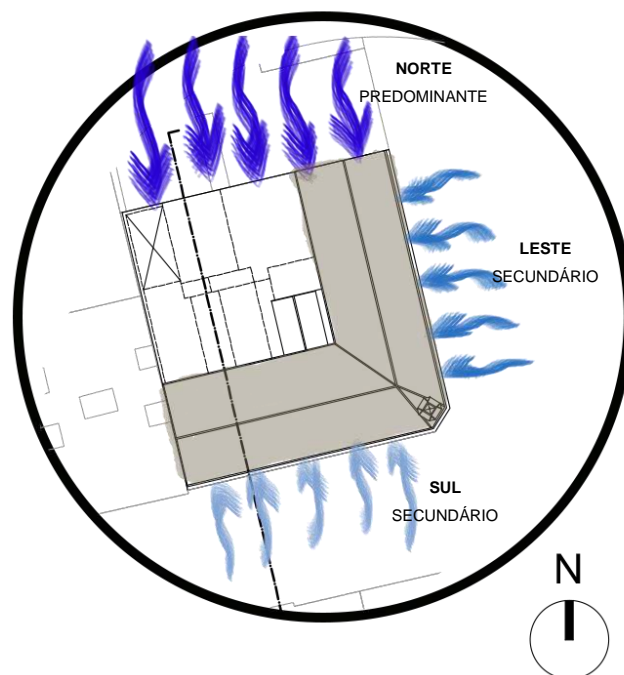


Figura 27 - Vento predominante e ventos secundários. Fonte: a autora.

Considerando os dados fornecidos anteriormente, no contexto climático, chegamos à conclusão que o vento predominante sobre a edificação será o Norte e que os ventos secundários virão de Sul e Leste. Entendendo que, de acordo com a NBR 15220, para

Zona Bioclimática 3, uma das estratégias é o uso da ventilação natural é importante compreender como a mesma age sobre a edificação.

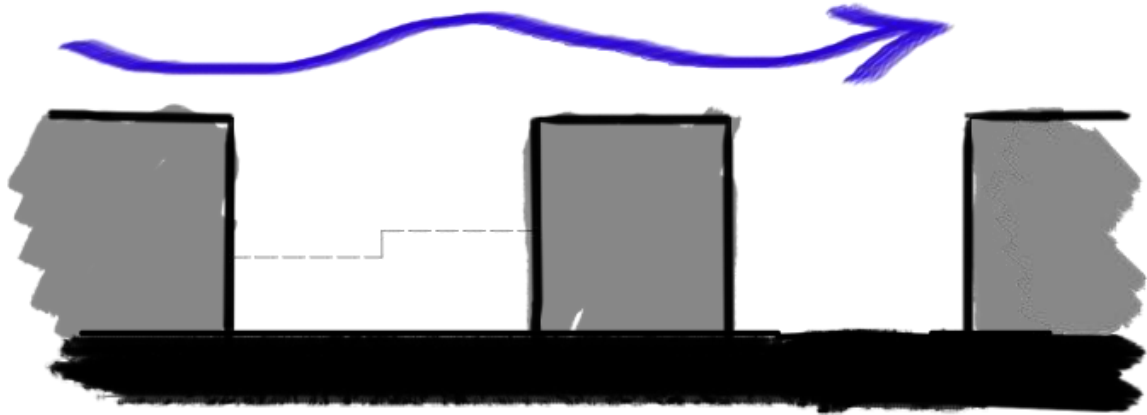


Figura 28 - Análise vento predominante. Fonte: a autora.

Como podemos observar acima, o vento predominante (Norte) sofrerá grande influência do entorno. A área tracejada se refere aos anexos espúrios da edificação em estudo. Esses anexos foram feitos ao longo dos anos para atender às necessidades da parte comercial da edificação. Entende-se que eles são indevidos, não só porque comprometem a leitura da edificação, mas também representam um risco de incêndio, além de impedir um uso social e compartilhado como pátio interno.

Já considerando que esses anexos serão retirados e o pátio interno devolvido à edificação, na análise da ventilação natural tentaremos entender se esse vento predominante irá escoar para o espaço do pátio. Em um pátio interno, a ventilação depende principalmente da proporção entre a altura da edificação e a largura do pátio em uma seção normal ao vento. Na Figura 29 analisamos essa proporção e chegamos à conclusão de que, infelizmente, a ventilação não adentrará o pátio interno. Isso porque, a largura do pátio deveria ser no mínimo duas vezes a altura da edificação do entorno, o que não ocorre nesse caso.

Apesar de o vento predominante não possibilitar o uso da ventilação cruzada, os ventos secundários irão contribuir um pouco para que essa estratégia seja utilizada, uma vez que o entorno não irá influenciar tanto no escoamento dos mesmos sobre a edificação.

## Incidência Solar

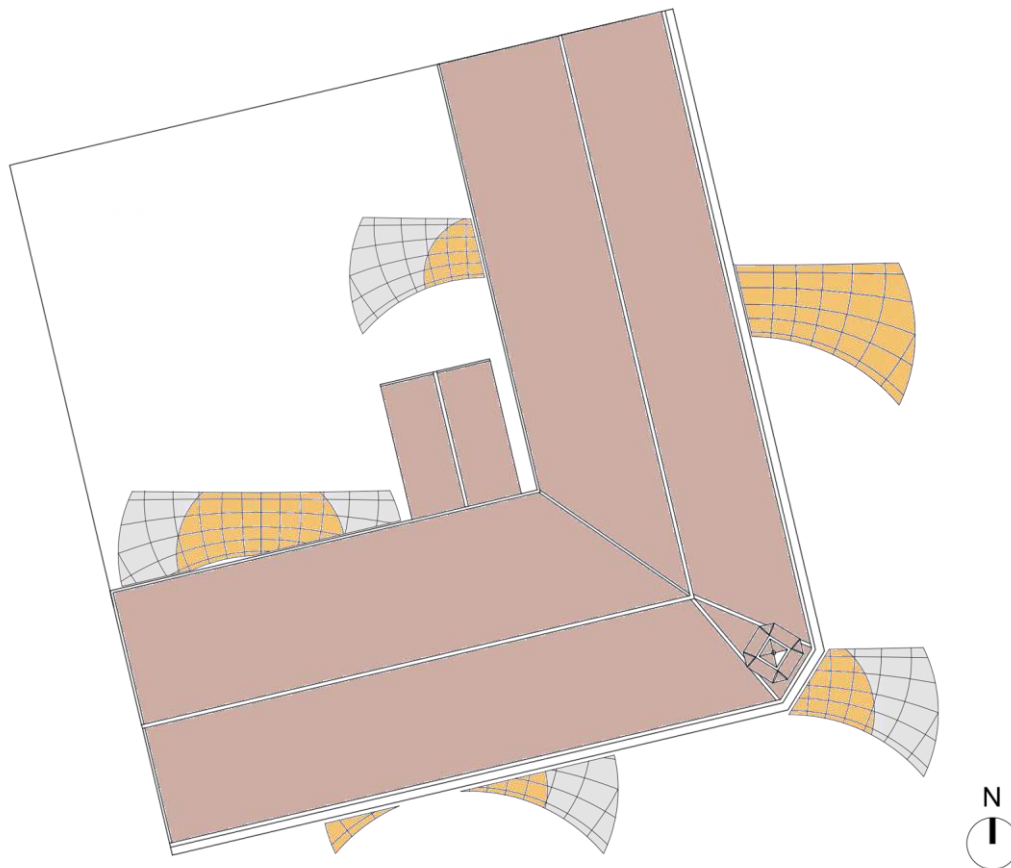


Figura 29 - Análise da incidência solar sobre a envoltória mostrando as áreas de insolação e obstrução.  
Fonte: a autora.

Na Figura 30, na análise de cada fachada foi inserido o sombreamento causado pelo entorno. As áreas da carta solar que estão em amarelo são as que recebem insolação direta e as áreas em cinza, o sombreamento causado pelo entorno. A fachada Leste irá receber insolação na parte da manhã durante o ano todo, já nas outras fachadas a insolação ocorrerá, majoritariamente, entre 10h e 15h. Algumas outras estratégias estão voltadas para o aproveitamento da incidência solar para a promoção do aquecimento solar passivo.

### Análise acústica

Devido ao fato de a edificação se localizar muito próxima à linha férrea será importante a realização de medições acústicas que irão nortear as intervenções necessária para que o novo uso que será proposto – habitacional - não seja prejudicado ou, até mesmo, inviabilizado.

## **3.2.2. Análise das Potencialidades**

### **3.2.2.1. Intervenções internas**

Após todas as análises observa-se que é interessante manter o uso comercial no pavimento térreo, isso porque o edifício já foi projetado para abrigar esse tipo de uso e ele permanece ativo até os dias de hoje, sendo, provavelmente o motivo que o impediu de chegar a um maior estado de degradação ou até mesmo ao abandono completo.

Como já foi dito anteriormente nas análises climáticas, desde o momento do conhecimento do bem, soube-se que os anexos da parte comercial eram espúrios, ou seja, não acrescentavam nada ao edifício, atrapalhando o entendimento da edificação e, muitas vezes, criando espaços de baixa qualidade.

Após as análises do contexto urbano e do contexto da própria edificação, percebe-se que a área central da cidade não possui uma massa significativa de área verde. Tendo como intuito contribuir para qualidade do espaço, não só urbano, mas também na escala da edificação, a intenção inicial seria a retirada dos anexos. Todos os espaços retirados seriam devolvidos à área comercial utilizando as sobrelojas. Acredita-se que, mesmo que a área total dos espaços retirados não seja relocada integralmente, é possível criar espaços de maior qualidade dentro da área existente, sem a necessidade da criação e/ou manutenção desses anexos.

Considerando a hipótese de se criar um jardim dentro desse pátio interno, julgou-se necessário o desenvolvimento da máscara de céu visível desse espaço para que se obtenha uma maior compreensão da insolação recebida e assim, sejam feitas propostas coerentes para a utilização do espaço pelos cidadãos, e também quanto aos tipos de vegetação que serão propostos.

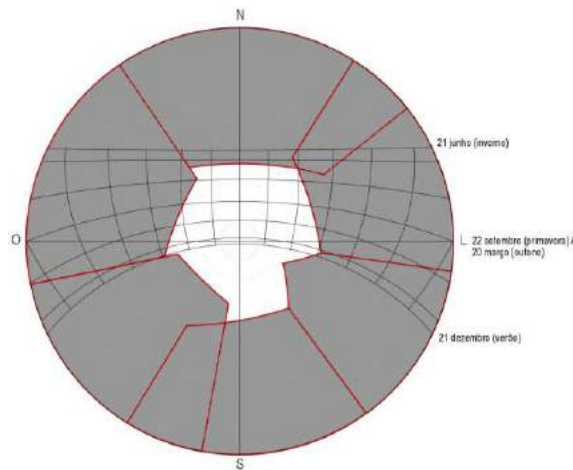


Figura 30 - Máscara do céu visível do pátio interno. Fonte: a autora.

Observa-se também que alguns espaços já se encontram sem uso, como é o caso dos espaços que antes abrigavam o bar, loteria, salão e loja. Pode-se pensar em alguma forma dessa área que se encontra em desuso se tornar um acesso público para o pátio interno e o jardim que será proposto. Espera-se que essa proposta possa reinserir a edificação no dia a dia da cidade, criando um grande potencial de integração entre espaços público, semi-público e privado.

É importante lembrar que a edificação que sofrerá a intervenção possui uma grande importância social e arquitetônica para a cidade, por isso devemos prezar pelos princípios que regem intervenções a bens de interesse sociocultural, sendo eles: mínima intervenção, distinguibilidade, reversibilidade e autenticidade.

Dentro desses princípios é possível explorar alternativas de intervenções que tentem interferir o mínimo possível na estrutura existente como por exemplo a utilização de estruturas metálicas independentes do sistema portante das fachadas. Caso no futuro seja necessário a modificação do uso ou renovação de alguns espaços, as novas estruturas propostas em aço não irão causar perdas e danos como uma intervenção em concreto, por exemplo, causaria.

No segundo pavimento, onde será proposto o uso habitacional, em função das divisórias internas de pau a pique, as estruturas de hidráulica e elétrica poderão ser pensadas de forma aparente, evitando assim a quebra e alteração das paredes existentes.

Julga-se que devido ao fato de os quartos do antigo hotel possuírem uma área pequena as residências propostas irão mesclar tipologias entre apartamento de dois quartos, quarto-sala e quitinete.

### 3.2.2.2. Conforto

Após a análise das características arquitetônicas e análises climáticas é possível traçarmos algumas possibilidades para intervenções no objeto de estudo.

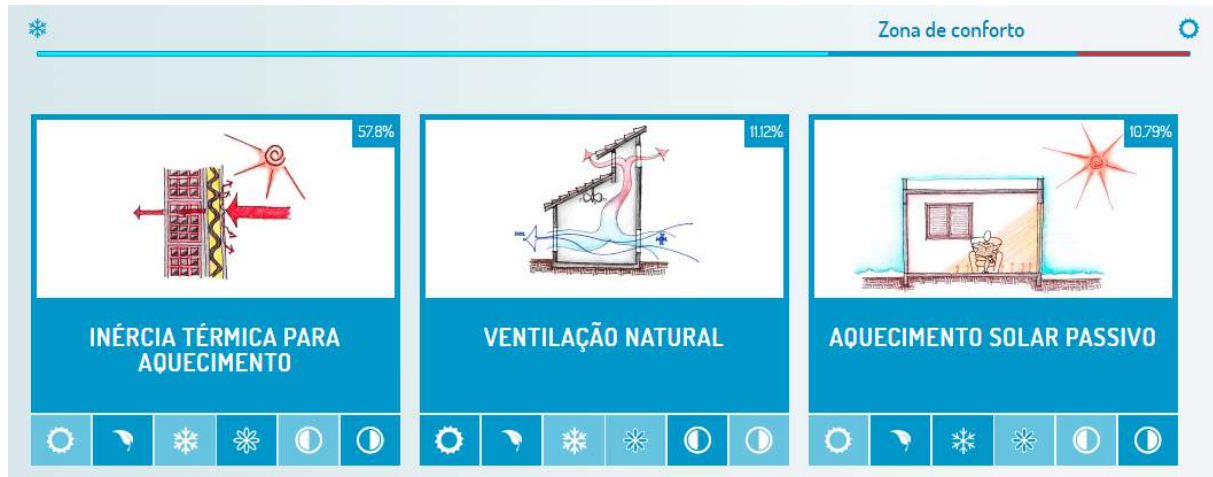


Figura 31 - Estratégias climáticas para Juiz de Fora. Fonte: ProjetEEE<sup>19</sup>

Segundo a Figura 32, em Juiz de Fora 21,11% de todas as horas do ano estão em conforto. 11,12% estão em desconforto por calor e 67,66% em desconforto por frio. Diante desse panorama as estratégias bioclimáticas adequadas para a cidade se dividem, percentualmente, como na imagem acima: inércia térmica para aquecimento – 57,8%; ventilação natural – 11,12%; e aquecimento solar passivo – 10,79%.

Essas estratégias respondem melhor em determinadas épocas do ano. A inércia térmica responde melhor durante a primavera e o outono na parte da noite; a ventilação natural no verão e outono durante o dia; e o aquecimento solar passivo no outono e inverno no período da noite.

Iremos nos aprofundar em alternativas para atingir cada estratégia, demonstrando assim as potencialidades que podem ser exploradas como soluções projetuais para o Príncipe Hotel. As possibilidades dentro de cada uma das estratégias descritas a seguir estão melhor definidas no Anexo I.

<sup>19</sup> O ProjetEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes, é resultado de uma contratação para dar continuidade ao trabalho desenvolvido pelo PROCEL/Eletronbras e a Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, com o intuito de fortalecer a capacitação técnica e contribuir com referências para o desenvolvimento de projetos de edificações eficientes.



### **Inércia térmica para aquecimento**

No caso dos materiais construtivos, inércia térmica é a propensão do material de resistir a mudanças de temperatura. Um material de elevada inércia térmica apresenta uma maior resistência a mudanças de temperatura. Logo, uma edificação de elevada inércia térmica proporcionará uma diminuição das amplitudes térmicas internas e um atraso térmico no fluxo de calor devido a sua alta capacidade de armazenamento de calor, fazendo com que o pico de temperatura interna apresente uma defasagem e um amortecimento em relação ao externo (ProjetEEE, 2014).

A eficiência da massa estrutural como redutora de calor depende da capacidade térmica dos materiais, da condutividade, da espessura e da superfície em contato com o ambiente interno. A inércia térmica total da edificação vai depender das características do envelope, ou seja, do tipo de piso, parede e cobertura. Estes devem ser compostos por materiais geralmente densos, de elevada capacidade térmica, que representa uma grande capacidade do material de armazenar energia térmica.

É necessário destacar que além da capacidade térmica, a absorvência térmica do material vai influenciar na sua capacidade de absorção e armazenagem de calor. Um material de alta absorvência térmica vai absorver e liberar o calor rapidamente. Componentes de alta inércia térmica funcionam como uma espécie de bateria térmica. Durante o verão absorvem o calor, mantendo a edificação confortável. No inverno o mesmo componente, se bem orientado, pode armazenar o calor, do sol ou de aquecedores, para liberá-lo à noite, ajudando a edificação a permanecer aquecida. O uso da estratégia de alta inércia no envelope da edificação só tem efeito se a ventilação natural através dos ambientes internos for restringida ao longo do dia, uma vez que, com a ventilação a temperatura interna aumenta diretamente, sem o atraso térmico característico do fluxo de calor através das paredes e teto. Também é importante destacar o perigo da utilização da estratégia de alta inércia térmica nos componentes de cobertura e de paredes à oeste, que devido a elevada exposição à radiação solar durante a maior parte do ano, podem transformar-se em acumuladores de calor e provocar elevado desconforto térmico interno no período de verão.

Dessa forma este tipo de estratégia deve ser aplicado a estes componentes com muito critério, procurando minimizar os ganhos solares através de isolamento térmico externo ou sombreamento no período diurno. O concreto e a alvenaria cerâmica são os materiais comuns na construção civil e que apresentam capacidade térmica elevada. A capacidade

térmica do material e seu respectivo atraso térmico são propriedades importantes na escolha do material a ser selecionado para os componentes do envelope, de acordo com suas respectivas orientações solares e a resposta térmica desejada.

### **Ventilação Natural**

A ventilação pode exercer três diferentes funções em relação ao ambiente construído: a renovação do ar, o resfriamento psicofisiológico e o resfriamento convectivo. Os sistemas passivos de ventilação baseiam-se em diferenças de pressão para mover o ar fresco através dos edifícios. As diferenças de pressão podem ser causadas pelo vento ou por diferenças de temperatura, o que configura dois tipos principais de ventilação passiva: a ventilação cruzada e a ventilação por efeito chaminé. Estas estratégias também podem ser adotadas conjuntamente em diferentes ambientes de uma mesma edificação. Pelo chamado efeito chaminé, o ar mais frio, mais denso, exerce pressão positiva, o ar mais quente, por tornar-se menos denso, exerce baixa pressão e tende a subir criando correntes de convecção.

Na ventilação cruzada exploram-se os efeitos de pressão positiva e negativa que o vento exerce sobre a edificação ou qualquer outro anteparo. Para proporcionar uma boa ventilação natural é preciso posicionar as aberturas em zonas de pressão oposta. A ventilação cruzada promove a remoção do calor por acelerar as trocas por convecção e também contribui para melhoria da sensação térmica dos ocupantes por elevar os níveis de evaporação. A taxa na qual o ar flui através de um ambiente retirando o calor, é função da área de entrada e saída de ar, da velocidade do vento e da direção do vento em relação às aberturas. A quantidade de calor removido por determinada taxa de fluxo de ar depende da diferença de temperatura entre o interior e o exterior. Por isso a geração de calor interna também é decisiva no desempenho do edifício naturalmente ventilado.

Os objetivos e o projeto de sistemas passivos de ventilação devem variar de acordo com o padrão de uso da edificação e com o clima local, considerando a variação das condições de vento em função do relevo e obstruções vizinhas. Na edificação a qualidade do projeto dos sistemas passivos de ventilação está intimamente ligada ao projeto dos espaços internos e do tamanho e colocação das aberturas.

### **Aquecimento Solar Passivo**

O aquecimento solar passivo é uma estratégia que consiste na utilização da radiação solar direta para aquecimento ambiental da edificação. Este tipo de aquecimento pode ser direto ou indireto. No aquecimento solar direto, a radiação solar de inverno (norte no hemisfério sul) é admitida diretamente no ambiente através das aberturas ou superfícies envidraçadas, obtendo uma resposta imediata de aquecimento. Devido ao efeito estufa, a radiação, ao passar pelas superfícies envidraçadas, é absorvida e refletida pelas superfícies internas na forma de onda longa, permanecendo no interior da edificação, uma vez que o vidro é opaco a onda longa. No período noturno as temperaturas externas caem e para evitar a perda de calor é possível utilizar janelas de maior resistência térmica com vidros duplos, cortinas e isolamento térmico externo nas paredes. A infiltração de ar deve ser evitada através de esquadrias herméticas para impedir as perdas de calor e infiltração do ar frio noturno.

O aquecimento solar indireto é utilizado junto com a estratégia de alta inércia térmica onde são utilizados componentes de elevada capacidade térmica, sujeitos a exposição direta dos raios solares. Observa-se que estes componentes devem ser sombreados e protegidos da exposição aos raios solares no verão para evitar sobreaquecimento do ambiente interno.

Essa estratégia também pode ser alcançada através do uso de alguns dos mesmos princípios utilizados na estratégia da inércia térmica: piso – aquecimento solar passivo; estufa; paredes – aquecimento solar passivo; e parede trombe.

### 3.3. Conclusões do Capítulo

Neste capítulo a questão da reabilitação foi trazida para um contexto local a partir do diagnóstico da cidade de Juiz de Fora. Assim como estabelecido anteriormente, no capítulo 2, na parte de “Metodologia e Etapas da Reabilitação”, foram colhidos dados acerca da cidade, seu contexto urbano e climático, visando a compreensão e aplicação de todas as questões estudadas sobre desenvolvimento urbano sustentável. O centro da cidade foi estabelecido como foco de estudo e ali, pode-se observar um potencial de aplicação do pensamento sustentável de forma ampla.

Após estudar essa área, através de análises que buscaram compreender a morfologia e tipologia da área, detectou-se alguns edifícios passíveis de receber uma intervenção de reabilitação. Todos esses edifícios possuíam uma grande significância, em termos sociais, econômicos, históricos, estéticos e etc. Para que a sustentabilidade seja alcançada de maneira mais ampla, reinseri-los no atual contexto urbano e na vida das pessoas é de extrema importância. Essa reinserção será feita através do uso habitacional como resposta para o reestabelecimento da significância, não só da Praça da Estação, mas também do edifício escolhido como objeto de intervenção - Príncipe Hotel. Além de promover a reintegração social do edifício o uso habitacional irá trazer vitalidade para o centro, principalmente para a praça, no período noturno.

Ao apresentar o histórico, dados técnicos e análises climáticas do Príncipe Hotel, temos uma compreensão mais holística daquele objeto. Esse entendimento do edifício ressalta não só a capacidade de em seu segundo pavimento serem alocadas moradias, uma vez que, antigamente, esse pavimento era usado como hotel, ou seja, um uso não tão incompatível com o uso habitacional, mas também já elucida algumas possíveis soluções projetais a serem exploradas.

## **CAPÍTULO 04 – Considerações Finais**

Os objetivos propostos para a presente pesquisa foram plenamente alcançados, como pode ser observado nos estudos desenvolvidos ao longo dos capítulos. Alcançou-se uma discussão sobre os desafios e potenciais do desenvolvimento urbano sustentável através da reabilitação de edificações existentes. Assinala-se que a principal contribuição da pesquisa foi um enfoque metodológico onde se relacionam as complexidades do tema reabilitação de edifícios com aqueles inerentes à sustentabilidade e à conservação do patrimônio cultural. Com relação a esse enfoque fica claro a necessidade de uma abordagem multidisciplinar e holística sobre os temas que visam a reutilização e reapropriação da cidade e de seus espaços.

A atividade de reabilitação de uma edificação põe em evidência a importância de conhecer com profundidade o seu estado e as suas características antes de transformá-lo. O diagnóstico, etapa essencial também na concepção de edifícios novos, ganha uma abrangência maior no caso das reabilitações, ao englobar, além do entorno, o próprio objeto arquitetônico. Isso faz com que o número de variáveis já fixadas se amplie e limitem-se as estratégias disponíveis para a transformação do cenário estabelecido. Quando o objeto de estudo passa a ser um patrimônio cultural somam-se às variáveis já fixadas a importância arquitetônica, social, cultural e etc. reconhecidos pelo processo de tombamento que protege, na maioria dos casos, fachadas e volumetrias de alterações que podem prejudicar a leitura do edifício e causar danos e perdas irreparáveis.

Ao diagnosticar qualquer edificação, ainda mais edificações de interesse cultural, deve-se atentar sobre a necessidade de examinar cada caso individualmente. Isso porque, como visto, existem diversos atores envolvidos na produção do espaço, tanto urbano quanto arquitetônico, modificando-os constantemente e transformando as relações entre espaço construído, meio exterior e pessoas.

O estudo apresentado exemplifica bem o caráter temporário do diagnóstico. O espaço onde se insere o objeto de estudo já passou por diversas modificações, assim como o próprio objeto. Edifícios não são projetos finalizados após sua construção, mas sim objetos em constante transformação pelo tempo. O que irá determinar a longevidade do espaço será a capacidade dele de ser adaptar às novas demandas. Diante do contexto atual, o estudo do Príncipe Hotel tem como intenção mostrar a capacidade de um edifício de interesse cultural se adaptar à demanda de moradias no centro da cidade, respondendo de forma sustentável a essa necessidade.

Ao coletar dados sobre histórico e informações técnicas que serão utilizadas pode-se perceber que a edificação já se enquadra dentro dos parâmetros de conforto determinados pela normatização. Entretanto, a NBR 15220 possui uma larga possibilidade de transmitância térmica para paredes e coberturas. No caso estudado observa-se que as paredes possuem um valor de transmitância que, teoricamente atende ao necessário para ser classificado como parede leve refletora, todavia, o valor também pode classificar as paredes como pesadas. Diante dessa incoerência, as simulações irão fornecer uma base melhor no que diz respeito ao desempenho energético da edificação.

Assim que o estado atual for simulado serão obtidos resultados do desempenho energético do edifício como um todo. Esses resultados irão nortear as alterações necessárias para se atingir o conforto e eficiência energética da edificação.

### **Limitações**

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, foram detectadas algumas limitações quanto às ferramentas e dados de entrada que serão utilizados nas simulações, as quais devem ser ponderadas na avaliação do processo.

Destaca-se que, a despeito do esforço de incluir mais de um critério nas simulações – desempenho térmico, ventilação natural e conforto acústico – os resultados base para a comparação serão gerados ao final da pesquisa. Isso porque para que seja realizado um diagnóstico mais completo, reconhece-se ser imprescindível um maior domínio, não só sobre o software DesignBuilder, mas da metodologia de simulação energética. A pesquisa foi utilizada como uma forma de estudar não só um novo software, mas também uma nova forma de diagnóstico e metodologia de projeto.

Durante o período de compreensão e aprendizado do programa foram encontrados uma série de desafios como:

- Falta de dados climáticos completos da cidade de Juiz de Fora: os arquivos que serão utilizados - .EPW e .STAT – não possuem a medição de todas as variáveis necessária para a obtenção de resultados mais precisos. Diante desse desafio será utilizado também o arquivo climático gerado pelo software Meeonorm. Entretanto, o arquivo gerado por esse programa pode fornecer resultados muito díspares dos arquivos disponibilizados pela estação meteorológica, pois trabalha com triangulação de dados, ou seja, uma aproximação.

- Falta de materiais construtivos utilizados no Brasil: dentro do programa DesignBuilder existe uma extensa biblioteca de materiais como drywall, cimento, telhas e etc., entretanto eles não condizem com a realidade dos materiais utilizados nas construções do país.
- Falta de propriedades térmicas dos materiais utilizados no Brasil: como o programa DesignBuilder não possui em sua biblioteca tais materiais a autora procurou obter as propriedades térmicas dos materiais necessários para criar os sistemas construtivos necessários, entretanto o que foram encontradas fontes confiáveis que já tivessem realizado ensaios para a obtenção de tais propriedades.

Essas limitações não irão impedir a obtenção de resultados, todavia eles não serão tão precisos o quanto poderiam ser, apesar de, ainda assim, darem margem para as comparações entre as simulações de antes e depois que serão realizadas a segunda parte do trabalho.

Além da falta de dados mais concretos para serem utilizados na simulação, uma outra limitação que afeta os resultados que serão obtidos é o fato de não ter sido possível realizar medições *in loco* para embasar as análises. O ideal seria que fossem realizadas medições acústicas, de temperatura e etc. no prazo de um ano para que, juntamente com os resultados gerados pela simulação, fosse feita uma análise mais concreta das problemáticas presentes no estudo de caso. Entretanto, por motivos de dificuldade de acesso à edificação e do prazo de entrega da pesquisa, não foi possível realizar essa parte da metodologia.



## Bibliografia

ABIKO, Alex; MORAES, Odair. B. **Desenvolvimento Urbano Sustentável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil (texto técnico), São Paulo, 2009.

ACSELRAD, Henri. **Discursos da Sustentabilidade Urbana**. R. B. Estudos Urbanos e Regionais, n. 1, p. 79-90, mai., 1999.

ADVISORY COUNCIL ON HISTORIC PRESERVATION. **Assessing the energy conservation benefits of Historic Preservation: methods and examples**. United States, jan., 1979.

ARANTES, Antônio A. **O patrimônio cultural e seus usos: a dimensão urbana**. Habitus, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 425-435, jan./ jun., 2006.

ARAÚJO, Márcio. A. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <[http://www.idhea.com.br/artigos\\_entrevistas.asp](http://www.idhea.com.br/artigos_entrevistas.asp)>. Acesso em: 29 abr. 2016.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook – Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 2001.

\_\_\_\_\_. **ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edifícios habitacionais – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005c.

\_\_\_\_\_. **NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BATISTA, Vanessa O.; MACEDO, Carmen L. **Cultural heritage in Brazilian legislation and areas of protection of cultural environment in Rio de Janeiro**. Políticas Culturais em Revista, 2 (3), p. 96-120, 2010. Disponível em: <[www.politicasculturaisemrevista.ufba.br](http://www.politicasculturaisemrevista.ufba.br)>. Acesso em: 06 mai. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Manual de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais**. Brasília, Ministério das Cidades, 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Portaria n. 449, 25 de novembro de 2010. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2010

CASTRIOTA, Leonardo B. **Intervenções sobre o patrimônio urbano: modelos e perspectivas**. Fórum Patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável, Belo horizonte, v.1, n.1, p. 9-31, set./ dec., 2007.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Programa Construção Sustentável**. São Paulo, 2011.

CELPE. **Norma Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações de Uso Coletivo. Tabela 6 – Potência dos aparelhos eletrodomésticos**. 2007.

CHANG, Chih-yuan; CHIOU, Shang-chia. **Environmental Sustainability and the Rebirth of a Cultural Heritage: A Case Study of the Old Neihu Quarry in Taipei, Taiwan**. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2007.

CIDADES, Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE). **Dados do município de Juiz de Fora**, 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/234B9>>

CÓIAS, Vítor. **Reabilitação: a melhor via para a construção sustentável**. Lisboa, 2004, revisto em 2007.

COSTA, Heloisa S. M. **Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?** R.B. Estudos Urbanos e Regionais, n. 2, p. 55-71, nov., 2009.

DEGANI, Clarice M.; CARDOSO, Francisco. F. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico**. In: NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 7 a 11 de out. 2002.

DESIGNBUILDER. Disponível em: <<http://www.designbuilder.co.uk/>>. Acesso em: mai - jul 2016.

DICOM/JF. **Processo 1015/52**. Juiz de Fora.

DURÃO, Carina O. **Reabilitação Sustentável: introdução de metodologias e estratégias sustentáveis**. Tese de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, mar., 2013.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a Sustentabilidade**. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2008.

ENERGYPLUS. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GCS. **Greening a Heritage Building**. Vancouver, 2014.

GIBB, Alistair et.al. **What is the meaning of adaptability in the building industry?** United Kingdom: Loughborough University, 2010.

HASENFUS, Erika. L. **Measuring the Capital Energy Value in Historic Structures.** Tese de graduação (Historic Preservation), University of Pennsylvania, 2013.

IBARRA, D., REINHART, C. **DesignBuilder Tutorials.** Harvard University, 2009

ICOMOS. **Carta de Burra.** Austrália, 1980. ICOMOS - Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. Disponível em: <[http://www.international.icomos.org/burra1999\\_spa.pdf](http://www.international.icomos.org/burra1999_spa.pdf)>

JACOBS, Jane (1961). **Morte e vida de grandes cidades.** 3ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. Seção Downloads. Arquivos climáticos em formato EPW. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Programa Analysis Bio.** Florianópolis, 2010.

LASCHEFSKI, Klemens. **500 anos em busca da sustentabilidade urbana.** Caderno Metrópole, São Paulo, v.15, n. 29, p. 143-169, jan./jun., 2013.

MANSFIELD, J.R. **Refurbishment: some difficulties with a full definition.** 7th int. Conf. Insp. Appr. Repairs & Maint. Nottingham 2001.

MEQUIGNON Marc; AIT HADDOU Hassan; THELLIER Françoise; BONHOMME Marion. **Greenhouse gases and building lifetimes.** Elsevier, Toulouse, v.68, p. 77-86, fev./mai., 2013.

NOBRE, Eduardo. A. C. **Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade: uma reflexão sobre a grande São Paulo no começo do século XXI.** In: NUTAU 2004 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 11 a 15 de out. 2004.

OJIMA, Ricardo. **Novos contornos do crescimento urbano Brasileiro? O conceito de urban sprawl e os desafios para o planejamento regional e ambiental.** Núcleo de estudos populacionais, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

OLENDER, Marcos. **Ornamento, ponto e nó: da urdidura pantaleônica às tramas arquitetônicas de Raphael Arcuri.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo/ Faculdade de Arquitetura da UFBA, 2007.

PEREIRA, Patrícia I. **Construção Sustentável: o desafio.** Tese de graduação (Engenharia Civil), Universidade Fernando Pessoa, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Bens Imóveis Tombados - Lista dos Bens declarados de Interesse Cultural de JF.** Disponível em: <[http://pjf.mg.gov.br/conselhos/patrimonio\\_cultural/lista\\_imoveis.php](http://pjf.mg.gov.br/conselhos/patrimonio_cultural/lista_imoveis.php)>. Acessos em: 27. jul. 2015.

- PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Lei n. 6.908 de 31 de maio de 1986: Dispõe sobre o parcelamento do solo no Município de Juiz de Fora.** Juiz de Fora.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Lei n. 6.909 de 31 de maio de 1986: Dispõe sobre as edificações no Município de Juiz de Fora.** Juiz de Fora.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Lei n. 6.910 de 31 de maio de 1986: Dispõe sobre o ordenamento do uso e ocupação do solo no Município de Juiz de Fora.** Juiz de Fora.
- PERMEAR. **Projeto de conservação, restauração e reutilização do Príncipe Hotel.** Juiz de Fora, 2010.
- RAMOS, Ana T. V. F. **Os custos do desenvolvimento sustentável para a engenharia, arquitetura e construção nos processos de reabilitação.** Tese de Doutorado, Universidade de Coimbra, 2009.
- ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta.** Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2001
- ROSS, Susan. **Sustainable Historic Places: A Background Paper for the Historic Places Branch, Parks Canada.** Revised edition for publication, 2008. Disponível em: <<http://www.heritagecanada.org/sites/www.heritagecanada.org/files/SustainableHistoricPlaces-R2008-05-EN.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.
- SABOU, Gabriel C. **Sustainable Heritage Management - a Matter of National Policies Congruence.** International Journal of Economic Practices and Theories, Vol. 2, No. 3, 2012. Disponível em: <[http://www.ijept.org/index.php/ijept/article/view/Sustainable\\_Heritage\\_Management\\_-\\_a\\_Matter\\_of\\_National\\_Policies\\_Congruence](http://www.ijept.org/index.php/ijept/article/view/Sustainable_Heritage_Management_-_a_Matter_of_National_Policies_Congruence)>. Acesso em 6 mai. 2016.
- SAMPAIO, Danusa T. **Sustentabilidade Urbana: conceitos e controvérsias.** In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), **Anais...** Recife, 28 a 30 out., 2009.
- SCHMIDT, Robert; DEAMER, Jason; AUSTIN, Simon. **Understanding adaptability through layer dependencies.** In: International Conference on Engineering Design – ICED11, Technical University of Denmark, 15 a 18 ago. 2011.
- SILVA, Carla L. M. **Metodologias de Gestão de Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos.** Tese de mestrado (Especialização em Construções), Universidade do Porto, 2008.
- SILVA, Geovany J. A.; ROMERO, Marta A. B. **O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI.** *Arquitextos*, São Paulo, ano 11, n. 129.08, Vitruvius, fev. 2011.
- WALDETARIO, Kamila Z.; ALVAREZ, Cristina E. **Diretrizes para aplicação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação de edifícios em centros urbanos para fins de habitação popular: Análise do Programa Morar no Centro – Vitória (ES).** In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), **Anais...** Canela, 2010.

WALTER, Michele K. C. **Mudanças Climáticas: uma verdade inconveniente**. Revista Multiciência, Campinas, edição nº 8, maio, 2007. Disponível em: <[https://www.multiciencia.unicamp.br/r02\\_8.htm](https://www.multiciencia.unicamp.br/r02_8.htm)> . Acesso em 17 abr. 2016.

WOODCRAFT, Saffron, et al. **Design for social sustainability: a framework for creating thriving new communities**. The Young Foundation, 2011.

## Anexos

Anexo A – CARTA BIOCLIMÁTICA

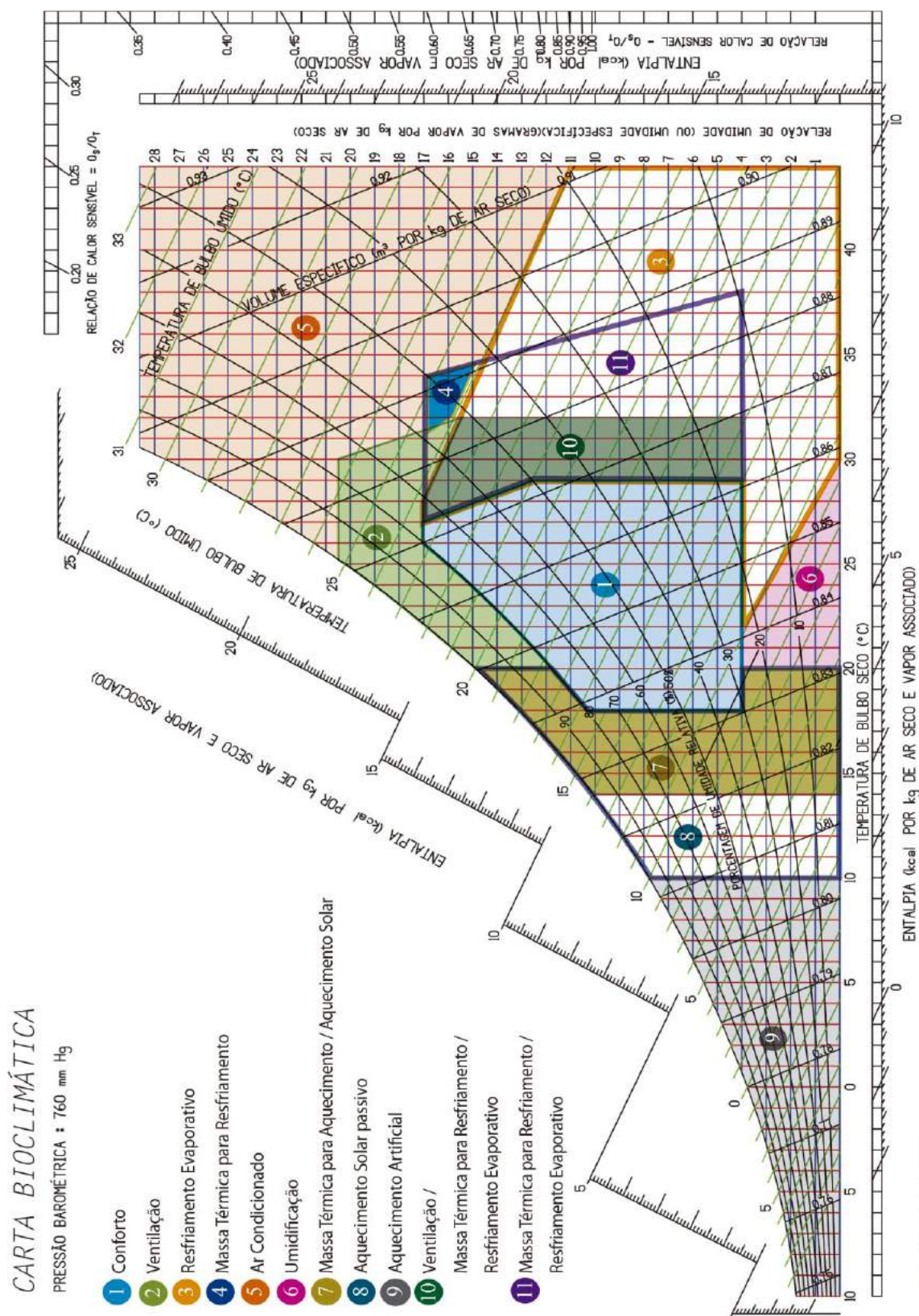


Figura 32 - Criação • Dr. Baruch Givoni. Adaptação • Dr. Manuel Navarro Moreno, Arte final.

## Anexo B – CARTA SOLAR JUIZ DE FORA

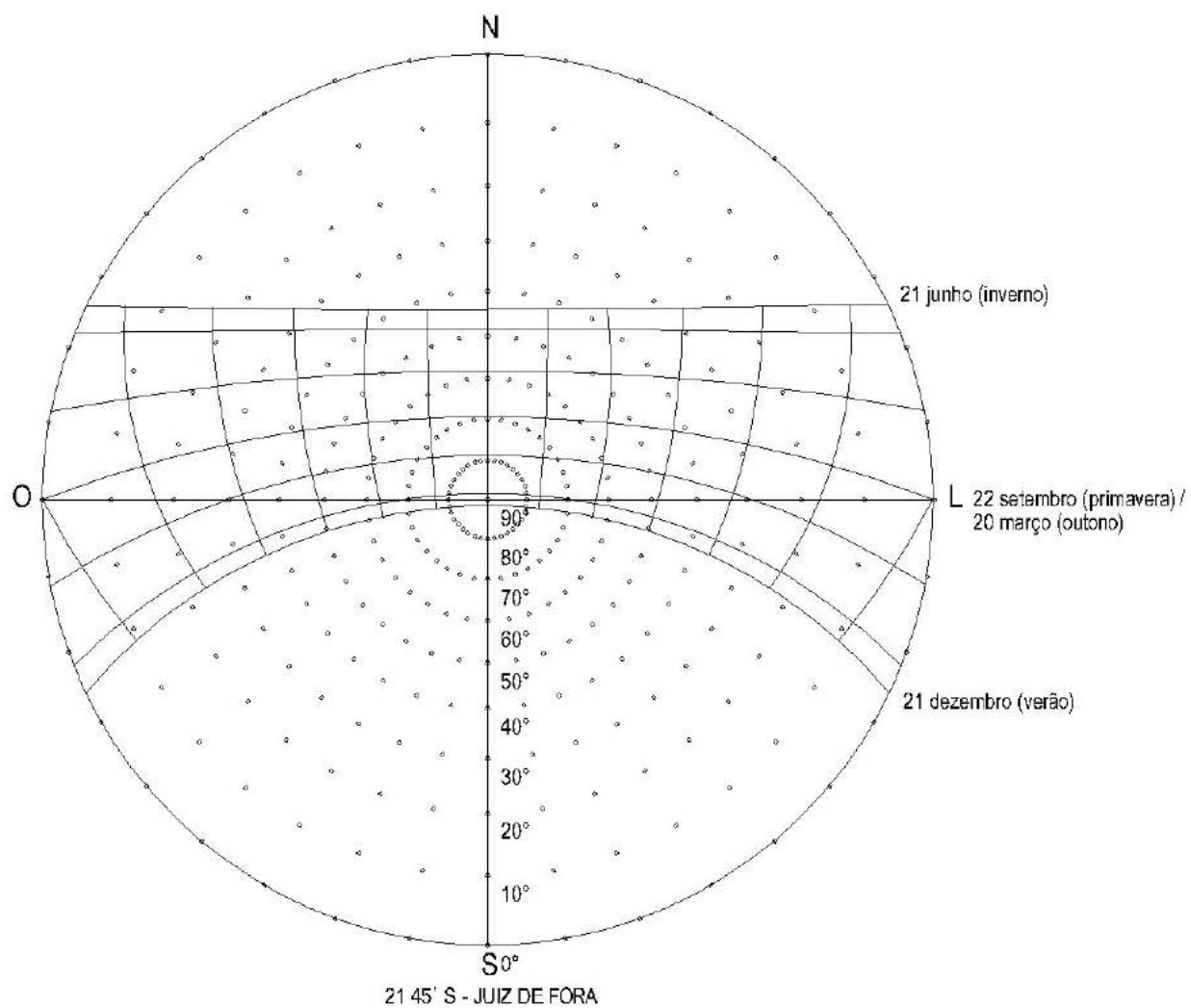


Figura 33 - Carta Solar de Juiz de Fora. Fonte: Labcaa/UFJF.



**Anexo C – FOTOS INTERNAS PRÍNCIPE HOTEL.**

Figura 34 - Vista Escada de acesso ao Pavimento do Hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.



Figura 35 - Foto do corredor. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes



Figura 36 - Foto quarto mostrando instalação posterior. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes. Figura 37 -Foto mostrando quarto posterior com bacia sanitária e chuveiro. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.

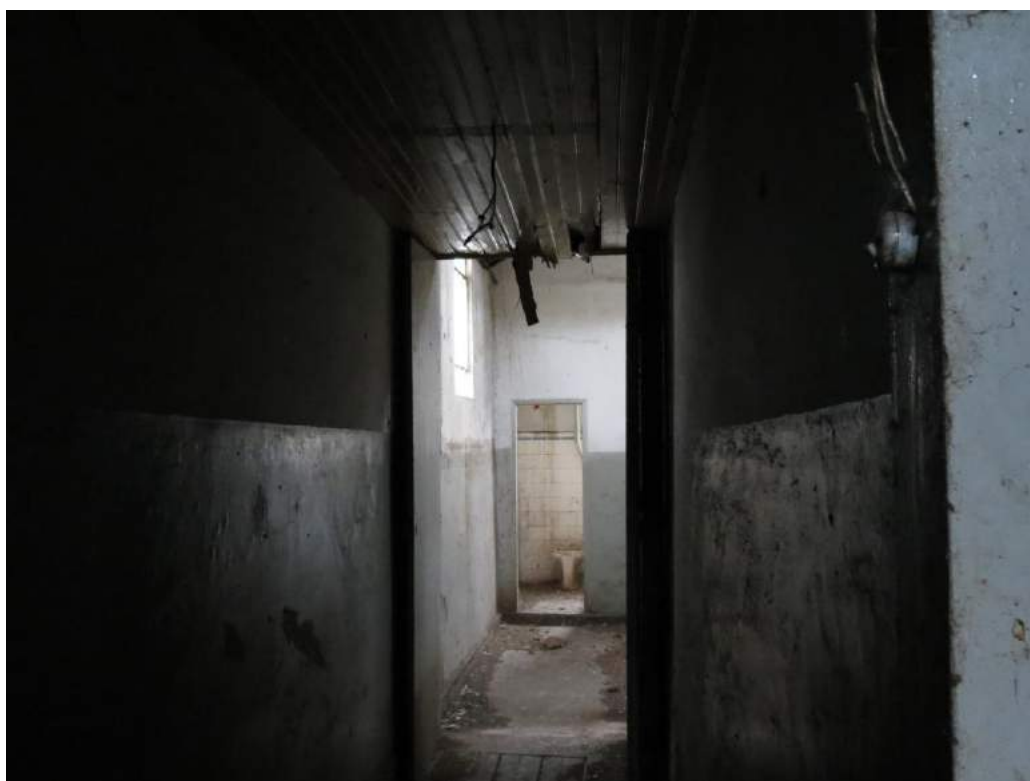


Figura 38 - Foto banheiro comum utilizado pelos hospedes dos quartos que possuíam apenas lavatório. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.



Figura 39 - Foto quarto com lavatório. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.

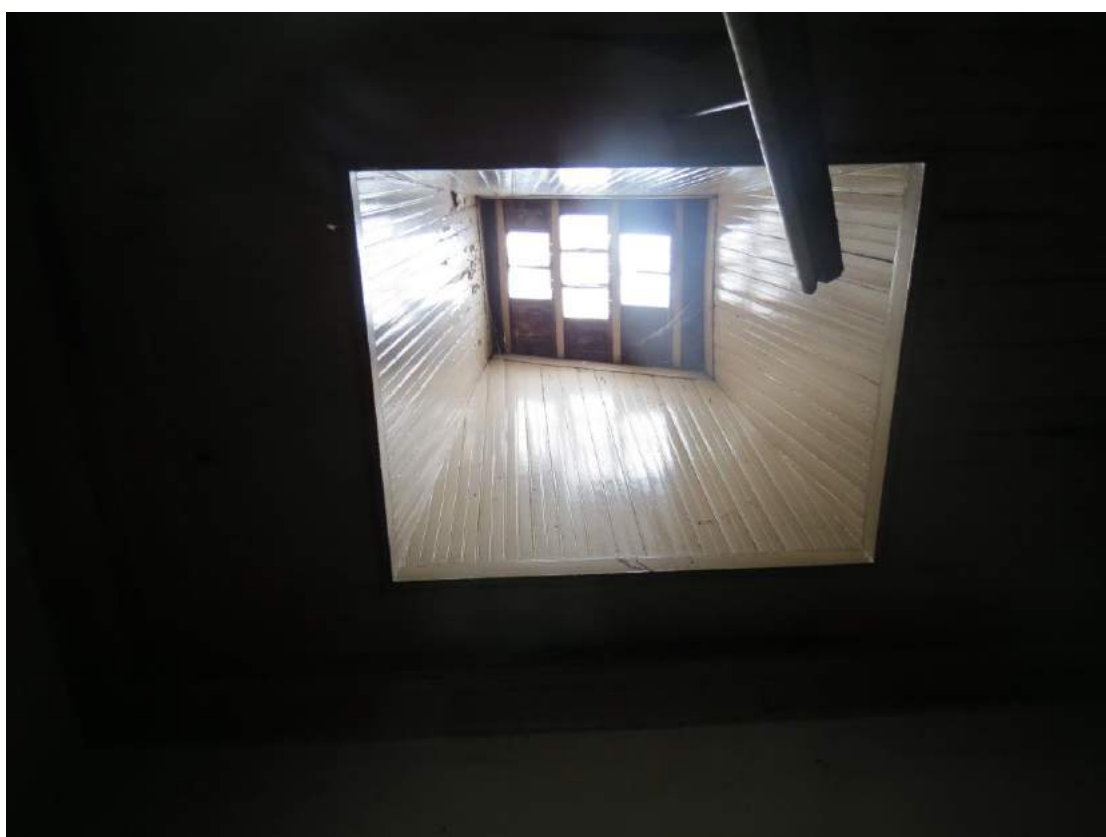


Figura 40 - Foto clarabóia que iluminada o Hall do Hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.



Figura 41 - Foto do forro de madeira dos quartos. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.



Figura 42 - Foto da sala do hotel. Fonte: tirada por Anna Victória Nardelli Fernandes.

### Anexo D – DADOS CLIMÁTICOS DE JUIZ DE FORA – PROJETEEE

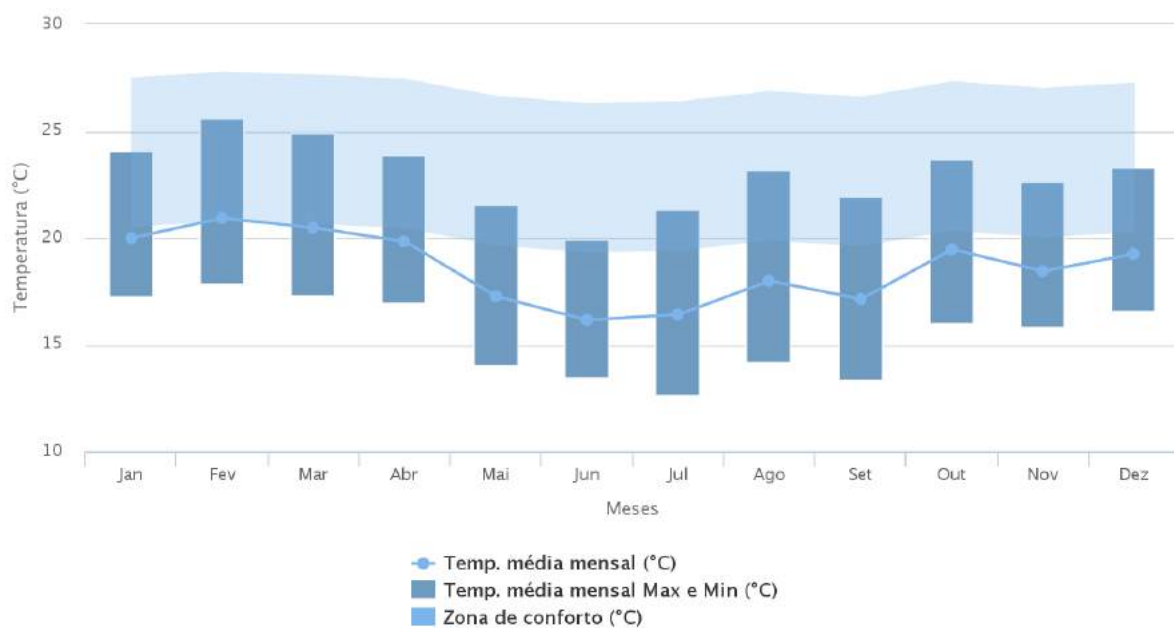


Figura 43 - Gráfico de temperatura e zona de conforto. Fonte: ProjetEEE



Figura 44 - Gráfico rosa dos ventos noite (direita) e dia (esquerda). Fonte: ProjetEEE

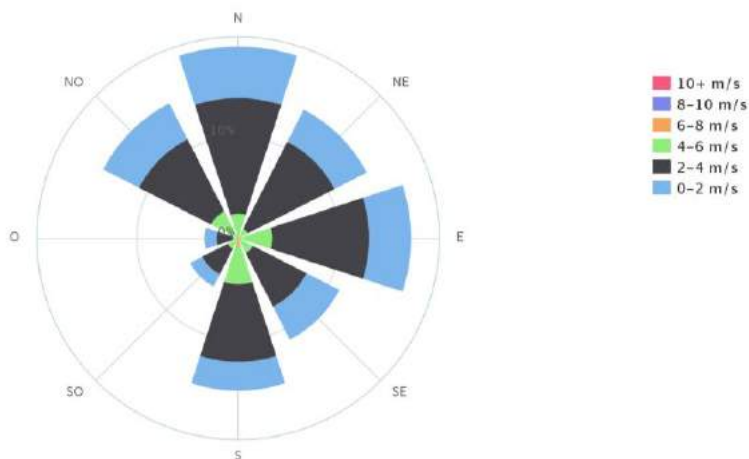


Figura 45 - Gráfico rosa dos ventos geral. Fonte: ProjetEEE



Figura 46 - Gráfico umidade relativa. Fonte: ProjetEEE

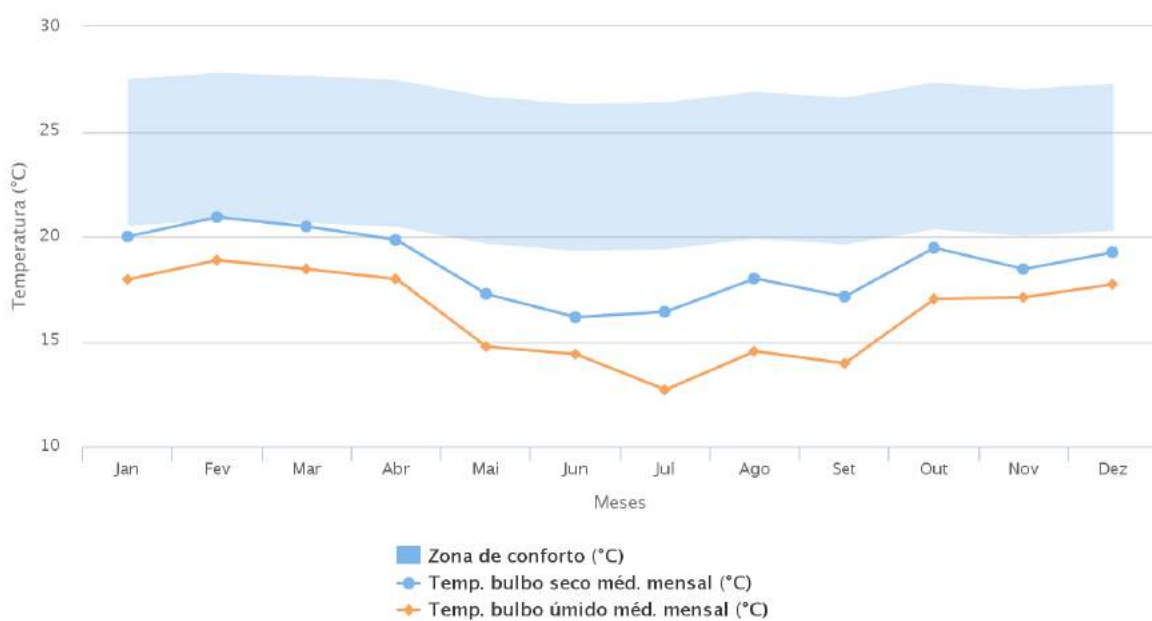


Figura 47 - Gráfico temperatura bulbo seco e bulbo úmido. Fonte: ProjetEEE

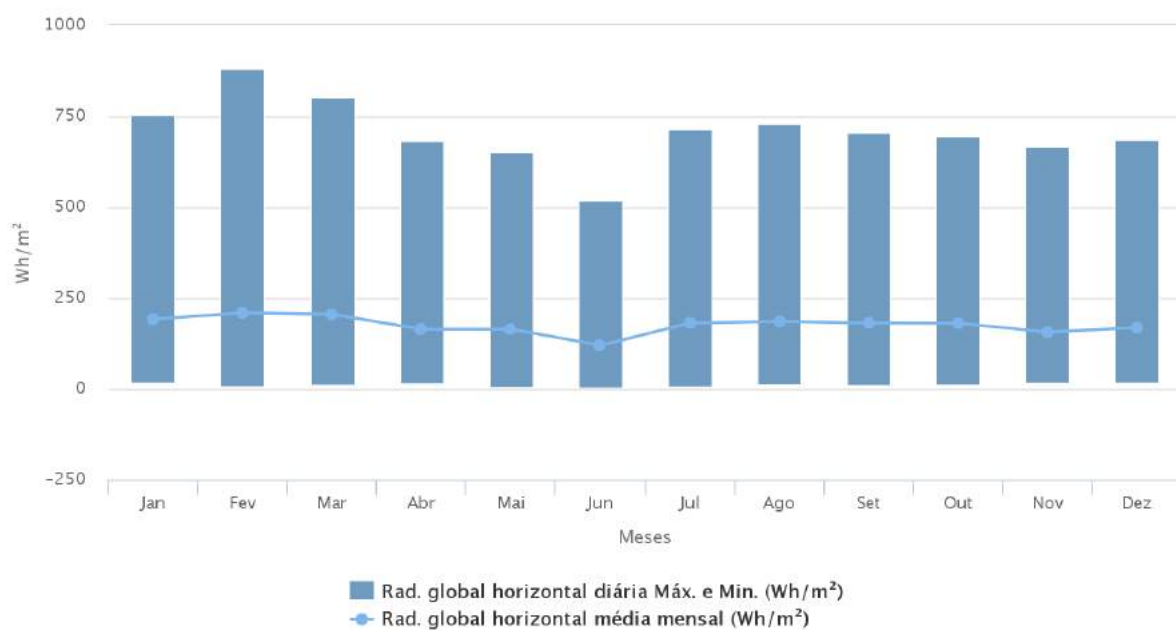


Figura 48 - Gráfico radiação diária máxima e mínima mensal com valores médios. Fonte: ProjetEEE



Figura 49 - Gráfico radiação média mensal. Fonte: ProjetEEE

## Anexo E – TABELA POTÊNCIA EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – ELETROBRAS

**Consumo de energia dos aparelhos elétricos**

<b>Aparelhos Elétricos</b>	<b>Potência Média Watts</b>	<b>Dias estimados Uso/Mês</b>	<b>Média Utilização/Dia</b>	<b>Consumo Médio Mensal (Kwh)</b>
ABRIDOR/AFIADOR	135	10	5 min	0,11
AFIADOR DE FACAS	20	5	30 min	0,05
APARELHO DE SOM 3 EM 1	80	20	3 h	4,8
APARELHO DE SOM PEQUENO	20	30	4 h	2,4
AQUECEDOR DE AMBIENTE	1550	15	8 h	186,0
AQUECEDOR DE MAMADEIRA	100	30	15 min	0,75
AR-CONDICIONADO 7.500 BTU	1000	30	8 h	120
AR-CONDICIONADO 10.000 BTU	1350	30	8 h	162
AR-CONDICIONADO 12.000 BTU	1450	30	8 h	174
AR-CONDICIONADO 15.000 BTU	2000	30	8 h	240
AR-CONDICIONADO 18.000 BTU	2100	30	8 h	252
ASPIRADOR DE PÓ	100	30	20 min	10,0
BARBEADOR/DEPILADOR/MASSAGEADOR	10	30	30 min	0,15
BATEDEIRA	120	8	30 h	0,48
BOILER 50 e 60 L	1500	30	6 h	270,0
BOILER 100 L	2030	30	6 h	365,4
BOILER 200 a 500 L	3000	30	6 h	540,0
BOMBA D'ÁGUA 1/4 CV	335	30	30 min	5,02
BOMBA D'ÁGUA 1/2 CV	613	30	30 min	9,20
BOMBA D'ÁGUA 3/4 CV	849	30	30 min	12,74
BOMBA D'ÁGUA 1 CV	1051	30	30 min	15,77
BOMBA AQUÁRIO GRANDE	10	30	24 h	7,2
BOMBA AQUÁRIO PEQUENO	5	30	24 h	3,6
CAFETEIRA ELÉTRICA	600	30	1 h	18,0
CHURRASQUEIRA	3800	5	4 h	76,0
CHUVEIRO ELÉTRICO	3500	30	40 min **	70,0
CIRCULADOR AR GRANDE	200	30	8 h	48,0
CIRCULADOR AR PEQUENO/MÉDIO	90	30	8 h	21,6
COMPUTADOR/ IMPRESSORA/ ESTABILIZADOR	180	30	3 h	16,2
CORTADOR DE GRAMA GRANDE	1140	2	2 h	4,5
CORTADOR DE GRAMA PEQUENO	500	2	2 h	2,0
ENCERADEIRA	500	2	2 h	2,0
ESCOVA DE DENTES ELÉTRICA	50	30	10 min	0,2
ESPREMEDOR DE FRUTAS	65	20	10 min	0,22



EXAUSTOR FOGÃO	170	30	4 h	20,4
EXAUSTOR PAREDE	110	30	4 h	13,2
FACA ELÉTRICA	220	5	10 min	0,18
FERRO ELÉTRICO AUTOMÁTICO	1000	12	1 h	12,0
FOGÃO COMUM	60	30	5 min	0,15
FOGÃO ELÉTRICO 4 CHAPAS	9120	30	4 h	1094,4
FORNO À RESISTÊNCIA GRANDE	1500	30	1 h	45,0
FORNO À RESISTÊNCIA PEQUENO	800	20	1 h	16,0
FORNO MICROONDAS	1200	30	20 min	12,0
FREEZER VERTICAL/HORIZONTAL	130	-	-	50
FRIGOBAR	70	-	-	25,0
FRITADEIRA ELÉTRICA	1000	15	30 min	7,5
GELADEIRA 1 PORTA	90	-	-	30
GELADEIRA 2 PORTAS	130	-	-	55
GRILL	900	10	30 min	4,5
IOGURTEIRA	26	10	30 min	0,1
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 11W	11	30	5 h	1,65
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 15 W	15	30	5 h	2,2
LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA - 23 W	23	30	5 h	3,5
LÂMPADA INCANDESCENTE - 40 W	40	30	5 h	6,0
LÂMPADA INCANDESCENTE - 60 W	60	30	5 h	9,0
LÂMPADA INCANDESCENTE -100 W	100	30	5 h	15,0
LAVADORA DE LOUÇAS	1500	30	40 min	30,0
LAVADORA DE ROUPAS	500	12	1 h	6,0
LIQUIDIFICADOR	300	15	15 min	1,1
MÁQUINA DE COSTURA	100	10	3 h	3,9
MÁQUINA DE FURAR	350	1	1 h	0,35
MICROCOMPUTADOR	120	30	3 h	10,8
MOEDOR DE CARNES	320	20	20 min	1,2
MULTIPROCESSADOR	420	20	1 h	8,4
NEBULIZADOR	40	5	8 h	1,6
OZONIZADOR	100	30	10 h	30,0
PANELA ELÉTRICA	1100	20	2 h	44,0
PIPOQUEIRA	1100	10	15 min	2,75
RÁDIO ELÉTRICO GRANDE	45	30	10 h	13,5
RÁDIO ELÉTRICO PEQUENO	10	30	10 h	3,0
RÁDIO RELÓGIO	5	30	24 h	3,6
SAUNA	5000	5	1 h	25,0

SECADOR DE CABELO GRANDE	1400	30	10 min	7,0
SECADOR DE CABELOS PEQUENO	600	30	15 h	4,5
SECADORA DE ROUPA GRANDE	3500	12	1 h	42,0
SECADORA DE ROUPA PEQUENA	1000	8	1 h	8
SECRETÁRIA ELETRÔNICA	20	30	24 h	14,4
SORVETEIRA	15	5	2 h	0,1
TORNEIRA ELÉTRICA	3500	30	30 min	52,5
TORRADEIRA	800	30	10 min	4,0
TV EM CORES - 14"	60	30	5 h	9,0
TV EM CORES - 18"	70	30	5 h	10,5
TV EM CORES - 20"	90	30	5 h	13,5
TV EM CORES - 29"	110	30	5 h	16,5
TV EM PRETO E BRANCO	40	30	5 h	6,0
TV PORTÁTIL	40	30	5 h	6,0
VENTILADOR DE TETO	120	30	8 h	28,8
VENTILADOR PEQUENO	65	30	8 h	15,6
VÍDEOCASSETE	10	8	2 h	0,16
VÍDEOGAME	15	15	4 h	0,9

## Anexo F – TABELAS ANSI/ASHRAE STANDARD 55-2010

TABLE B4

5.2.2.2A Clothing Insulation Values for Typical Ensembles<sup>a</sup>

Clothing Description	Garments Included <sup>b*</sup>	<i>I<sub>cl</sub></i> (clo)
Trousers	1) Trousers, short-sleeve shirt	0.57
	2) Trousers, long-sleeve shirt	0.61
	3) #2 plus suit jacket	0.96
	4) #2 plus suit jacket, vest, T-shirt	1.14
	5) #2 plus long-sleeve sweater, T-shirt	1.01
	6) #5 plus suit jacket, long underwear bottoms	1.30
Skirts/Dresses	7) Knee-length skirt, short-sleeve shirt (sandals)	0.54
	8) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, full slip	0.67
	9) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, long-sleeve sweater	1.10
	10) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, suit jacket	1.04
	11) Ankle-length skirt, long-sleeve shirt, suit jacket	1.10
Shorts	12) Walking shorts, short-sleeve shirt	0.36
Overalls/Coveralls	13) Long-sleeve coveralls, T-shirt	0.72
	14) Overalls, long-sleeve shirt, T-shirt	0.89
	15) Insulated coveralls, long-sleeve thermal underwear tops and bottoms	1.37
Athletic	16) Sweat pants, long-sleeve sweatshirt	0.74
Sleepwear	17) Long-sleeve pajama tops, long pajama trousers, short 3/4 length robe	0.96

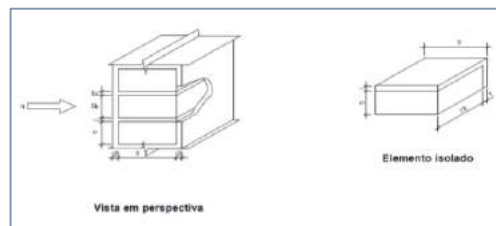
<sup>a</sup> Data are from Chapter 9 in the 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals.3

<sup>b\*</sup> All clothing ensembles, except where otherwise indicated in parentheses, include shoes, socks, and briefs or panties. All skirt/dress clothing ensembles include panty hose and no additional socks.

## Anexo G – TABELA CÁLCULO TRANSMITÂNCIA TÉRMICA PAREDE TIJOLO MACIÇO.

Resistencia térmica parede com tijolo maciço 5 x 10 x 20

	$\rho$	$\lambda$	C	
	Densidade	Condutividade térmica	Calor específico ou Capacidade térmica específica	
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m.K)	kJ/(kg.K)	Espessuras (m)
cerâmica	1.600	0,90	0,92	0,10
reboco	2.000	1,15	1,00	0,02
argamassa assent.	2.000	1,15	1,00	0,02



Esp. arg. assentamento	seção	Dimensões do tijolo (m)	
0,02	0,27	0,0054	A
		0,05	0,1
0,05	0,2	0,01	B

Espessura reb ext (esp reboco int fixa = 0,02 m)	Resistência térmica (m <sup>2</sup> .K)/W				Rsi + Ser (0,13 + 0,04)	R total	U
	Seção A - reboco + arg + reboco	Seção B (reboco + tijolo + reboco):	Resistência térmica da parede (m <sup>2</sup> .K)/W				
0,020	0,1217	0,1459	0,14	0,17	0,31	3,26	
0,025	0,1261	0,1502	0,14	0,17	0,31	3,22	
0,030	0,1304	0,1546	0,15	0,17	0,32	3,17	
0,035	0,1348	0,1589	0,15	0,17	0,32	3,13	
0,040	0,1391	0,1633	0,15	0,17	0,32	3,09	
0,050	0,1478	0,1720	0,16	0,17	0,33	3,01	
0,080	0,1739	0,1981	0,19	0,17	0,36	2,79	

Tabela 14 - Tabela para cálculo da transmitância térmica de paredes de tijolo maciço. Fonte: desenvolvida pelo Professor Pedro Kopschitz Xavier Bastos (UFJF) baseada na NBR 15220 - Parte 2.

A tabela foi utilizada como forma de comparação entre o valor obtido através do cálculo estabelecido pela NBR 15220 e o valor obtido pelo software DesignBuilder.

## Anexo H – ESTUDOS PARA A SIMULAÇÃO

### DesignBuilder

No programa existem duas bibliotecas diferentes: a de componentes e a de modelos. Na primeira podemos encontrar materiais de construção, equipamentos, horários de utilização, clima e etc., já na segunda se localizam os modelos previamente concebidos e os mais usuais. O mais importante é que também permite ao usuário criar suas próprias bibliotecas, com informações de acordo com cada país ou região.

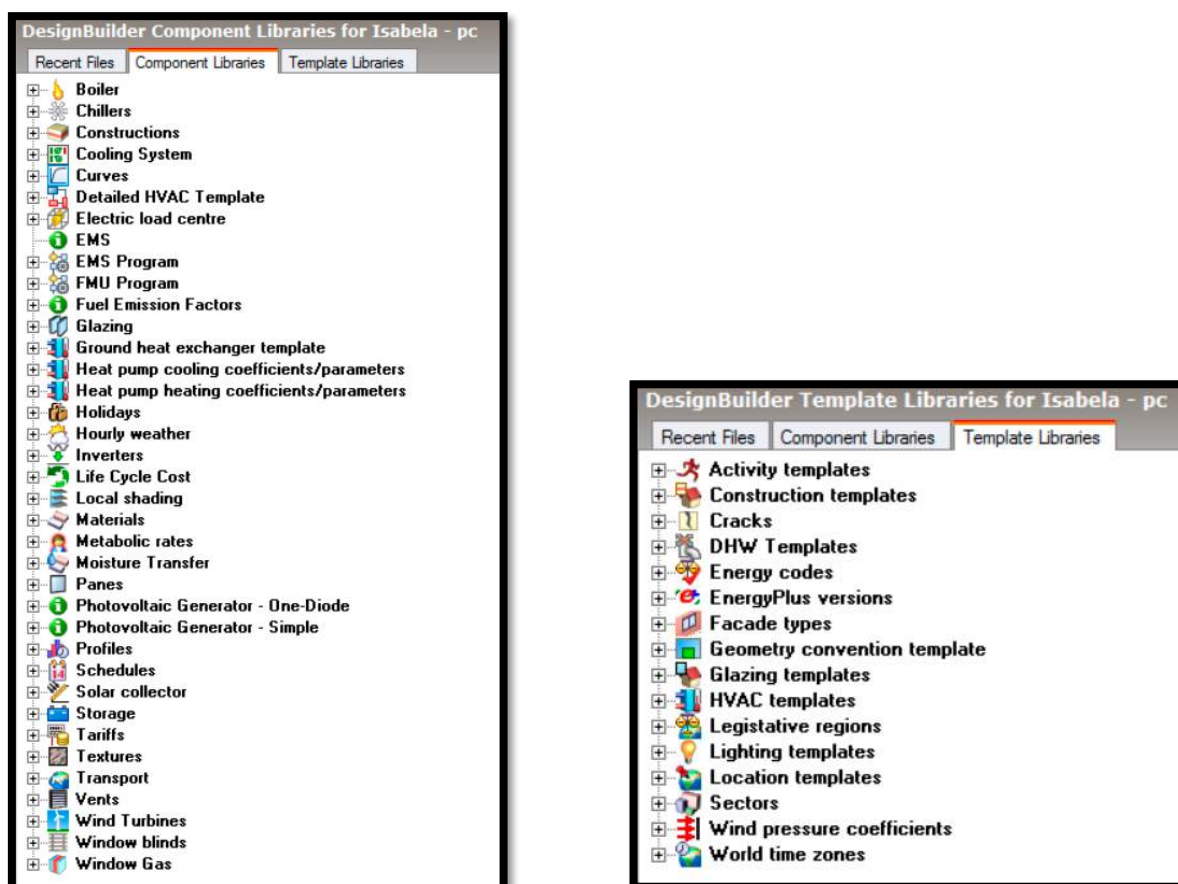


Figura 50 - Bibliotecas do DesignBuilder (componentes e modelos). Fonte: adaptador pela autora.

Ao criar um modelo, o DesignBuilder permite que sejam definidos, automaticamente, os dados do mesmo mediante as plantas baixas definidas. Uma vez criado, é possível fazer alterações no nível global ou específico, no nível edifício, bloco e zona. Também é possível controlar o nível de detalhe de cada modelo, o que faz do referido aplicativo uma ferramenta útil em qualquer etapa do processo de projeto.



Figura 51 - Hierarquia de dados do DesignBuilder. Fonte: adaptado pela autora.

O programa se baseia numa hierarquia de dados. Para compreendê-lo melhor devemos entender como funciona essa hierarquia. Existe um menu chamado de Painel de Navegação, onde está representada essa hierarquia demonstrada na Figura 20. Quando uma alteração é feita em determinada categoria, esta alteração irá ser aplicada a todos os níveis subjacentes ao qual foi feita a modificação. Portanto, não há a necessidade de alterar o que quer que esteja nestas seções subjacentes.

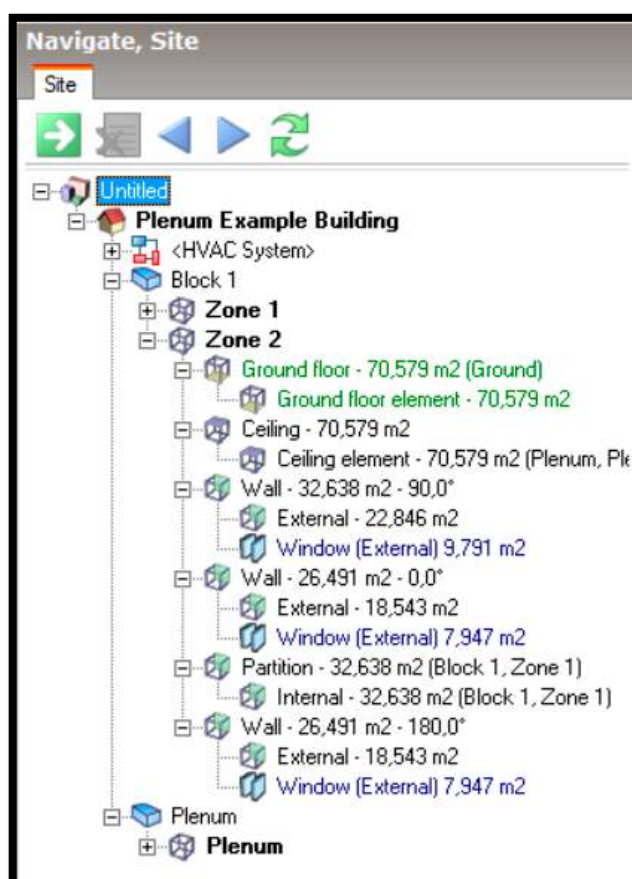


Figura 52 - Painel de Navegação Fonte: adaptado pela autora.

Supondo que se pretende modificar a constituição das paredes de um edifício. Ao invés de alterar a constituição de parede por parede pode-se, simplesmente, introduzir a alteração na categoria Block, caso a alteração seja em apenas um piso, ou então na categoria Building, caso a alteração seja em todas as paredes do edifício.

Na Figura 22 pode-se observar o esquema geral da tela do programa, com vários de seus componentes identificados. Na parte superior encontra-se o Menu do programa, onde estão as funções como abrir ou salvar um projeto, assim como exportar dados e etc.. Na barra de ferramentas se localizam as ferramentas para construção/edição geométrica do modelo a ser construído.

O Painel de Navegação também serve para selecionar uma zona particular do edifício, ou mesmo o edifício todo, de modo a introduzir alterações nos elementos necessários.

A Tela de Edição é onde se efetua a construção geométrica do edifício e nos Separadores de Dados, onde se efetua o dimensionamento construtivo, sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado, em inglês "heating, ventilating and air conditioning"), aberturas, iluminação e tipo de atividades desenvolvidas.

Já nos Separadores de Telas, pode-se observar o projeto de aquecimento, projeto de arrefecimento, as simulações, CFD (Computational Fluid Dynamics), e a Iluminação Natural. O Painel de Informação serve como um guia de ajuda/orientação nas tarefas.

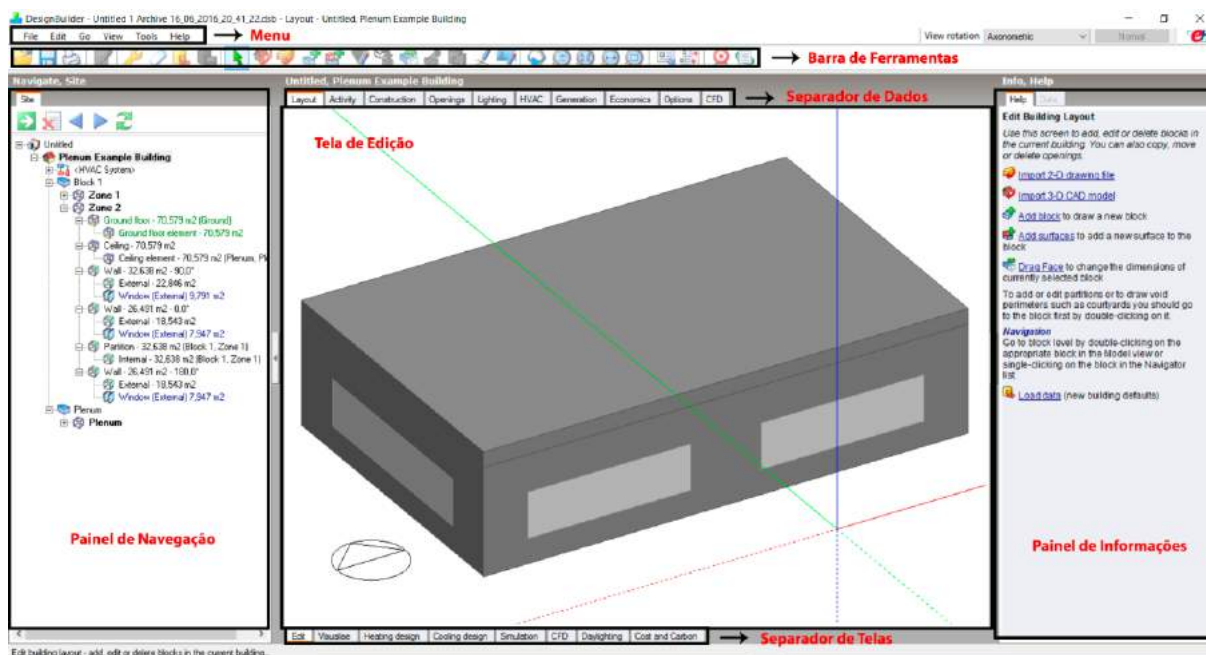


Figura 53 - Tela principal do DesignBuilder. Fonte: adaptado pela autora

Quando se cria um novo projeto é necessário que escolher o nome do projeto, o tipo de clima onde se insere, ou seja, escolher a cidade onde irá se localizar o edifício, e escolher também o tipo de análise que se pretende efetuar, que neste caso será o EnergyPlus.



Figura 54 - Novo Projeto. Fonte: adaptado pela autora.

Posteriormente, é feita a definição geométrica do modelo que pretendemos construir. Contudo, se já tivermos o modelo construído, pode-se fazer uma importação de dados, não sendo necessário reconstruí-lo no DesignBuilder.

A construção geométrica é bem simples. Num primeiro momento se desenha apenas as paredes interiores, exteriores e o telhado. Esses passos se dão por blocos, ou seja, pisos. A implementação de aberturas, como portas e janelas, é realizada posteriormente. Com o modelo geométrico concluído, é necessário identificar cada zona e as atividades associadas. A identificação da atividade associada a cada zona é importante, pois tem influência na maior parte dos ganhos térmicos internos, influenciando deste modo os requisitos de aquecimento, arrefecimento e/ou ventilação.



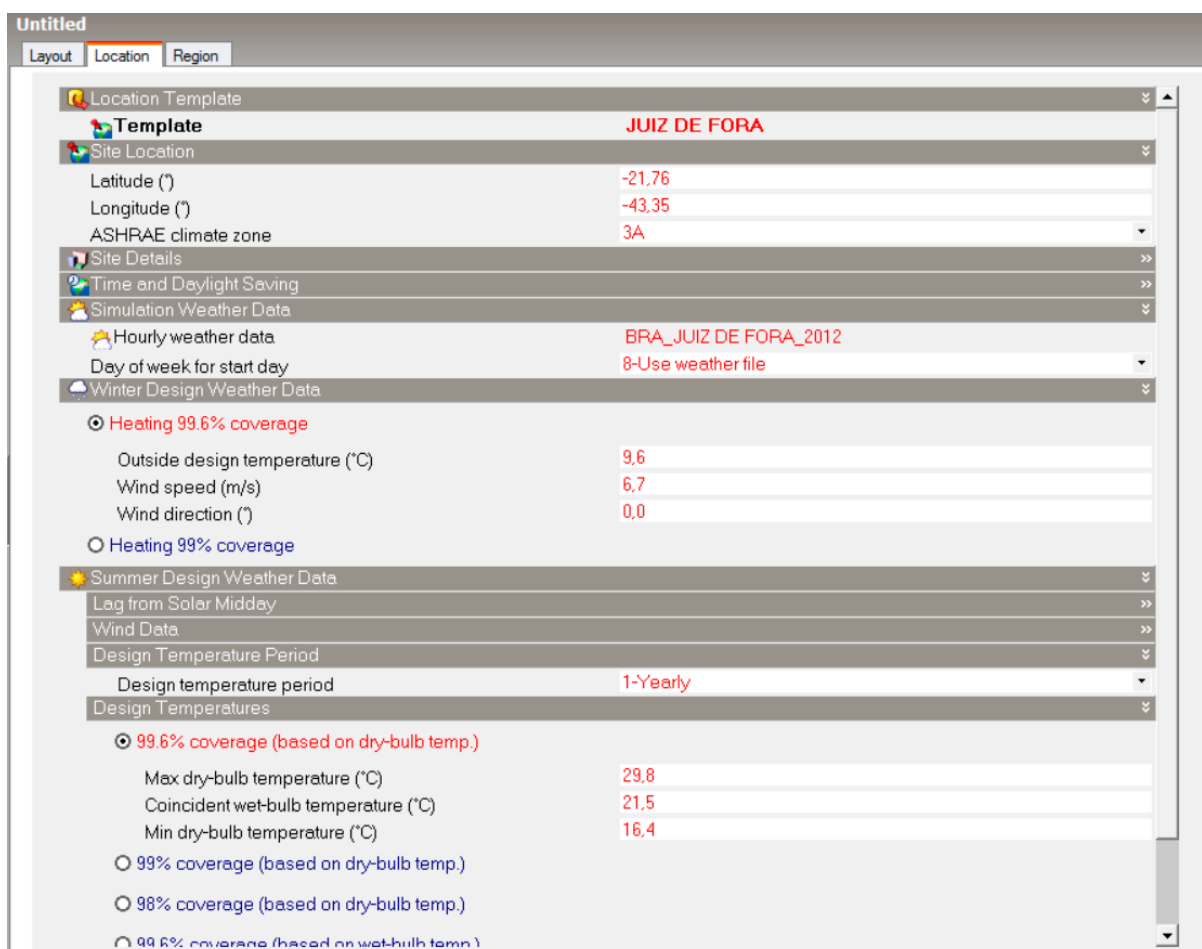


Figura 55 - Tela de dados do Local ou Location Data. Fonte: adaptado pela autora

No separador denominado “Location” serão inseridos os dados referentes às características do local, com a possibilidade de se definir os dados de localização (latitude, longitude, altitude, zona horária), dados climáticos de aquecimento (temperatura externa, velocidade e direção dos ventos), características do terreno (material construtivo, temperatura do solo), dados climáticos de resfriamento (temperatura de bulbo seco máxima e mínima, temperatura coincidente de bulbo úmido). Um aspecto importante do DesignBuilder é o fato de ele utilizar dados climáticos reais em formato .EPW<sup>20</sup> que contém informações sobre as temperaturas exteriores, a radiação solar, as condições atmosféricas, entre outros aspectos, a cada hora durante um ano completo. Esse formato de arquivo pode ser gerado a partir de outros arquivos climáticos, com TRY, TMY2, IWECC, DOE-2, ESP-r, WEA entre outros.

Para que a simulação ocorra a etapa mais importante é a definição do arquivo climático horário a ser utilizado. Como o DesignBuilder não possui dentro de seu banco de dados

<sup>20</sup> Formatação dos dados climáticos adequada ao programa EnergyPlus e ao DesignBuilder.

padrão o arquivo referente à cidade de Juiz de Fora<sup>21</sup>. Iremos inseri-lo manualmente. Para isso seguiremos os seguintes passos.

1. Abre-se a pasta *C:\Documents and Settings\All Users\Dados de aplicativos\DesignBuilder\Weather Data*;
2. Cola-se o arquivo .EPW referente ao arquivo climático de Juiz de Fora nesta pasta;
3. Seleciona-se na tela de abertura do programa a aba *component libraries*;
4. Seleciona-se na lista de diferentes bibliotecas o componente *Hourly weather*, referente aos arquivos climáticos;
5. Seleciona-se o país;
6. Acessa-se + *add new hourly weather* na barra de ajuda;
7. Preenchem-se os dados solicitados a respeito da cidade como latitude e longitude;
8. Adiciona-se o arquivo .EPW.

Caso ocorra do programa não encontrar o arquivo .STAT<sup>22</sup> o processo deverá ser cancelado e o arquivo .STAT deve ser copiado para a pasta *C:\Documents and Settings\All Users\Dados de aplicativos\DesignBuilder\Weather Data*, repetindo-se os itens de 3 a 8.

O próximo passo é abrir um novo projeto e criar a localidade de Juiz de Fora.

- Clica-se na aba *location* (localização);
- A pasta do país é escolhida;
- Dentro desta pasta clica-se em uma cidade qualquer solicitando uma cópia da mesma, pois somente assim é possível editar e criar uma nova localidade;
- Seleciona-se a cópia da cidade e a opção *editar*;

---

<sup>21</sup> Os arquivos climáticos foram obtidos através do banco de dados da Roriz Engenharia Bioclimática, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Labeee/UFSC e gerados por triangulação no software *Meteonorm*. Serão feitas simulações com os três arquivos para que possam ser constatadas diferenças significativas ou não nos resultados.

<sup>22</sup> Formatação dos dados climáticos que contém informações básicas para os dias típicos de projeto (*winter design weather* e *summer design weather*).

- A janela a seguir é disponibilizada para criação da nova localidade.

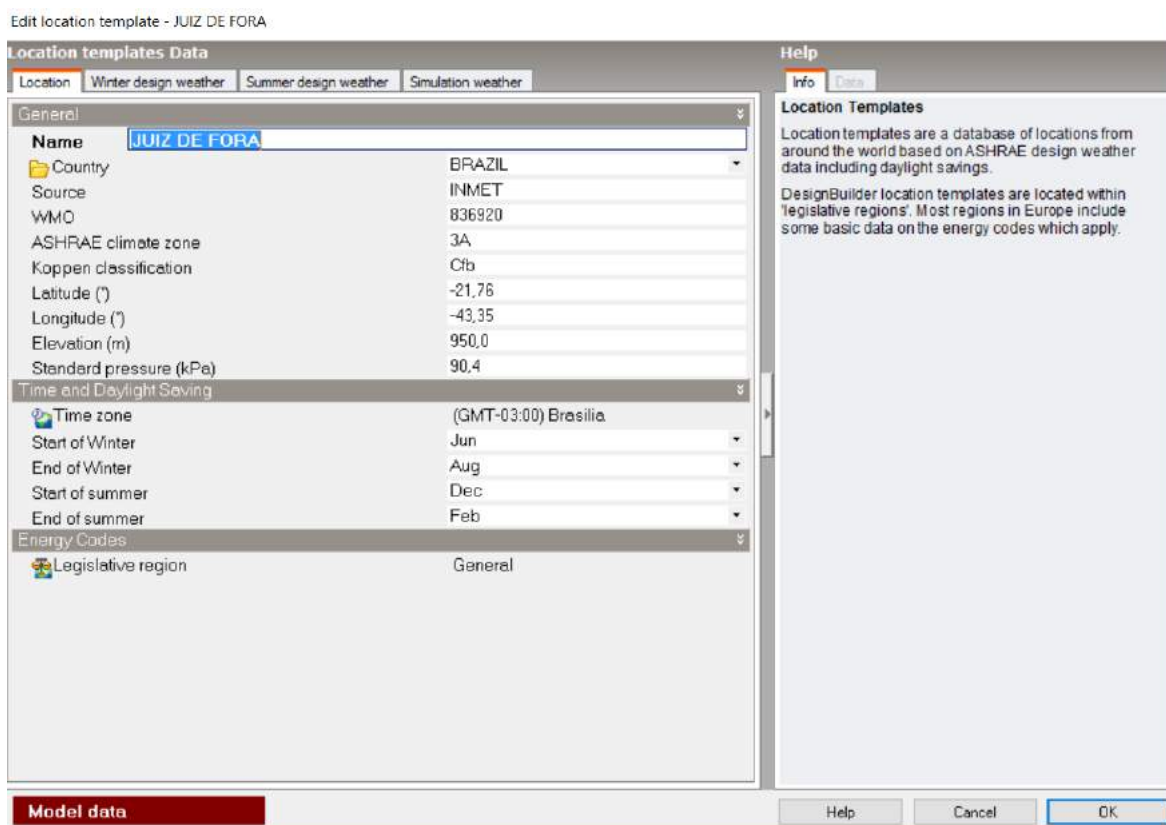


Figura 56 - Configurações climáticas no separador Location para a cidade de Juiz de Fora. Fonte: a autora.

Os dados referentes a *ASHRAE climate zone* e *Koppen classification* deverão ser inseridos manualmente, uma vez que não estão disponíveis no arquivo climático que será utilizado. Os dados sobre dias típicos de projeto serão inseridos nas abas *winter design weather* e *summer design weather*. Eles terão origem do arquivo .STAT. Entretanto, a inserção do arquivo .STAT no *C:\Documents and Settings\All Users\Dados de aplicativos\DesignBuilder\Weather Data* não insere automaticamente esses dados, sendo necessário editar manualmente para a nova localidade. Dessas configurações, a parte mais importante é a informação inserida na aba *simulation weather*, onde é inserido o arquivo climático horário daquele local.

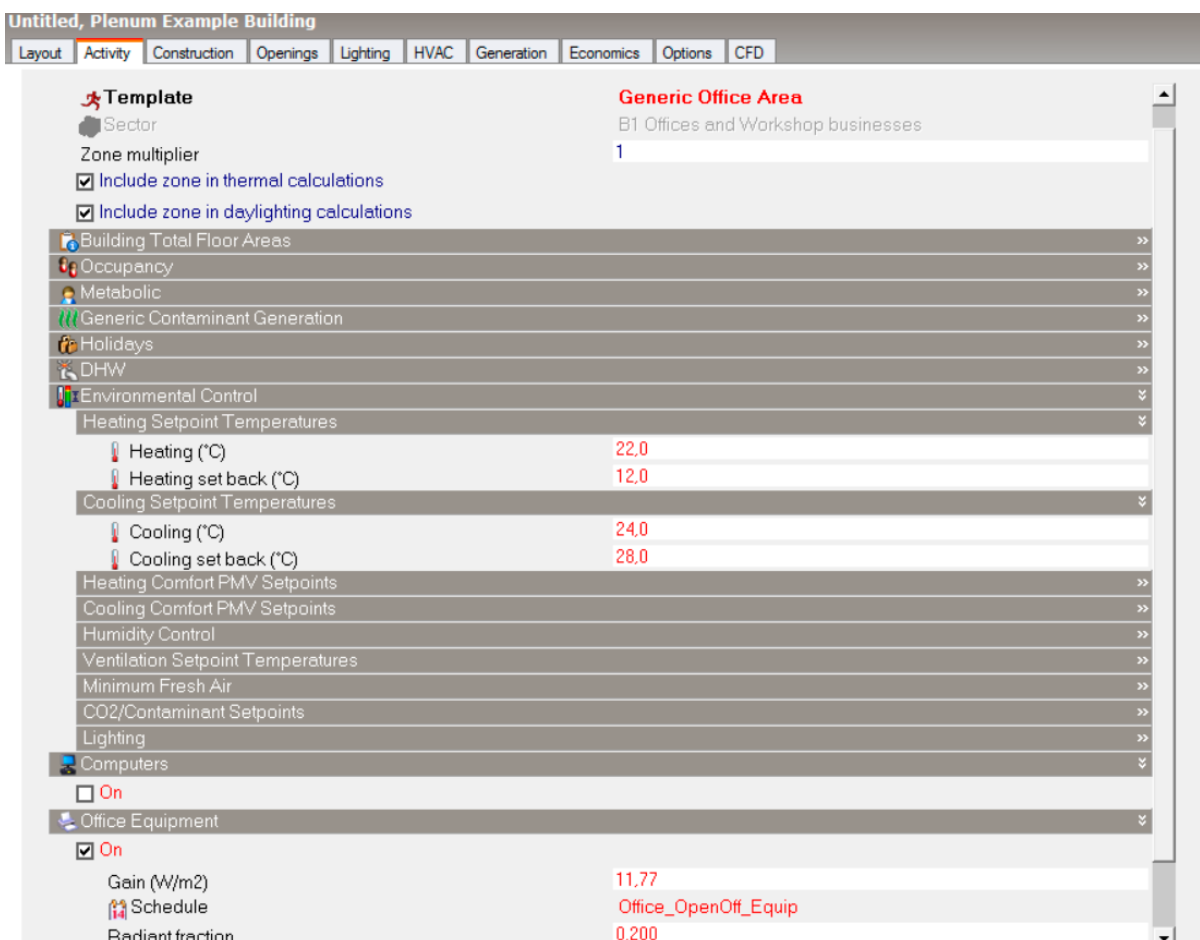


Figura 57 - Separador "Atividades" Fonte: adaptado pela autora.

No separador denominado “*Activity*” efetuam-se as configurações de controle de temperatura, onde podemos definir a temperatura interior para determinada zona. A temperatura de *setpoint*, corresponde à temperatura pretendida para a zona onde estão presentes pessoas e a temperatura de *setback*, corresponde à temperatura para quando não há presença de pessoas na zona, ou seja, não está ocupada. Para este parâmetro o Design Builder dispõe também de uma variada lista de templates pré-definidos que referem as características gerais de uma dada atividade para uma determinada zona. Ao selecionar uma dada atividade, o Design Builder associa automaticamente fatores como a ocupação, requisitos de temperatura, renovação de ar, iluminação e equipamentos. Estes valores podem ainda ser editados e alterados quando necessário, de modo a adequá-los ao edifício em análise.

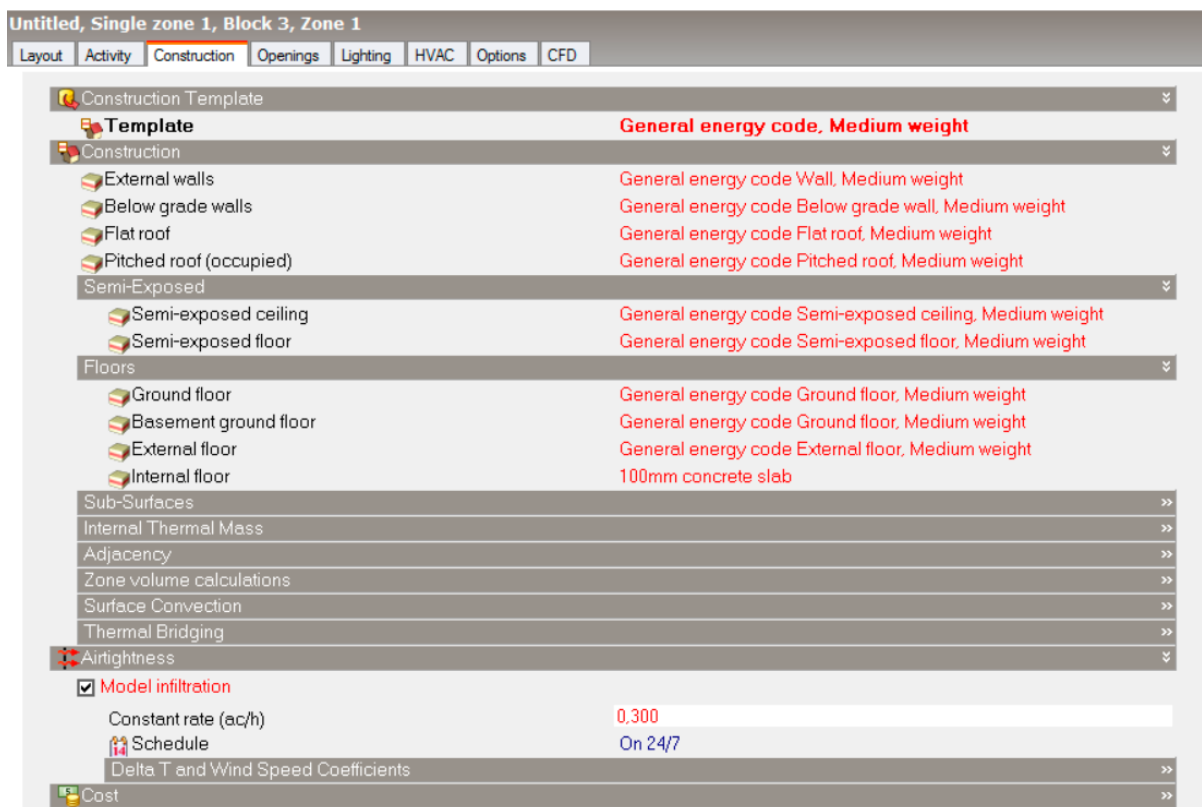


Figura 58 - Separador "Construção". Fonte: adaptado pela autora.

O separador “*Construction*” é referente aos elementos construtivos. É nesse local que introduzem as características construtivas de todos os elementos do modelo, como as paredes, piso e cobertura. Também pode ser definida a infiltração de ar através destes elementos (medida em mudanças de ar por hora – ac/h). A especificação das características construtivas dita o desempenho energético da envolvente opaca, tendo grande impacto nas necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como nas condições de conforto dos ocupantes. Para definir as características construtivas de um determinado elemento é possível utilizar modelos pré-definidos disponíveis na base de dados do software, ou criar uma nova caracterização específica.

Edit construction - Reference Wall, Medium weight

**Constructions Data**

Layers Surface properties Image Calculated Cost Condensation analysis

**General**

Name: Reference Wall, Medium weight  
 Source: DesignBuilder  
 Category: Walls  
 Region: General

**Definition**

Definition method: 1-Layers

**Calculation Settings**

Layers

Number of layers: 4

**Outermost layer**

Material: Brickwork, Outer Leaf  
 Thickness (m): 0.1000  
 Bridged?

**Layer 2**

Material: XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing  
 Thickness (m): 0.0795  
 Bridged?

**Layer 3**

Material: Concrete Block (Medium)  
 Thickness (m): 0.1000  
 Bridged?

**Innermost layer**

Material: Gypsum Plastering  
 Thickness (m): 0.0130  
 Bridged?

**Help**

**Construction Layers**  
 Set the number of layers first, then select the material and thickness for each layer.  
[+ Insert layer](#)  
[X Delete layer](#)

**Bridging**  
 You can also add bridging to any layer to model the effect of a relatively more conductive material bridging a less conductive material. For example wooden joists bridging an insulation layer.  
 Note that bridging effects are NOT used in EnergyPlus, but are used in energy code compliance checks requiring U-values to be calculated according to BS EN ISO 6946.

**Energy Code Compliance**  
 You can calculate the thickness of insulation required to meet the mandatory energy code U-value as set on the Energy Code tab at site level.  
 This calculation identifies the 'insulation layer' as the layer having the highest r-value and requires that no bridging is used in the construction.  
[Set U-Value](#)

**Locked Library Data**  
 This library data cannot be edited but you can close this dialog, create a copy of this data and edit the copy

**Locked Library data** [Insert layer](#) [Delete layer](#) [Help](#) [Cancel](#) [OK](#)

Figura 59 - Janela da caracterização construtiva de uma parede. Fonte: adaptado pela autora.

A Figura 26 mostra a janela de edição da caracterização construtiva para o exemplo de uma parede. Nesta figura é possível observar a definição das diferentes camadas do elemento e os respectivos materiais constituintes. São definidas a espessura e o material de todas as camadas que formam o componente. O DesignBuilder apresenta também as propriedades de cada material bem como as propriedades globais da parede, por exemplo, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica, densidade, resistência térmica, entre outros. A caracterização de outros elementos construtivos, como pavimentos e coberturas, é realizada de forma idêntica à apresentada. Nessa janela de edição ainda podem ser visualizados a composição na forma de imagem e também as principais características físicas calculadas pelo programa (Figuras 27 e 28).

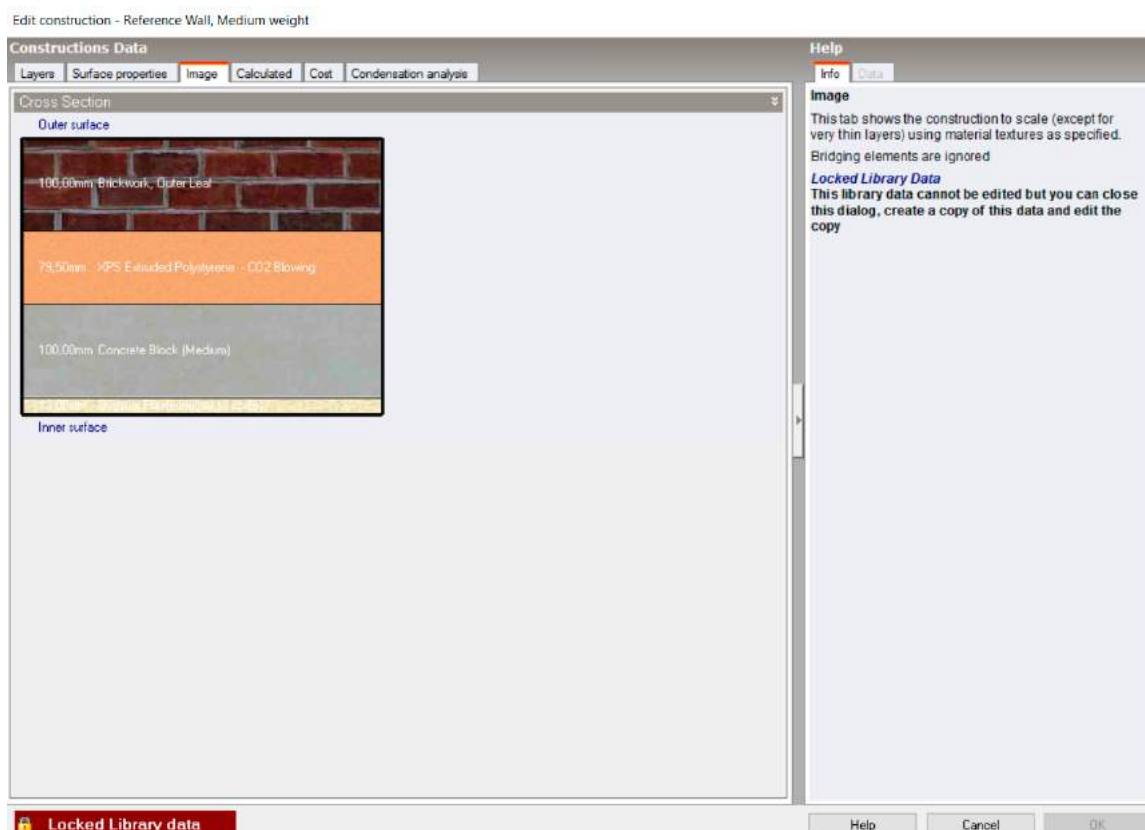


Figura 60 - Tela de composição das camadas escolhidas. Fonte: adaptado pela autora.

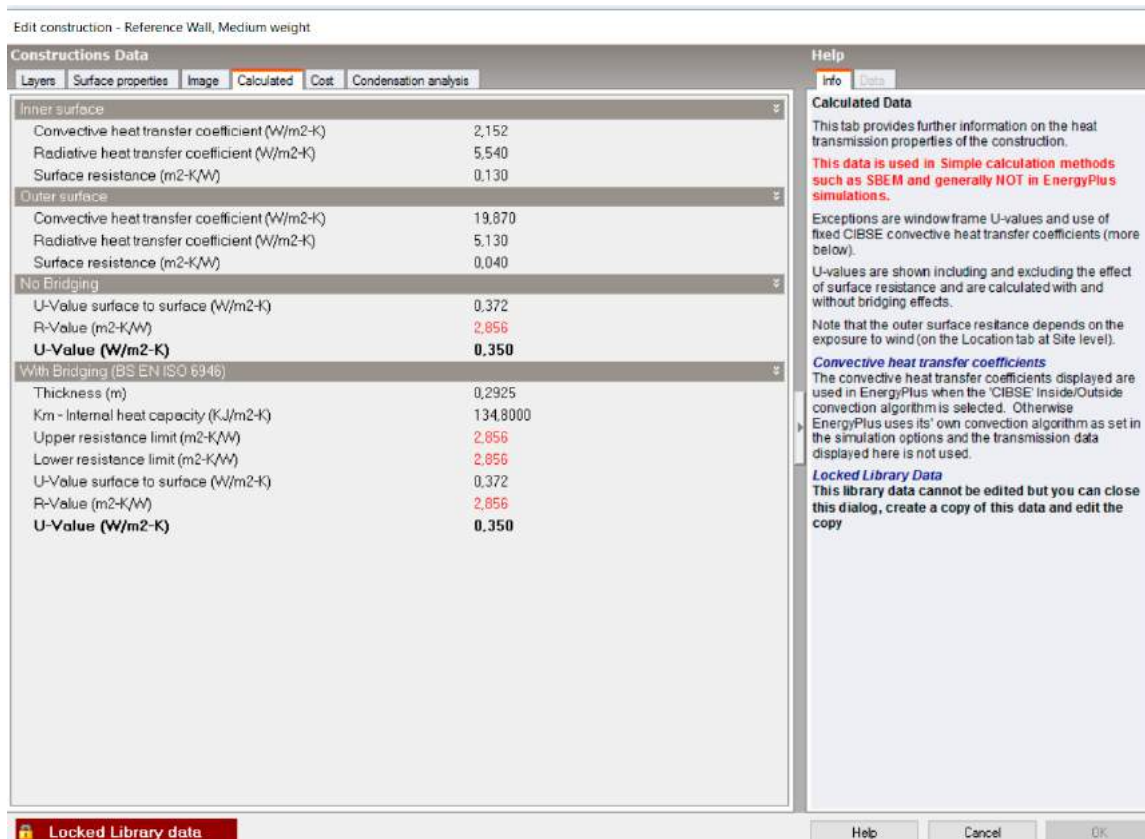


Figura 61 - Tela de características Físicas como transmitância térmica e absorvância já calculados pelo DesignBuilder após a escolha das camadas e materiais. Fonte: adaptado pela autora.

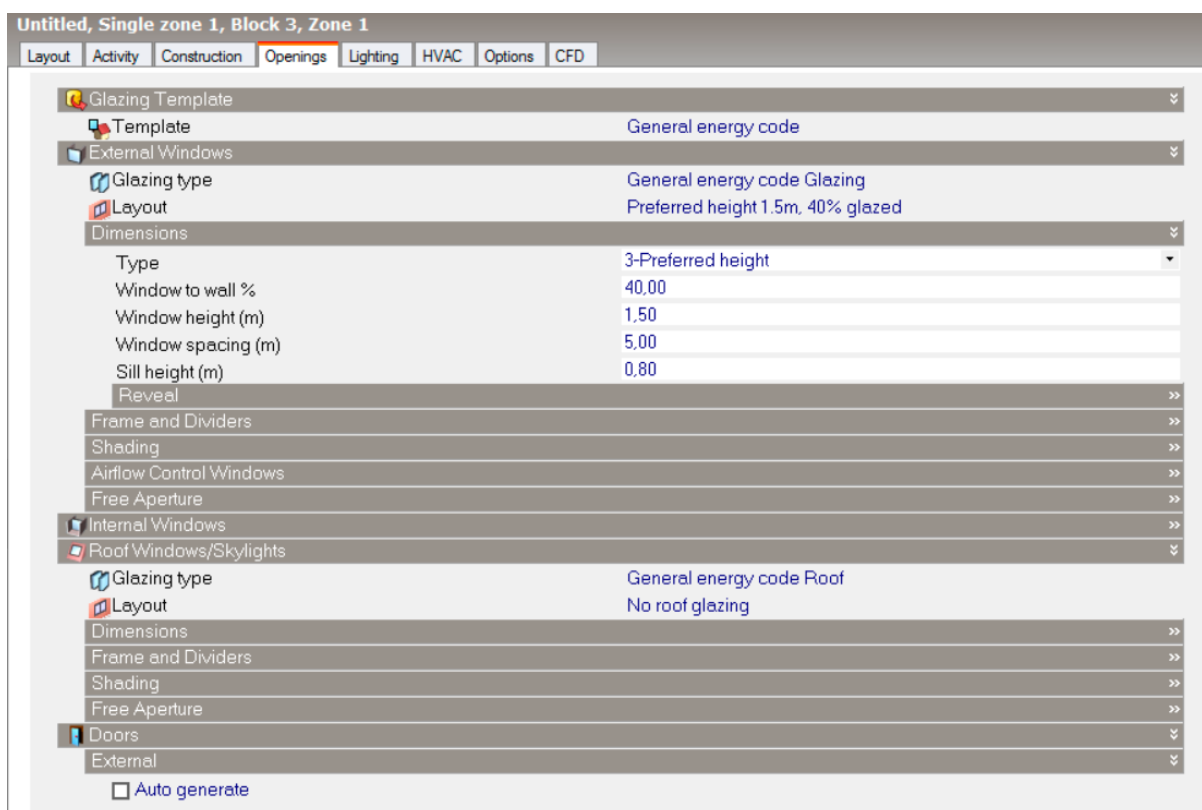


Figura 62 - Separador "Aberturas". Fonte: adaptado pela autora.

No separador “*Openings*” são inseridas as características das aberturas, como janelas e portas. É realizada a seleção do tipo de vãos envidraçados. Tal como nos parâmetros de atividade e caracterização construtiva, o DesignBuilder apresenta um separador destinado à caracterização dos vãos envidraçados. Neste separador é possível escolher o tipo de envidraçado a partir de uma lista disponibilizada pelo software que inclui diversos modelos pré-definidos, ou ainda criar um novo modelo de envidraçado consoante os requisitos pretendidos. Podem ser escolhidos os tipos de vidro (claro, reflexivo), espessura, número de folhas; os marcos e divisores (materiais, dimensões, localização no que se refere à espessura da parede, número de separadores horizontais e verticais, entre outras funcionalidades); sombreamento (pode incluir vários dispositivos de proteção solar, quer integrados às janelas (persianas, telas, cortinas, sistemas eletrônicos), ou sob a forma de dispositivos arquitetônicos (persianas, venezianas); operação (é possível definir a percentagem das superfícies das janelas que se consideram abertas para permitir a ventilação natural, assim como os períodos, quando isso acontece).



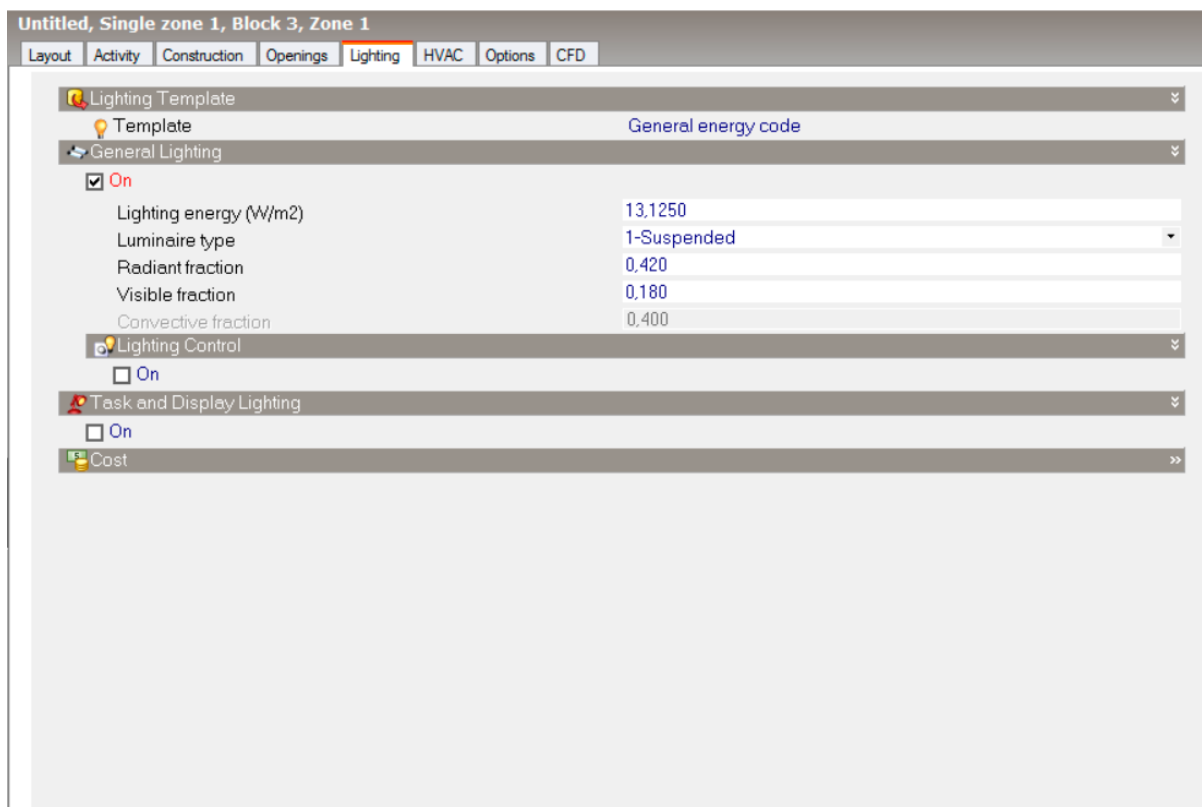


Figura 63 - Separador “iluminação artificial”. Fonte: adaptado pela autora.

No separador “*Lighting*” é possível definir os parâmetros relacionados à iluminação artificial do modelo, com isso, pode-se estimar os ganhos caloríficos resultantes da utilização, bem como o consumo energético dos equipamentos. Existe a possibilidade de especificar o tipo de luminária (fluorescente ou incandescente); a localização das luminárias (suspensas, chão, etc.); os índices de ganho caloríficos; períodos de operação. Também é possível simular diversos mecanismos virtuais de controle da iluminação. Eles têm em conta a disponibilidade de luz natural, bem como a otimização dos níveis de iluminância criado para acionar iluminação artificial. Assim, é possível avaliar o desempenho lumínico dos edifícios, considerando o potencial de economia de energia através do aproveitamento da luz. O Design Builder dispõe de templates pré-definidos que, tal como os parâmetros de atividades, podem ser selecionados consoante a zona a que se destinam. Desta forma o programa associa automaticamente o desempenho da iluminação e os respectivos consumos de energia a cada zona.

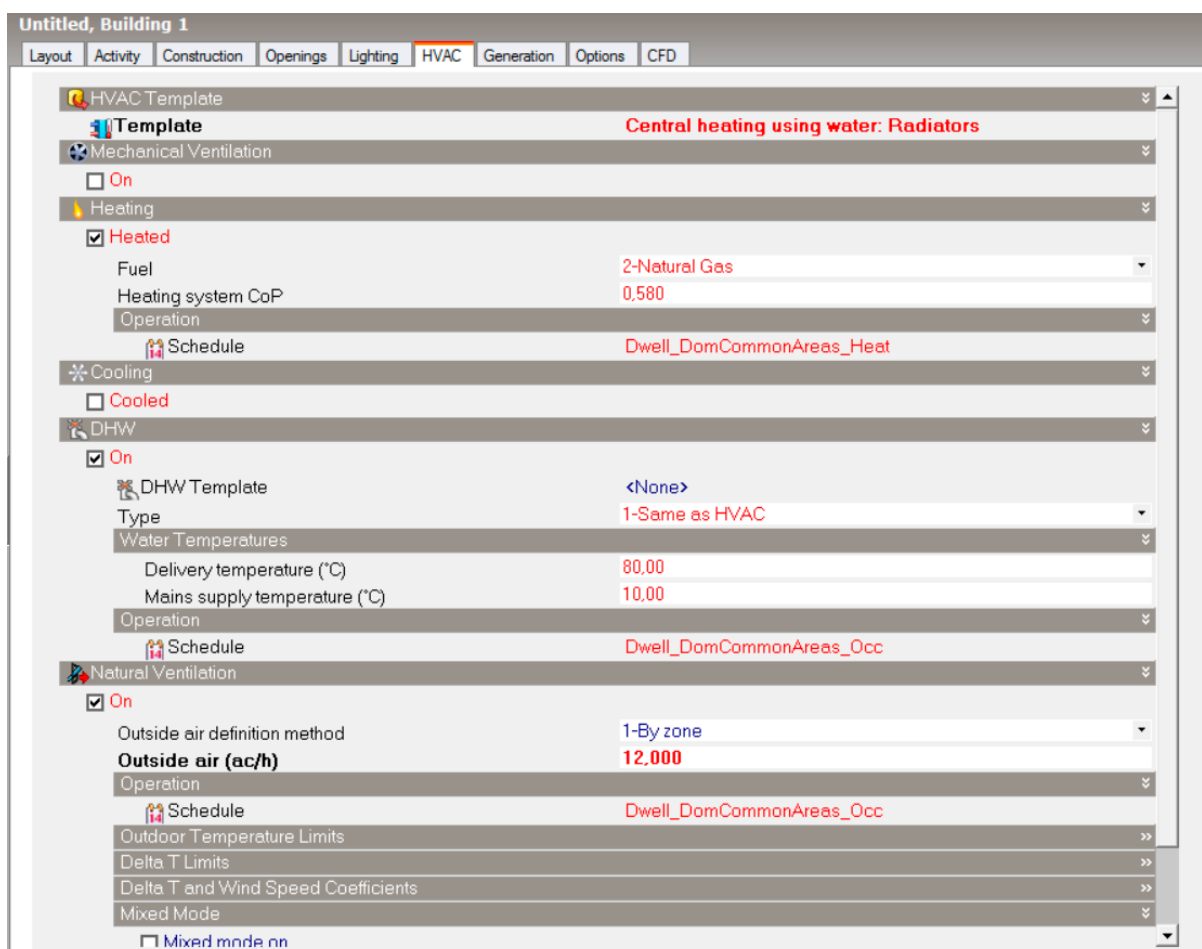


Figura 64 - Separador “HVAC”. Fonte: adaptado pela autora.

O DesignBuilder apresenta um separador reservado aos sistemas AVAC onde podem ser definidos os principais parâmetros de ventilação, aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias (AQS). Mais uma vez o software dispõe de uma lista de templates de onde pode ser selecionado o modelo, definindo este um sistema AVAC típico de um edifício comum. Caso seja necessário, é possível selecionar e/ou alterar parâmetros como a utilização de ventilação mecânica e/ou natural, o tipo de fonte de energia para aquecimento e/ou arrefecimento (eletricidade, gás natural, etc.), entre outros.

Por fim, após a concepção do modelo estar completa, o desempenho energético do edifício pode ser determinado através de simulações dinâmicas para o período de tempo pretendido. No final de cada simulação o DesignBuilder proporciona uma análise detalhada do desempenho do edifício em relação a diversos parâmetros, apresentando todos os resultados em forma de gráficos, tabelas e/ou grelhas. É disponibilizado também um relatório final que apresenta os principais aspectos do desempenho energético do edifício permitindo uma análise mais generalizada

## Análise dos Resultados

Serão apresentadas as várias formas de exposição dos resultados, obtidos através das simulações no DesignBuilder, e o que eles significam. Desta forma pretende-se tornar mais fácil a interpretação dos resultados e a análise de cada caso para que possam ser tomadas as melhores decisões projetuais futuras.

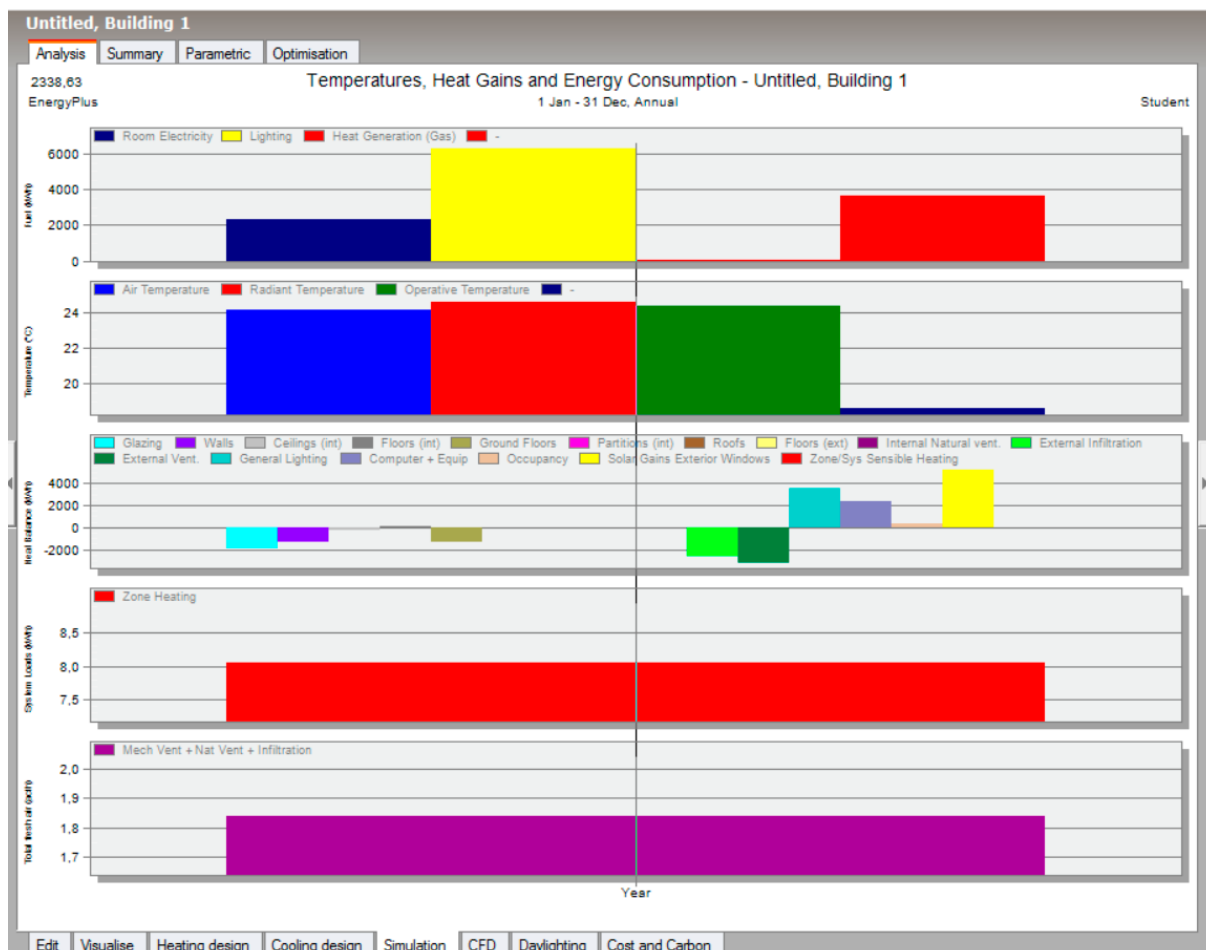


Figura 65 - Resultado das simulações para temperatura, ganhos de calor e consumo de energia. Fonte: adaptado pela autora.

As simulações anuais são efetuadas para um ano completo e os cálculos realizados hora a hora. Os dados podem ser consultados em gráfico, como na figura acima, ou sob forma de tabelas, no separador “*Summary*”. Estas simulações podem fornecer vários tipos de dados, como: variações de temperatura, cargas do sistema, renovações de ar por hora, ganhos de calor, consumo de energia, consumo de combustíveis, produção de CO<sub>2</sub>, mapa de iluminância, carbono embutido e custos. A seguir podemos ver algumas imagens de uma simulação utilizada para exemplificar o estudo do programa.

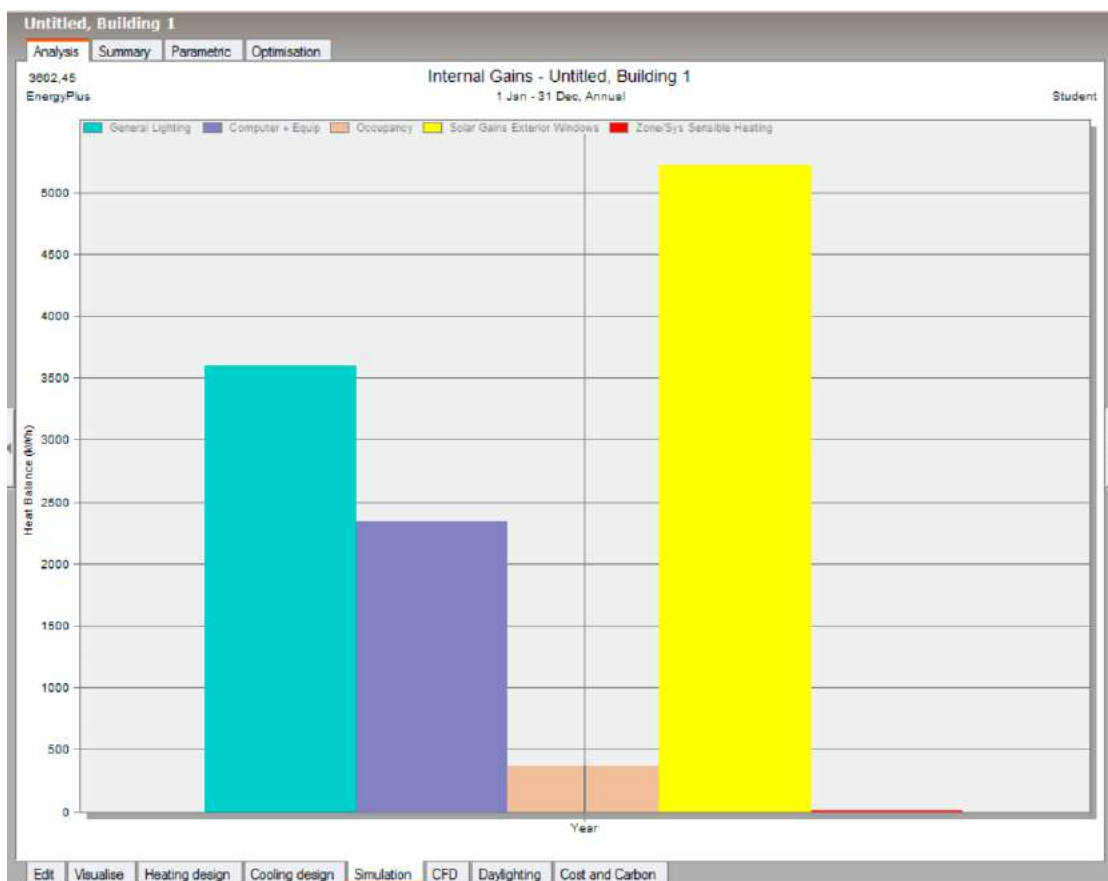


Figura 66 - Resultados da simulação para ganhos internos. Fonte: adaptado pela autora.

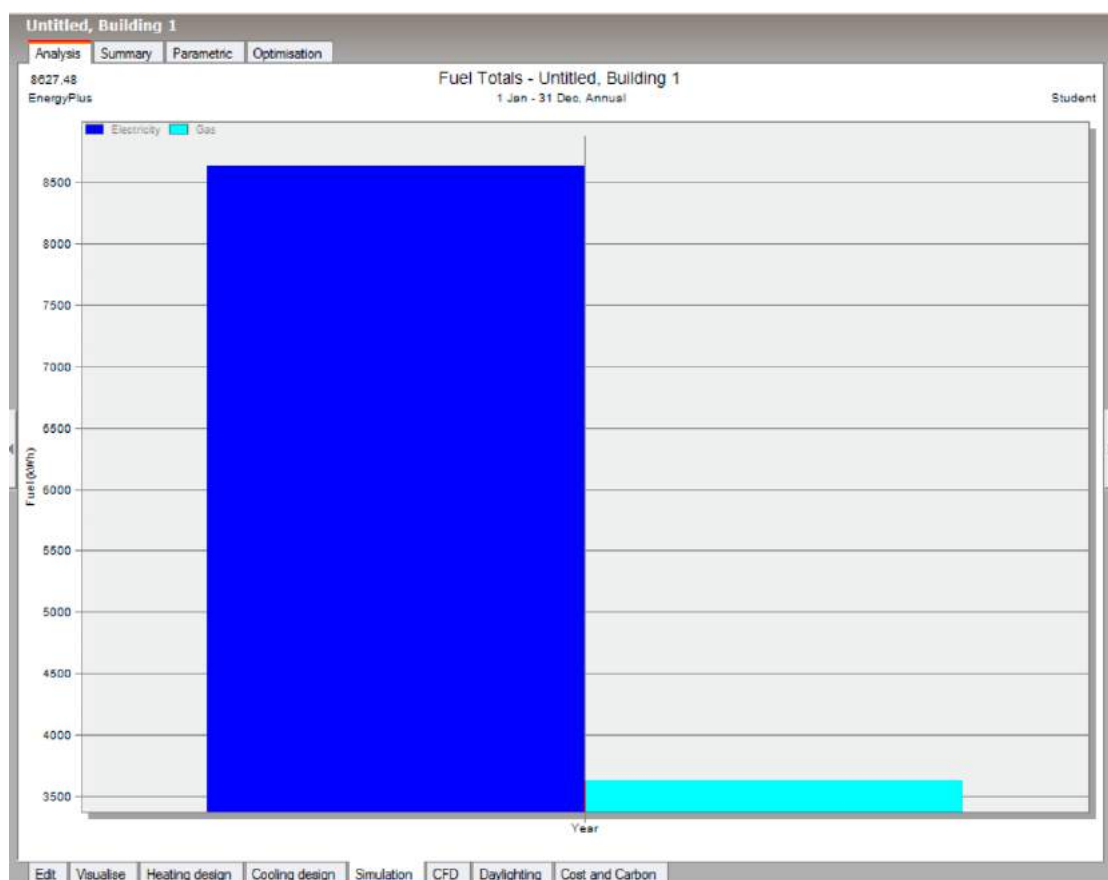


Figura 67 - Resultado da simulação para uso de combustíveis totais. Fonte: adaptado pela autora.

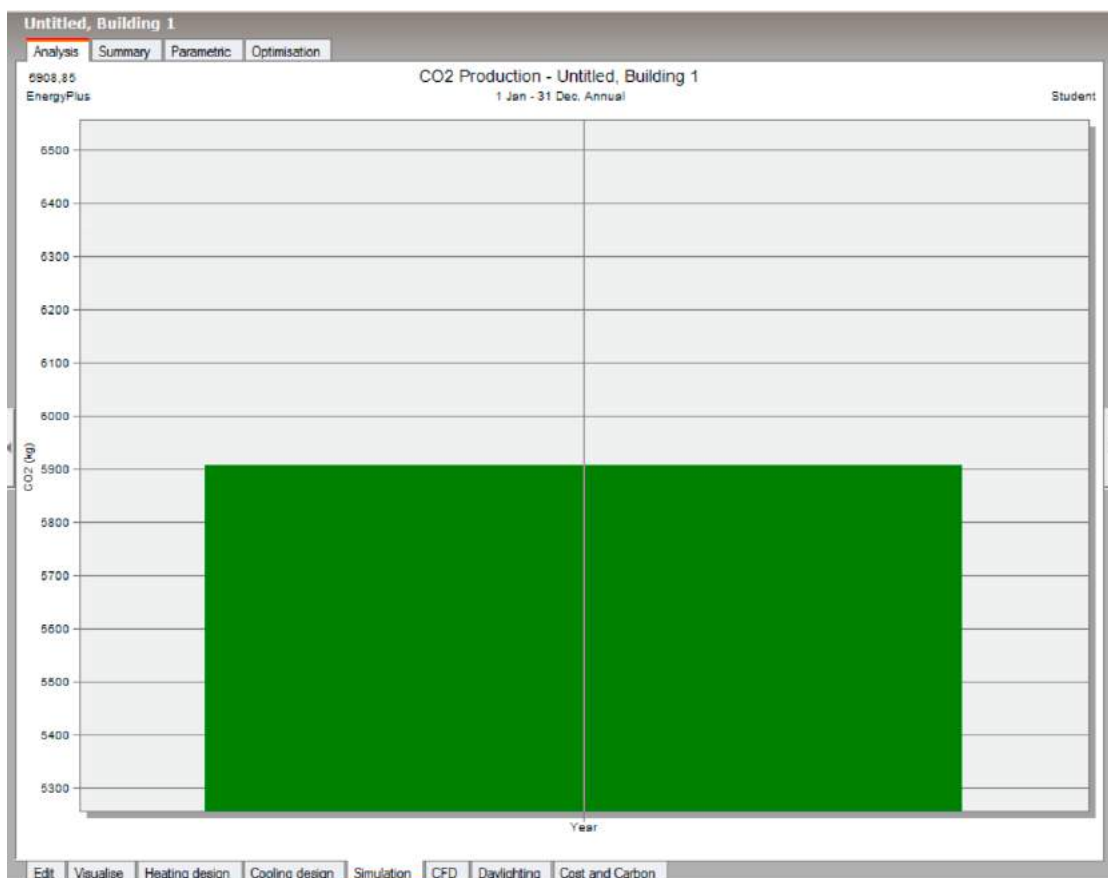


Figura 68 - Resultado da simulação para a produção de CO2. Fonte: adaptado pela autora.

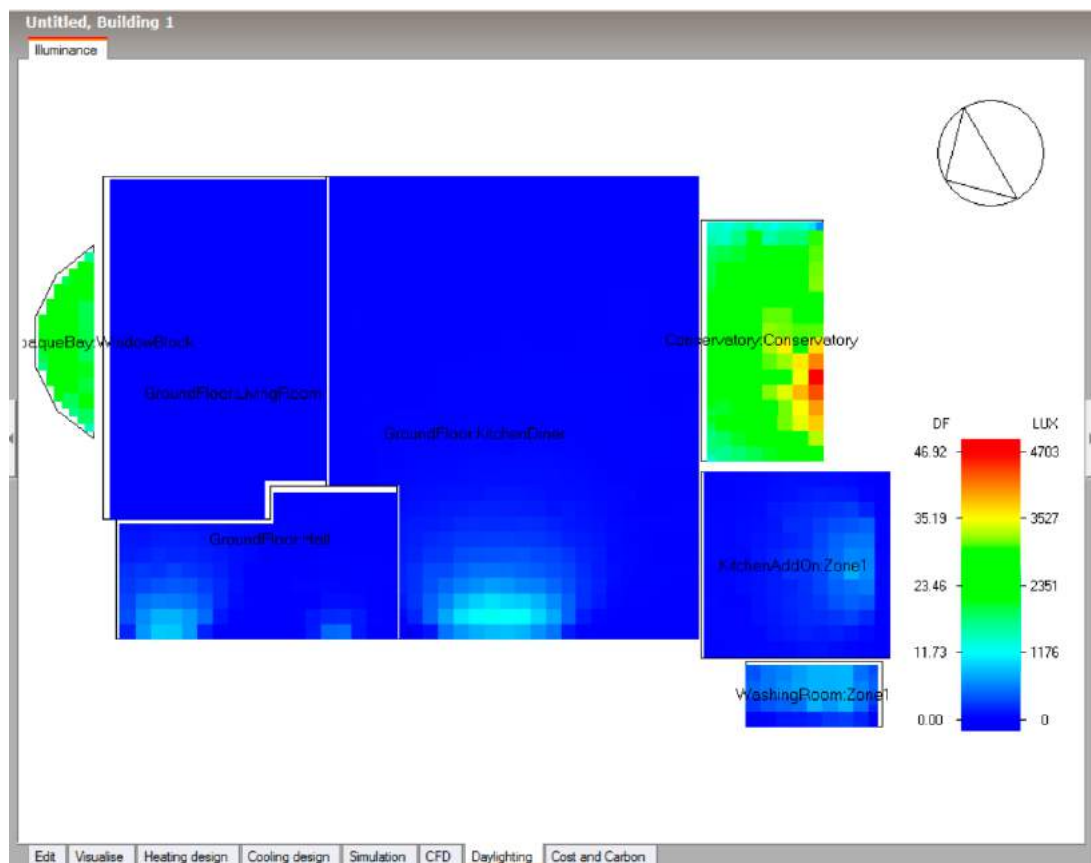


Figura 69 - Resultado da simulação para Iluminância. Fonte: adaptado pela autora.

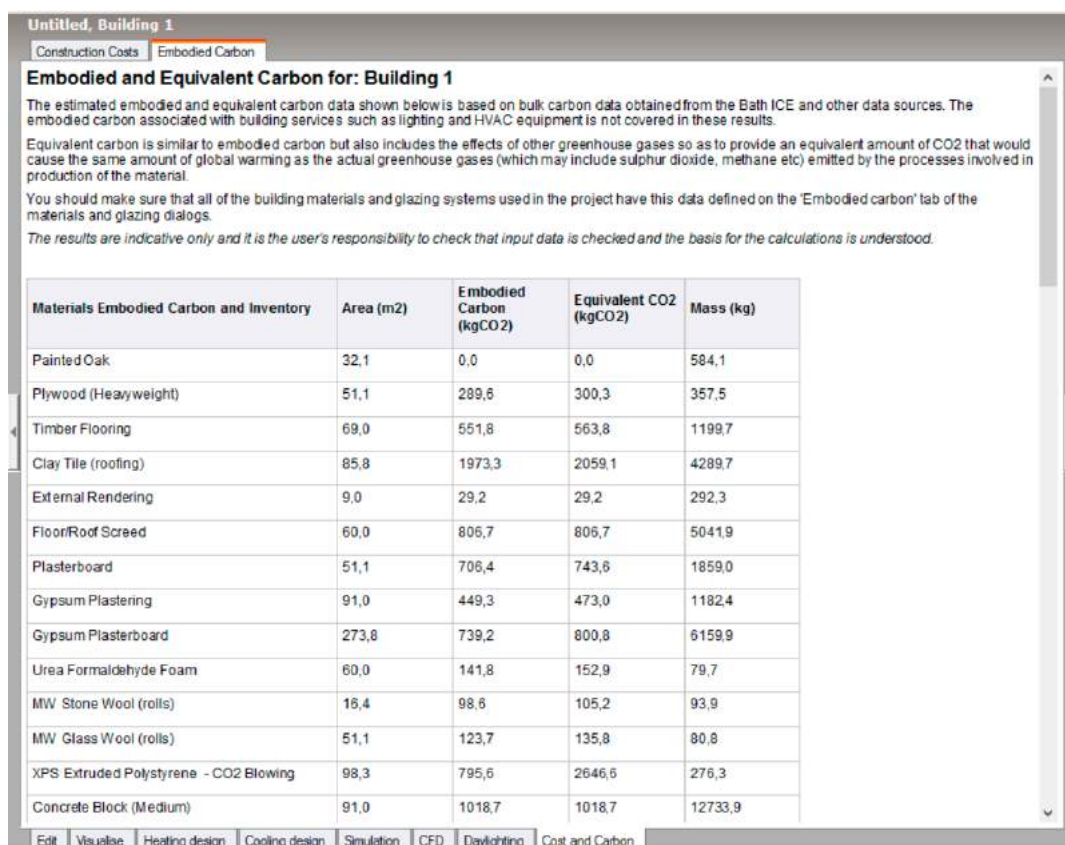


Figura 70 - Resultado da simulação para carbono embutido. Fonte: adaptado pela autora.

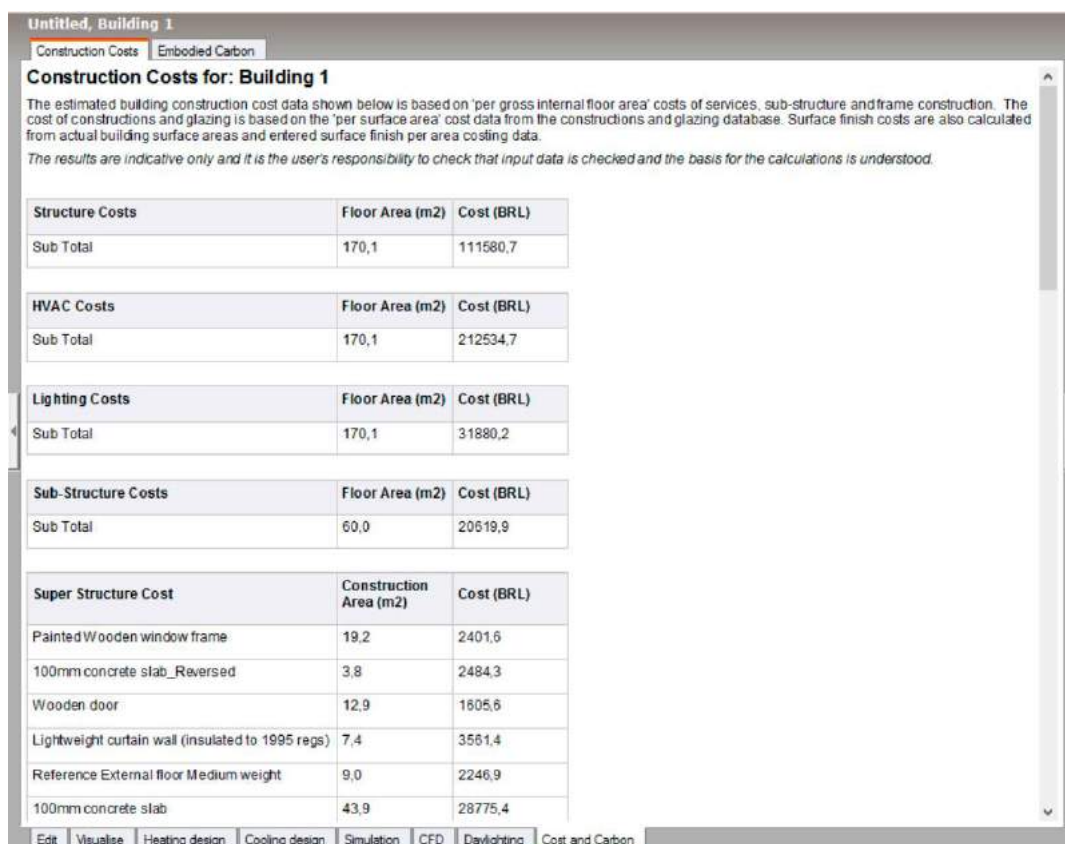


Figura 71 - Resultado da simulação para custo. Fonte: adaptado pela autora.

## Anexo I – ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS – ProjetEEE

Explicação das estratégias bioclimáticas que podem ser utilizadas na reabilitação do Príncipe Hotel.

### Piso – aquecimento solar passivo

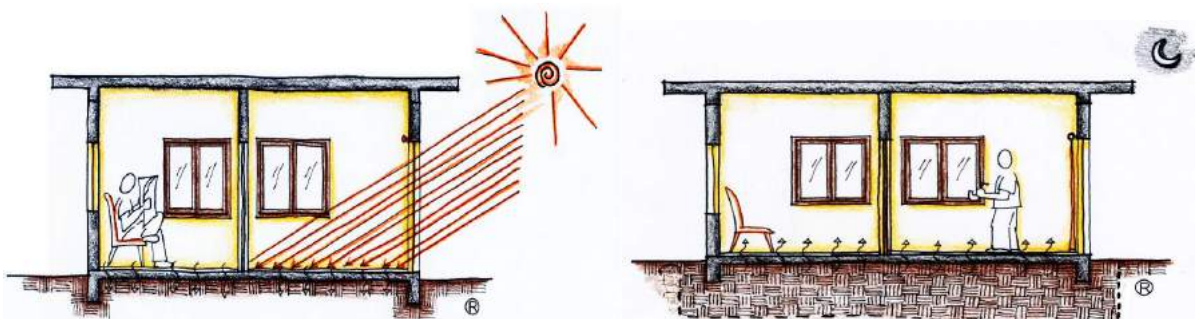


Figura 72 - Ilustração de como ocorre o aquecimento solar passivo do piso. Fonte: ProjetEEE.

Os materiais devem ser de alta capacidade térmica. Podem ser utilizados materiais tais como o concreto, o cascalho ou tijolos de reuso para agregar inércia ao componente.

Permita que a massa térmica do piso absorva calor durante o dia através da exposição à radiação solar direta. No caso dessa exposição não ser possível, a massa do piso pode ser exposta a fontes adicionais de aquecimento ambiental, como radiadores a gás ou elétricos.

O calor armazenado poderá ser re-irradiado para o interior da casa durante a noite. Quanto maior a inércia térmica maior o atraso térmico. São favoráveis os espaços internos com amplas janelas voltadas para norte (radiação solar de inverno para o hemisfério sul) permitindo a incidência de radiação solar sobre a massa de piso no período de inverno. O ideal é que as janelas sejam de vidro duplo para aumentar sua resistência térmica evitando grandes perdas noturnas.

Materiais cerâmicos apresentam alta capacidade térmica e sua cor escura natural contribui para a absorção da radiação solar. Nos quartos com boa exposição à radiação solar no inverno é útil conectar a massa térmica à terra. As bordas da laje devem ser isoladas em climas frescos e frios. A laje inteira deve ser isolada do contato da terra em climas frios, com a camada externa de isolamento ou deve ser providenciado isolamento da massa de terra integrada ao piso, para evitar as perdas de calor.

## Estufa

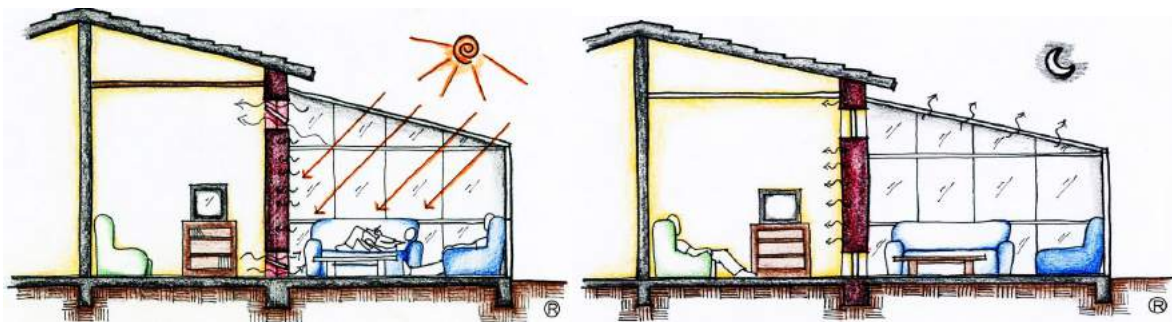


Figura 73 - Ilustração da estufa como reservatório térmico. Fonte: ProjetEEE.

Para ganho de calor indireto no ambiente utiliza-se um reservatório térmico (geralmente espaço não ocupado) agregado à edificação, assim como uma estufa ou *solarium*. Este reservatório térmico é composto por superfícies envidraçadas que permitem a entrada da radiação direta, mas sendo opacos à onda longa não permitem a saída do calor. Cortinas internas reflexivas reduzem também a perda de calor do inverno, diminuindo as perdas por radiação. No hemisfério sul este reservatório deve estar orientado para norte para exposição à radiação solar de inverno.

Em associação com elemento de elevada inércia térmica como uma parede divisória entre o *solarium* e o ambiente que se quer aquecer, os ganhos de calor são potencializados. A estufa, ou *solarium*, interna pode ser vantajosa, pois estará dividindo três paredes comuns, oferecendo a possibilidade de aquecer três espaços, e reduzindo a área de perda de calor noturna, pois apresenta só uma parede exposta ao ambiente externo. Utilizando aberturas inferiores e superiores nas paredes de maior massa aceleram-se as trocas térmicas por convecção.

A colocação dessas aberturas atende a necessidade de aquecimento diurno. As paredes também podem ser isoladas do ambiente interno com toda sua massa no interior da estufa e as trocas térmicas ficam totalmente dependentes do mecanismo de termocirculação passiva, através das aberturas inferiores e superiores. No verão é necessário proteger o reservatório e permitir ventilação adequada para minimizar o superaquecimento. Essa proteção pode ser obtida através do uso de vegetação de folhagem sazonal (que perca as folhas no inverno) ou de placas moveis de persianas externas.



## Paredes - aquecimento solar passivo

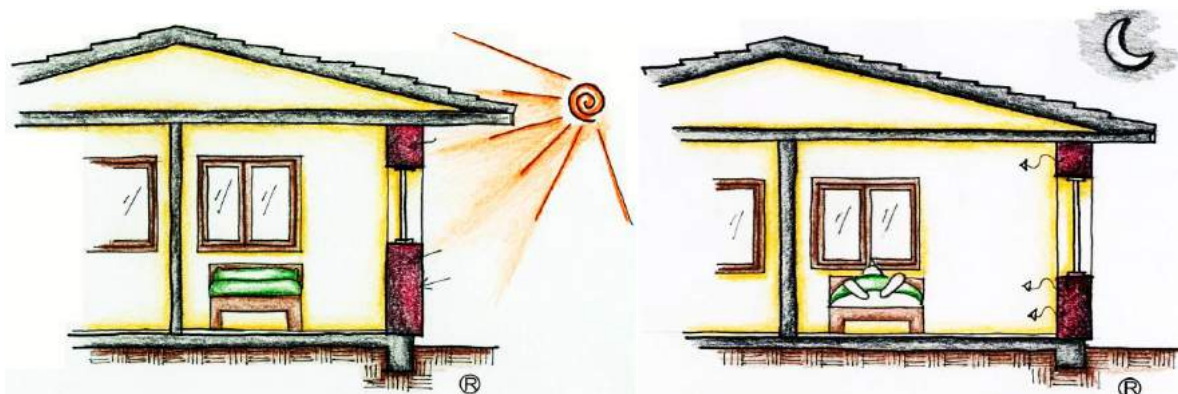


Figura 74 - Ilustração da troca de calor pelo aquecimento passivo das paredes. Fonte: ProjetEEE.

Materiais cerâmicos não esmaltados são ideais. Podem ser utilizados materiais tais como o concreto, o cascalho ou tijolos de reuso para agregar inércia ao componente. Utilizar paredes de elevada inércia térmica exposta à radiação solar direta. Aumentar a espessura do material de elevada capacidade térmica das paredes amplia ainda mais sua capacidade térmica e o atraso térmico.

No hemisfério sul deve-se direcionar as paredes de maior capacidade térmica para a orientação norte que recebe a insolação de inverno. Dependendo da latitude é necessário prever proteções solares que impeçam a radiação direta em períodos indesejáveis. Para potencializar os ganhos de calor a superfície externa da parede pode ser pintada com cores escuras, aumentando a absorção. As paredes de elevada inércia não devem ser cobertas internamente com materiais isolantes térmicos. A exposição destas paredes a fontes de aquecimento, tais como painéis radiantes, pode ampliar a carga térmica armazenada.

## Componente interno e aquecimento solar passivo

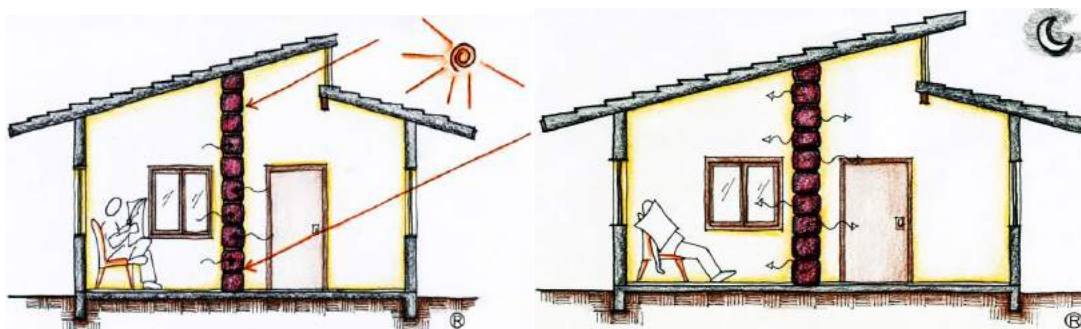


Figura 75 - Ilustração da troca de calor proporcionada pelo aquecimento solar passivo de componentes internos. Fonte: ProjetEEE

Localizar os elementos de maior inércia térmica no interior da edificação. A massa localizada no interior da edificação seja ela parede ou piso de elevada inércia térmica deve ser exposta a radiação solar direta, dessa forma o projeto arquitetônico deve prever dispositivos para permitir essa exposição.

Para edificações de um ou dois pavimentos essa solução pode ser alcançada através de aberturas zenitais voltadas a norte que no hemisfério sul recebe a insolação de inverno. A exposição da massa interna a fontes de aquecimento adicional, tais como painéis radiantes, pode ampliar a carga térmica armazenada. Nesse caso o envelope da edificação não precisa ser de elevada inércia, mas é recomendável que seja bem isolado externamente.

### Parede trombe

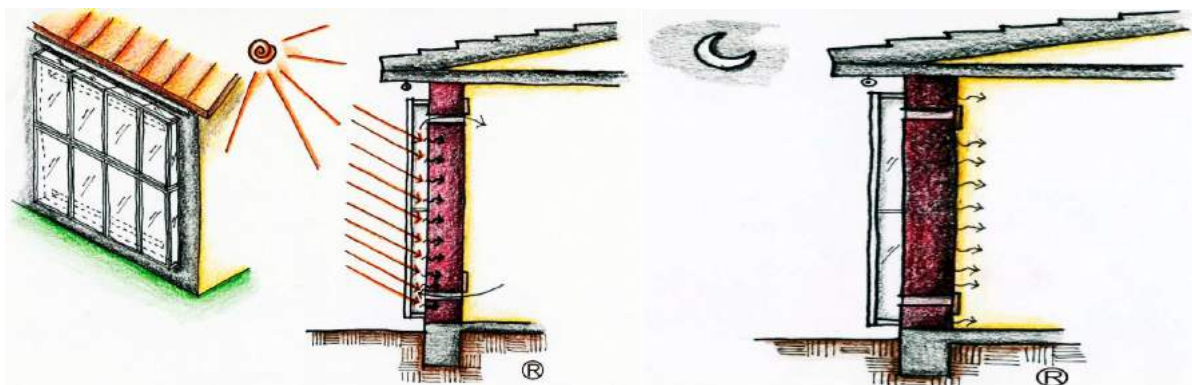


Figura 76 - Ilustração da troca de calor proporcionada pela parede trombe. Fonte: ProjetEEE.

A parede trombe consiste em uma parede de elevada inércia térmica voltada para insolação de inverno (norte) protegida externamente por uma camada de vidro separada por uma pequena câmara de ar não ventilada. O vidro, por ser opaco a onda longa, impede a saída do calor. A parede tem a função de captar e acumular energia proveniente da radiação solar. A captação pode ser potencializada com pintura da face externa da parede em cor escura (alta absortividade). A taxa de transferência térmica através da parede depende dos materiais e espessura da parede.

Utilizando aberturas inferiores e superiores nas paredes de maior massa aceleram-se as trocas térmicas por convecção. A colocação dessas aberturas atende a necessidade de aquecimento diurna. No verão é necessário sombrear a parede trombe e ventilar a câmara de ar que separa o vidro para minimizar o superaquecimento. Esse sombreamento pode ser obtido através do uso de vegetação de folhagem sazonal ou de

placas moveis de persianas externas. As paredes trombe devido a sua massa podem ser usadas como paredes estruturais e constituem boas barreiras acústicas.

### Efeito Chaminé

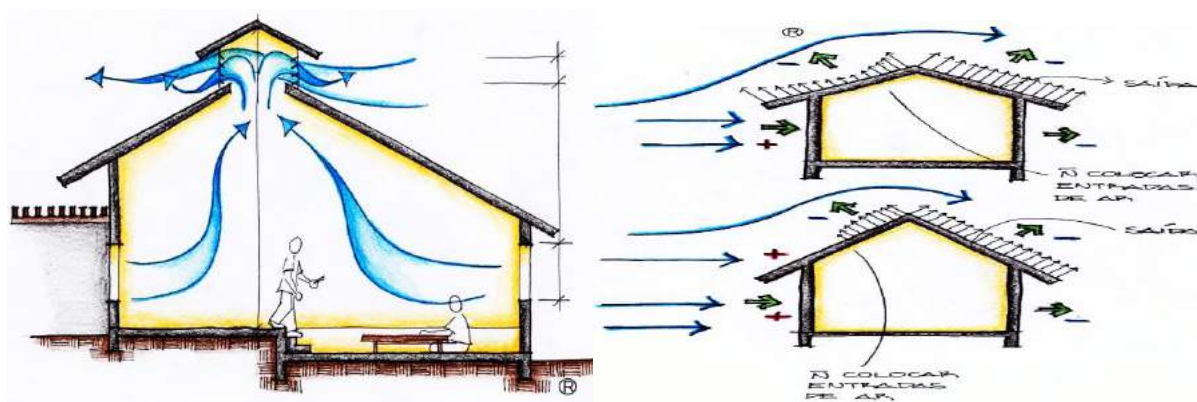


Figura 77 - Ilustração do efeito chaminé e de como utilizá-lo da melhor maneira. Fonte: ProjetEEE.

Nos períodos e climas nos quais não se pode contar com a presença dos ventos para ventilação natural como estratégia de resfriamento, é possível tirar partido do efeito chaminé para promover a ventilação. Aberturas em diferentes níveis podem gerar um fluxo de ar ascendente retirando o ar mais quente através de lanternins, exaustores eólicos e aberturas zenitais. A geometria da abertura de saída deve oferecer uma resistência mínima ao fluxo de ar ascendente, para permitir que o ar flua livremente para fora do edifício. O desempenho da saída de ar pode ser melhorado se posicionado em uma zona de sucção.

No caso de coberturas de pouca inclinação ( $<30^\circ$ ) tanto a face do telhado voltada para os ventos quanto a face oposta aos ventos estão sujeitas à sucção, onde na face voltada para os ventos o meio da cobertura está sujeito a uma menor pressão e consequentemente a uma menor sucção. Coberturas de maior inclinação estão sujeitas a pressão positiva na parte inferior da face voltada para os ventos, dessa forma o lado da cobertura voltado para os ventos não é um bom lugar para localização de aberturas zenitais de saída ou exaustores eólicos. Se as aberturas são localizadas no lado da cobertura voltado para os ventos ou em área de turbulência o efeito chaminé pode ser revertido, onde as saídas de ar passam a agir como entradas de ar de pouca eficiência. Para independência da orientação dos ventos a melhor localização das aberturas de saída é na cumeeira.

A ventilação cruzada na abertura de saída também é uma alternativa para impedir a reversão do efeito chaminé, independente da localização e orientação da zenital. Mecanismos tradicionais de aberturas zenitais com ventilação cruzada são a cúpula e o lanternim. Em condições de inverno é favorável que estas aberturas possam ser obstruídas e isoladas. Na ventilação por efeito chaminé, a ventilação é potencializada com o aumento da distância entre as aberturas inferiores e superiores.

A taxa do fluxo de ar é uma função da distância vertical entre as tomadas e as saídas de ar, de seu tamanho e da diferença de temperatura externa e temperatura média interna na parte mais alta do recinto. As taxas de ventilação por efeito chaminé são máximas quando a área de entrada é igual à área de saída. Edificações de pé-direito elevado e pavimentos com desníveis são mais favoráveis a ventilação por efeito chaminé. A altura efetiva do cômodo pode ser aumentada através de uma chaminé de ventilação no topo do prédio, aumentando a distância entre as tomadas e saídas de ar no sentido vertical. Ventiladores podem ser instalados no interior das chaminés auxiliando a ventilação quando o fluxo natural é insuficiente.

### Torres de Vento

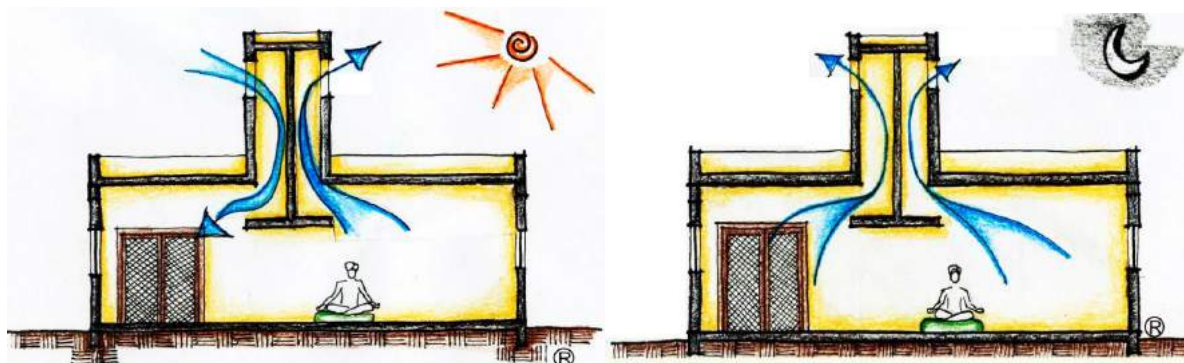


Figura 78 - Ilustração da renovação de ar proporcionada pelas torres de vento. Fonte: ProjetEEE

As torres de ventos são elementos bastante característicos da arquitetura árabe vernacular, mas têm sido utilizadas e reinterpretadas em numerosos exemplos da arquitetura contemporânea. Elas captam os ventos acima do nível da cobertura direcionando-os para o interior do edifício. A velocidade média dos ventos aumenta com a altura acima do solo, assim as torres de ventos tem a vantagem ainda de receber velocidades significativamente maiores e, portanto suas aberturas podem ser menores do que as janelas no nível térreo. Recomenda-se que as janelas de saída do ar tenham o dobro do tamanho das entradas de ar.

A utilização das torres de vento é bastante eficaz em edificações onde as janelas têm pouco acesso à ventilação. Uma vez que há menos anteparos, as torres de vento podem admitir ventos em qualquer direção, mas devem ser projetadas de acordo com a variação da direção dos ventos predominantes locais de verão. Se os ventos na região sopram constantemente da mesma direção com pouca variação anual então a abertura dos coletores pode ser perpendicular a direção dos ventos. Se os ventos variam entre direções opostas é necessário adaptar o coletor com dois lados opostos. Em alguns casos para evitar que os ventos cruzem o coletor é necessário colocar separações verticais no interior do coletor junto ao cume, e estas devem descer até o nível das aberturas de saída para evitar que os ventos percorram uma direção menor em direção ao outro lado da torre. Durante o dia elas funcionam como coletoras dos ventos e à noite, o processo é invertido e ela passa a funcionar como uma chaminé para exalar o ar do quarto.

### Janelas – ventilação cruzada

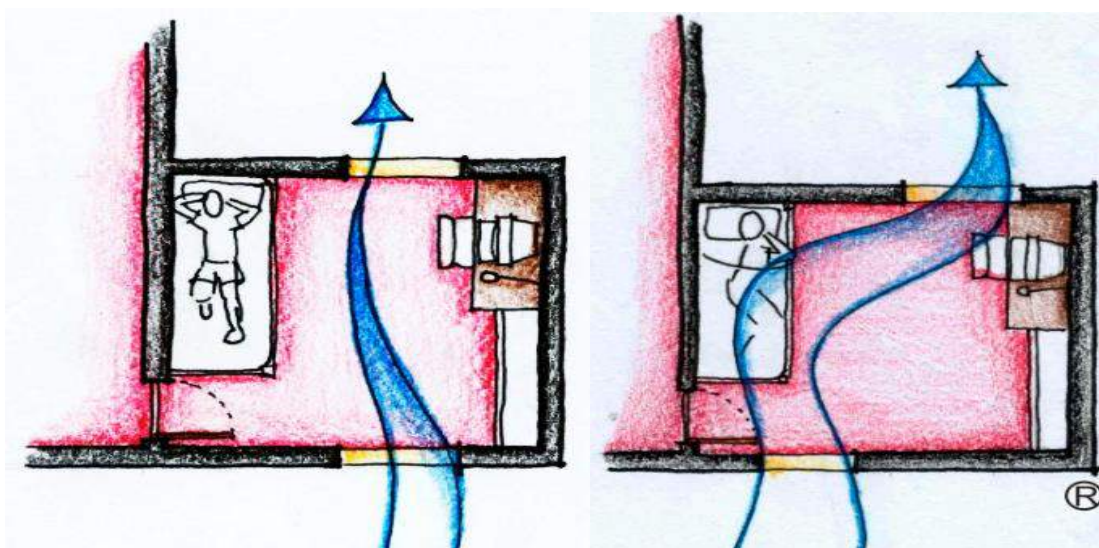


Figura 79 - Ilustração do fluxo de ar interno gerado pela ventilação cruzada. Fonte: ProjetEEE.

As janelas devem direcionar o fluxo de ar através da área de trabalho. O fluxo de ar interno será determinado pela posição das aberturas de entrada com relação ao exterior e das aberturas de saída com relação a corrente de ar interna. Se o vento é obrigado a mudar de direção dentro do ambiente uma maior parcela do ambiente será ventilada. A forma de abrir das janelas também é influente sobre o volume do fluxo de ar. Em relação ao fluxo de ar existem 2 tipos de esquadrias operáveis de janela:

- 1- pivotantes e dobráveis, que provocam o redirecionamento da corrente de ar de entrada;
- 2- de correr e duplo deslizamento, que operam no plano da parede e por isso não redirecionam o ar de entrada.

A capacidade de rotação de janelas pivotantes pode ser usada para direcionar as correntes de ar. As janelas de pivôs horizontais apresentam uma maior capacidade de ventilação. Porém são inadequadas em edificações de múltiplos andares, pois o ar aquecido na fachada que se eleva pela superfície pode ser desviado para o interior dos ambientes. As janelas pivotantes verticais apresentam uma capacidade de ventilação menor, mas podem ser apropriadas em faces paralelas a direção dos ventos, atuando na sua captação e redirecionamento. Frequentemente as janelas voltadas para o contato visual externo e para iluminação não estão em posição eficaz para a ventilação natural. Nesse caso, é possível incorporar aberturas operáveis especificamente posicionadas e projetadas para admitir quantidades controladas de ventilação.

### Ventilação em pátios internos

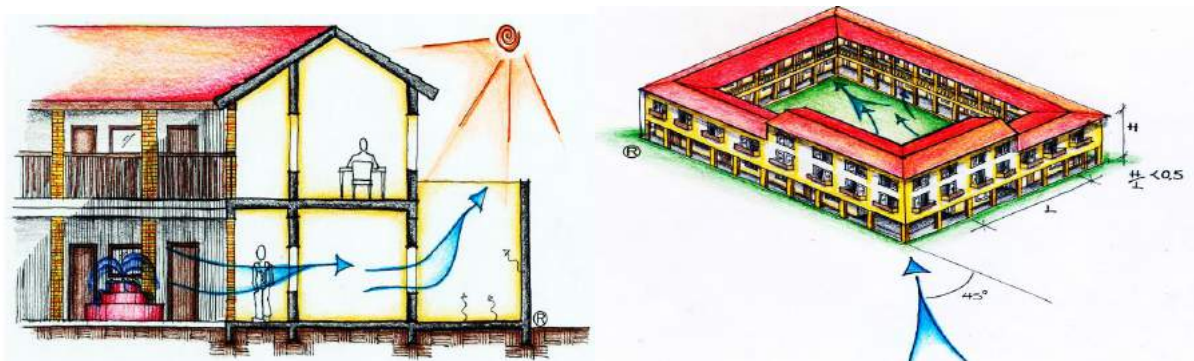


Figura 80 - Ilustração do pátio interno como fonte de ventilação. Fonte: ProjetEEE.

O pátio interno funciona como principal fonte de ventilação e iluminação natural em algumas regiões de acordo com o clima ou condições de implantação e urbanização. Um projeto incorreto pode causar uma elevação da temperatura e também prejudicar a ventilação dos ambientes voltados para ele. Em um pátio interno, a ventilação depende principalmente da proporção entre a altura da edificação e a largura do pátio em uma seção normal ao vento. Quando o pátio é orientado na direção nos ventos dominantes e a razão altura pela largura é menor que 0,5 acontecem algumas zonas de turbulência relativamente pequenas com fluxo livre através da maior parte do espaço. A orientação do pátio 45° em relação aos ventos predominantes é ideal para ventilação no pátio e

ventilação cruzada dos ambientes internos. A velocidade do vento no pátio aumenta quanto maior suas dimensões na orientação transversal ao vento e diminui quando menor é a altura no lado de pressão positiva.

É necessário destacar que dimensionando o pátio para ventilação de verão ele terá pouca proteção contra o sol, portanto devem-se empregar estratégias alternativas para sombreamento das superfícies internas. Utilizando fontes de água em pátios internos, o ar é resfriado pelo processo de evaporação, tornando-se mais denso e aumentando a pressão dentro do espaço fechado do pátio se este for sombreado, o que potencializa as correntes de convecção forçando o ar resfriado por aberturas voltadas para o pátio e a saída do ar quente através de aberturas de saída para o exterior.

Em alguns casos para acelerar as correntes de convecção são criados dois pátios, de um lado um pátio sombreado com fontes de água, para resfriar o ar, e no lado oposto, um pátio exposto à radiação solar, promovendo o efeito de termossifão, succionando o ar resfriado que entra pelo pátio sombreado. Deve haver aberturas na edificação voltadas para estes dois pátios, evitando obstáculos no seu interior para que o fluxo de ar percorra livremente o ambiente.

### Ventilação Mecânica

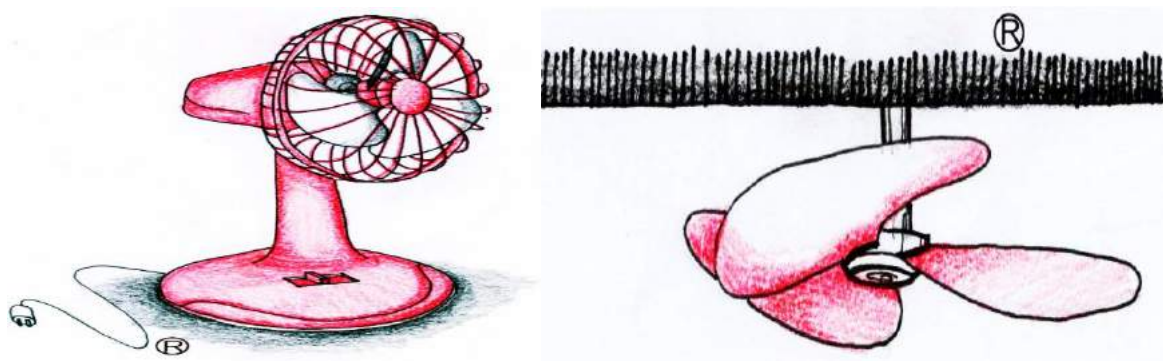


Figura 81 - Ilustração da ventilação mecânica. Fonte: ProjetEEE

Considerar o uso de ventiladores mecânicos como estratégia auxiliar. Os ventiladores do teto e de sistemas centrais podem proporcionar uma queda efetiva da temperatura de ar, com um décimo do consumo de energia elétrica dos sistemas de condicionamento de ar mecânicos. Se janelas operáveis forem usadas para a ventilação natural, sensores de janela devem ser usados para desligar o sistema mecânico de condicionamento de ar, se este existir.

## Isolamento térmico

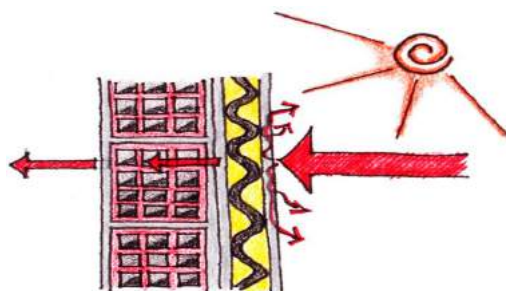


Figura 82 - Ilustração do sistema de isolamento térmico. Fonte: ProjetEEE.

Os sistemas de isolamento térmico são compostos por materiais de baixa condutividade e elevada resistência térmica, combinados para se atingir uma transmitância térmica global ainda menor do sistema. O efeito do isolamento térmico na temperatura interna está inter-relacionado à localização do isolante, à espessura e à cor externa da superfície e depende das variações diurnas da temperatura externa do ar. Em paredes ou coberturas de baixa resistência térmica, de edifícios não condicionados, o isolamento térmico adicional causa uma redução apreciável na temperatura interna diurna enquanto esta é elevada levemente à noite. Em relação à localização da camada isolante, segundo GIVONI (1976) a camada colocada externamente apresenta melhor rendimento, pois reduz o montante de calor que penetraria no ambiente durante o dia. Em relação à espessura da camada de isolamento a temperatura máxima interna pode ser reduzida de 3 a 13°C, porém seu efeito reduz progressivamente com o aumento da espessura. A cobertura é o componente mais exposto à radiação solar direta e, portanto, exerce um papel fundamental, principalmente para edifícios horizontais, uma vez que, os edifícios em altura exigem mais cuidados com a fachada. O tipo de cobertura, plana ou inclinada, a orientação e camadas da cobertura inclinada e o forro ou teto do piso superior, todos esses fatores devem ser planejados de acordo com as características climáticas. Em coberturas duplas (telha e forro), comumente utilizadas no setor residencial, a performance térmica é influenciada não só pelo material e a cor externa da cobertura mas também pelas condições de ventilação no espaço intermediário e pela resistência térmica das 2 camadas. Em coberturas de telha torna-se complicado aplicar o isolamento na parte externa da cobertura, nesse caso, o isolante deve ser colocado preferencialmente sobre a laje ou forro da cobertura, ou também abaixo da telha. O espaço de ar entre os dois (ático) deve ser ventilado no verão, mas fechado no inverno. É importante observar que em edifícios com elevada geração de calor interna,



como edifícios comerciais, o isolamento térmico pode não exercer a influência pretendida na temperatura máxima interna com o edifício ocupado. O calor gerado internamente ficará retido internamente se o edifício não for bem ventilado. Dessa forma este tipo de edifício deve apresentar um sistema eficiente de ventilação, ou de exaustão do ar quente, para alcançar os benefícios pretendidos.



COLE AQUI O ENVELOPE COM O DC-ROM OU DVD\_ROM