

Universidade Federal de Alagoas
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Dinâmica do Espaço Habitado

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação de Mestrado

**Influência de medidas de conservação de energia no desempenho
energético: Estudo de caso de um hotel econômico de pequeno
porte em Maceió-AL.**

Natalia Moura Gomes Leal

Maceió, 2018

Universidade Federal de Alagoas
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Dinâmica do Espaço Habitado

Mestrado em Arquitetura e Urbanismo

Natalia Moura Gomes Leal

Influência de medidas de conservação de energia no desempenho energético: Estudo de caso de um hotel econômico de pequeno porte em Maceió-AL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Dra. Juliana Oliveira Batista

Maceió, 2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB: 1664

L434u Leal, Natália Moura Gomes.
Influência de medidas de conservação de energia no desempenho energético:
estudo de caso de um hotel econômico de pequeno porte em Maceió-AL / Natália
Moura Gomes Leal– 2018.
181 f.: il. Color., grafs., tabs.

Orientadora: Juliana Oliveira Batista.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço
Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió,
2018.

Bibliografia: f. 133-139.

Apêndices: f. 140-177.

Anexos: f. 178-181.

1. Eficiência energética. 2. Hotéis econômicos. 3. Conservação de energia.
4. Simulação computacional termo energética. 5. Envoltória
I. Título.

CDU: 728.51



Universidade Federal de Alagoas
 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
 Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Mestrado Dinâmicas do Espaço Habitado



Ata da 166ª (centésima sexagésima sexta) Sessão Pública de Defesa de Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas.

Aos onze dias do mês de abril do ano de dois mil e dezoito, às quatorze horas, na Sala de aula do LCCV, reuniu-se conforme a Resolução nº. 50/2014-CONSUNI/UFAL, que regulamenta os Programas de Pós-Graduação "stricto sensu" da UFAL, a Banca Examinadora homologada pelo Colegiado do Programa e composta pelos Professores Doutores **Juliana Oliveira Batista** (UFAL), orientadora da candidata e Presidente da Banca Examinadora, **Solange Virginia Galarça Goulart** na qualidade de Examinador Externo (UFRN), **Fernando Antonio de Melo Sá Cavalcanti** (UFAL) e **Odair Barbosa de Moraes** (UFAL), na qualidade de Membros Titulares, para julgamento da Dissertação de Mestrado de **Natalia Moura Gomes Leal**, sob título "**Influência de medidas de conservação de energia no desempenho energético: Estudo de caso de um hotel econômico de pequeno porte em Maceió-AL**", orientada pela Prof. Dr. Juliana Oliveira Batista. A Sessão Pública foi aberta pela orientadora da candidata, Profª. Drª. JULIANA OLIVEIRA BATISTA que fez a apresentação da candidata a mestre e dos demais membros da Banca Examinadora; em seguida, iniciou a sessão concedendo a palavra à candidata a mestre para a apresentação do seu trabalho de conclusão do mestrado. Concluída a exposição, o Presidente da Sessão convidou a Profª. Drª. SOLANGE VIRGÍNIA GALARÇA GOULART para iniciar os comentários e arguições, sendo depois seguido pelos Professores Doutores FERNANDO ANTONIO DE MELO SÁ CAVALCANTI e ODAIR BARBOSA DE MORAES. Por fim, a Profª. JULIANA OLIVEIRA BATISTA teceu seus comentários como orientadora da candidata. Concluídas as arguições e comentários dos examinadores, a palavra foi concedida à candidata a mestre para suas réplicas. Concluída a fase das arguições, a Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta para avaliar o trabalho apresentado pela candidata, deliberando pela **APROVAÇÃO** da mestranda, conforme o Artigo 37º do Regimento do DEHA/UFAL. Nada mais havendo a tratar lavrou-se a presente ata, que, depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora. Maceió, 11 de abril de dois mil e dezoito.

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
 ARQUITETURA E URBANISMO
 DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CONFERE COM O
 ORIGINAL

19/07/2018

Maria Cristina Soriano Nunes
 Assistente em Administração
 FAU/UFAL - Campus A. C. Simões
 SIAPE: 2035522

Confirmação de entrega
 Andy Lúcio Silva Leite
 Assistente em Administração DEB/DRE/UFAL
 Matrícula SIAPE: 112041/16

Juliana Oliveira Batista
 Solange Goulart
 Odair Barbosa de Moraes

Solange Goulart

Aos meus três pilares: meu marido, minha mãe e minha irmã, que me ajudaram e aguentaram
meu nervosismo dos últimos meses.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, pela paciência, apoio, ajuda e compreensão desde sempre e por ter me incentivado a perseguir meu sonho. Obrigada pelas consultorias no Excel, por seus comentários edificantes acerca do meu trabalho e pela parceria de uma vida.

À minha mãe por ter me acalentado, abrigado e por ser minha âncora, meu modelo de pessoa e peça chave na minha vida e em meu trabalho. Obrigada pelo apoio incondicional, pela fonte de informações interminável e pelo seu amor e carinho durante toda a minha vida.

À minha irmã pela preocupação, paciência e ajuda com a dissertação. Obrigada pela ajuda na pesquisa de campo, pela companhia para estudar nos fins de semana e pela paciência com meu “mau humor dissertativo”.

À minha orientadora por ter me guiado como um anjo. Obrigada pelas contribuições, empenho e paciência comigo e com minhas ansiedades. Obrigada pela parceria, eu não poderia ter sido orientada por ninguém melhor.

Aos integrantes do GECA e do GATU por compartilharem conhecimento e me ajudarem com o dia a dia e com os detalhes da dissertação.

Aos professores Fernando Cavalcanti e Odair Barbosa por terem me ajudado com o conteúdo da dissertação, com a análise dos dados e com a construção de linhas de pensamento.

Obrigada a toda a equipe do Hotel Ciribaí por ter me acolhido e me ajudado na busca das informações necessárias para o meu trabalho. Ele não seria possível sem vocês.

Obrigada a todos os hotéis que aceitaram participar da pesquisa e que me receberam de braços abertos. Aprendi muito com os gestores e cresci profissionalmente com a experiência de vocês.

À ABIH, a SEDETUR e a Eletrobrás por terem cedido informações importantes e fundamentais para o comprimento desse trabalho.

À CAPES, pela bolsa de estudos que permitiu a realização dessa jornada.

RESUMO

O consumo de energia elétrica de um meio de hospedagem pode representar cerca de 15% dos custos operacionais da empresa. Pesquisas anteriores comprovaram que o gasto energético dos hotéis está diretamente relacionado com a infraestrutura disponível no estabelecimento (por exemplo: piscinas, bares, restaurantes, academia, entre outros.), com a quantidade de unidades habitacionais (UH's), com a razão entre a área de piso e a cobertura, com a categoria do meio de hospedagem e com o clima em que o meio de hospedagem está inserido. Contudo, devido à competitividade mercadológica e a necessidade de criar diferenciais de produtos, os hotéis possuem infraestrutura de serviços diversificados com o objetivo de atrair e fidelizar o público alvo, dificultando o estudo energético do setor. Representando uma exceção, os meios de hospedagem econômicos possuem infraestrutura de serviços mínimas e características arquitetônicas semelhantes com a finalidade de garantir preços acessíveis e um ambiente confortável para o seu público alvo. Dessa forma, essa categoria de meio de hospedagem possibilita a análise do consumo energético e conseqüentemente o estudo sobre eficiência energética. O objetivo da pesquisa é identificar medidas de conservação de energia, através das análises paramétricas de composição da envoltória, que permitam a redução do consumo em um hotel representativo da categoria econômica de pequeno porte situado na cidade de Maceió - AL. Para o desenvolvimento do estudo foi realizado levantamento do estado da arte, levantamento de dados do espaço amostral do objeto de estudo (hotéis econômicos de pequeno e médio porte da cidade Maceió), visitas à exemplares hoteleiros da amostra do estudo, escolha de um hotel para realização do estudo de caso, avaliação pós-ocupação com aplicação de questionários e entrevistas aos usuários do objeto de estudo e por fim, simulação computacional com o software EnergyPlus v. 8.7.0. Essa última é uma ferramenta que permite a construção de cenários não edificados com a possibilidade de manipulação de fatores ambientais e construtivos. Os elementos elencados para realização de análise paramétrica na simulação computacional foram: absorvância e transmitância das paredes e coberturas, fator solar das esquadrias e temperatura de *setpoint* do ar-condicionado. A escolha do hotel que serviu de modelo para a pesquisa levou em consideração a sua representatividade dentro do universo de estudo. O estabelecimento possui 3 andares, 39 apartamentos e capacidade para 100 hóspedes. Os resultados mostraram que aplicar medidas de conservação de energia na cobertura da edificação estudada acarreta em uma melhor economia energética do que aplicar medidas nas superfícies verticais de envoltória e que quanto maior a temperatura média mensal externa da cidade, maior o potencial de economia de energia proveniente das medidas. A maior economia de energia observada foi proveniente do aumento da temperatura de resfriamento dos aparelhos de ar-condicionado, tendo essa medida um potencial de economia mensal de até 15,5%. Já a respeito das propostas acerca do *retrofit* predial, pode-se concluir que ao modificar transmitâncias e absorvâncias das paredes e cobertura, bem como diminuir o FS das esquadrias, o potencial de economia de energia máximo mensal observado foi de 9,8%.

Palavras-chaves: Eficiência energética; Hotéis Econômicos; Conservação de energia; Simulação Computacional Termo energética; Envoltória.

ABSTRACT

The power consumption of a lodging can represent 15% of the company's operating costs. Previous research has shown that the energy expenditure of the hotels is directly related to the infrastructure available in the establishment (for example, swimming pools, bars, restaurants, gym, among others), with the number of housing units (UH's), with floor/roof ratio area and coverage, with the category of the lodging, with the climate in which the building is inserted. However, due to market competitiveness and the need to create product differentials, hotels have diversified service infrastructures with the objective of attracting and retaining the target public, making it difficult to study the energy sector. As an exception, economic hosting facilities have minimal infrastructure services and similar architectural features to ensure affordable pricing and a comfortable environment for its target audience. In this way, this category of lodging allows the analysis of energy consumption and consequently the study of energy efficiency. The objective of this research is to identify energy conservation measures that allows the reduction of consumption in a representative hotel of the small economic category situated in the city of Maceió – AL, through the parametric analysis of the composition of the building envelope. For the study development it was carried out a survey of the bibliographic reference, data collection of the sample space of the study object (small and medium-sized hotels of Maceió city), visits to the sample hotels, choice of a hotel for the case of study, post-occupation evaluation with application of questionnaires and interviews to its users and finally, computational simulation with EnergyPlus v. 8.7.0 software. The latter is a tool that allows the construction of virtual scenarios with the possibility of manipulation of environmental and construction factors. The elements listed for performing parametric analysis in the computational simulation were: absorptance and transmittance of walls and roofs, solar factor of the fenestration and setpoint temperature of the air-conditioning. The choice of the hotel that served as a model for the research took into consideration its representativeness within the universe of study. The establishment has 3 floors, 39 apartments and capacity for 100 guests. The results showed that applying energy conservation measures in the roofs of the building entails a better energy saving than applying measures on the vertical surfaces of the enclosure and that as higher the external average monthly temperature, the greater energy saving potential coming from the measurements. The highest energy savings observed came from the higher cooling setpoint temperature setting of the air conditioners, with a monthly savings potential of up to 15.5%. Regarding the proposals on retrofit, it can be concluded that when modifying transmittance and absorptance of walls and roofs, as well as decreasing the solar factor of the fenestrations, the maximum monthly energy saving potential observed was 9.8%.

Keywords: Energy efficiency; Economic Hotels; Energy conservation; thermoenergetic computer simulation; Building envelope.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Estimativa dos gastos do setor de meios de hospedagem com serviços de utilidade pública - Alagoas e Brasil (Fonte: EMBRATUR/MTur, 2006)..... | 2 |
| Figura 2 - IDF Editor do EnergyPlus 2.13 (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 34 |
| Figura 3 - PlugIn do OpenStudio para SketchUp (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 35 |
| Figura 4 - Interface do software OpenStudio (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 35 |
| Figura 5 - Descrição das características termo físicas e densidade de cargas térmicas da pesquisa de Santana (Fonte: SANTANA, 2006, p. 85). | 36 |
| Figura 6 - Descrição das propriedades dos materiais admitidos para a pesquisa de Santana (Fonte: SANTANA, 2006, p. 87). | 37 |
| Figura 7 - Ilustração das zonas térmicas separadas por regiões (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 47 |
| Figura 8 - Alcance aceitável da temperatura operativa e da umidade em espaços internos (Fonte: ASHRAE STANDARD 55, 2004). | 49 |
| Figura 9- Rosa dos ventos retratando a ocorrência média anual (Fonte: MAIA, 2016, 9. 69). 51 | |
| Figura 10- Volumetrias existentes em função da quantidade de pavimentos (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 54 |
| Figura 11- Localização do Hotel Ciribaí (Fonte: Google Earth, 2017). | 65 |
| Figura 12- Localização do Hotel Ciribaí, em vermelho a "parte antiga" do estabelecimento e em amarelo a "parte nova", pós reforma/ampliação (Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015). | 65 |
| Figura 13- Planta baixa do Hotel Ciribaí com destaque para as áreas condicionadas artificialmente no térreo (a), primeiro andar (b) e segundo andar (c) (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 67 |
| Figura 14- Fachada principal e fachada lateral do objeto de estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 68 |
| Figura 15- Esquadria preta com película opaca à esquerda), e esquadria bronze com vidro refletivo, à direita. (Fonte: Acervo do Hotel Ciribaí, 2017)..... | 68 |
| Figura 16- Quarto com esquadrias em madeira da parte “antiga” do hotel (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 68 |
| Figura 17- Croqui volumétrico do entorno do caso base, em roxo as edificações do entorno do hotel e seta apontando para a localização do Hotel Ciribaí (Fonte: Acervo da Autora, 2017). 70 | |
| Figura 18- Modelo volumétrico do caso de referência (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 74 |
| Figura 19 - Zonas térmicas do térreo - ZT 01 a ZT 24 (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 77 |
| Figura 20 - Zonas térmicas do 1º Pavimento - ZT 25 a ZT 64 (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 77 |
| Figura 21 - Zonas térmicas do 2º pavimento - ZT 65 a ZT 78 (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 78 |
| Figura 22 - Rotina de Ocupação dos Apartamentos Clientes – Turistas (à esquerda); rotina de ocupação dos apartamentos dos clientes executivos (à direita) (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 79 |

| | |
|--|-----|
| Figura 23 - Rotina de Trabalho - Setor Administrativo (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 80 |
| Figura 24 - Ilustração da parede de envoltória do caso 6 (Fonte: Acervo da Autora, 2018). .. | 83 |
| Figura 25 - Ilustração da parede de envoltória do caso 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)... | 85 |
| Figura 26 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo dos casos base, 1, 2, 4, 5, 6 e 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 100 |
| Figura 27 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo do caso 8 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 100 |
| Figura 28 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo dos casos 3 e 9 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 101 |
| Figura 29 - Esquema ilustrativo dos fluxos de calor nos casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 122 |
| Figura 30 - Mapas de consumo energético total anual dos compressores, comparativo entre os casos base e eficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 125 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Estoque de Hotéis e quartos no Brasil (Fonte: Adaptado de JLL, 2016, p. 7). | 2 |
| Gráfico 2- Percentual de meios de hospedagem disponíveis no estado de Alagoas - por região turística (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 5 |
| Gráfico 3- Percentual e quantidade de UH's dos Meios de Hospedagem de Maceió por categoria (Fonte: Adaptado de SEDETUR, 2017). | 6 |
| Gráfico 4 - Distribuição de Estabelecimento Econômicos de Pequeno e Médio Porte x Bairro. (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 7 |
| Gráfico 5- TBS – Temperatura Média em Maceió-AL. Onde $T_n \text{ máx} = \text{temperatura neutra} + 2,5^\circ\text{C}$ e $T_n \text{ mín} = \text{temperatura neutra} - 2,5^\circ\text{C}$ (Fonte: PASSOS, 2009, p. 88). | 50 |
| Gráfico 6- Temperatura Média Compensada Mensal em Maceió para os anos de 2015 e 2016 (Fonte: INMET, S/D). | 51 |
| Gráfico 7- Horas de insolação total mensal em Maceió – Normais Climatológicas (Fonte: Acervo da Autora, 2016). | 52 |
| Gráfico 8- Horas de insolação total mensal em Maceió para os anos de 2015 e 2016 (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 52 |
| Gráfico 9- Cartas solares com indicação das temperaturas do ar de janeiro a 21 de junho (a); e de 21 de junho à dezembro (b) (Fonte: Software Sol-Ar, S/D). | 53 |
| Gráfico 10 - Histograma – Número de UH's (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 54 |
| Gráfico 11- Volumetria Predominante (Fonte: Acervo da Autora, 2016). | 55 |
| Gráfico 12- Orientação das Fachadas Principais de todo o universo do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 55 |
| Gráfico 13- Coloração predominantes das fachadas principais dos hotéis pertencentes a amostra do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 56 |
| Gráfico 14- Faixa de absorvância encontrada nas Fachadas Principais (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 57 |
| Gráfico 15- Percentual de Abertura na Fachada Principal dos hotéis da amostra do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 57 |
| Gráfico 16- Consumo médio anual, medido pela concessionária de energia, 2016 como ano de referência (Fonte: Acervo da Autora). | 58 |
| Gráfico 17- Ocupação média mensal dos empreendimentos visitados (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 59 |
| Gráfico 18 - Dados comparativos entre consumo e ocupação média mensal para o ano de 2015 (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 64 |
| Gráfico 19 - Dados comparativos entre consumo e ocupação média mensal para o ano de 2016 (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 64 |
| Gráfico 20- Exposição à radiação solar direta, por ambiente, tomando como base o dia 22 de dezembro (Verão) (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 71 |
| Gráfico 21- Exposição à radiação solar direta, por ambiente, tomando como base o dia 21 de junho (Inverno) (Fonte: Acervo da Autora, 2017). | 71 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 22 - Schedule da rotina de ocupação dos clientes padronizado (Fonte: Acervo da Autora, 2017)..... | 79 |
| Gráfico 23 - Comparação entre o consumo de energia do caso base e da edificação real e a temperatura média mensal do arquivo climático (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 87 |
| Gráfico 24 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 1 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 87 |
| Gráfico 25 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 1 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 88 |
| Gráfico 26 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 3 (Fonte: Acervo das autoras, 2018)..... | 88 |
| Gráfico 27 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 4 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 89 |
| Gráfico 28 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 5 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 89 |
| Gráfico 29 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 6 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 90 |
| Gráfico 30 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 6 e 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 90 |
| Gráfico 31 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 3 e 8 (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 92 |
| Gráfico 32 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 3, 8 e 9 (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 92 |
| Gráfico 33 - Comparação e variação dos indicadores de consumo anual por área entre os casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 93 |
| Gráfico 34 - Comparação do consumo por uso final entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 95 |
| Gráfico 35 - Consumo energético mensal dos casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 96 |
| Gráfico 36 - Comparação da distribuição percentual das principais fontes de ganho de calor entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 97 |
| Gráfico 37 - Comparação dos componentes de ganho de calor das superfícies opacas entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 98 |
| Gráfico 38 - Comparação das cargas de pico de resfriamento do sistema de cobertura entre os casos do primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 99 |
| Gráfico 39 – Consumo de energia dos compressores dos climatizadores artificiais por região do objeto de estudo – comparação entre casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018)..... | 101 |
| Gráfico 40 - Desconforto dos usuários para vestimenta de verão, comparativo entre as regiões do hotel e dos casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 104 |
| Gráfico 41 - Consumo de energia por unidade de área e variações percentuais entre os casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 107 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 42 – Diferença de consumo energético mensal entre cada caso do 2º bloco de simulações e o caso base, valores em kWh (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 108 |
| Gráfico 43 - Comparação dos consumos por uso final entre os casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 109 |
| Gráfico 44 - Comparação da distribuição percentual das principais fontes de ganho de calor entre os casos simulados no segundo bloco e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 109 |
| Gráfico 45 - Comparação do ganho de calor por componente das superfícies opacas entre os casos do segundo bloco e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 110 |
| Gráfico 46 - Ganho de calor total para o horário de pico dos casos 10 a 15 (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 111 |
| Gráfico 47 - Comparação entre o consumo energético dos compressores entre os casos do segundo bloco de simulações e o caso base por regiões do hotel (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 112 |
| Gráfico 48 - Desconforto dos usuários para vestimenta de verão, comparativo entre as regiões do hotel e dos casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 115 |
| Gráfico 49 - Relação entre os indicadores de consumo energético dos 16 casos simulados e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 117 |
| Gráfico 50 - Indicador de consumo energético por unidade de área entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 118 |
| Gráfico 51 - Economia de consumo médio mensal entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 119 |
| Gráfico 52 - Comparação entre consumos percentuais por uso final entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 119 |
| Gráfico 53 - Comparação entre o ganho de calor total no horário de pico do objeto de estudo entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 120 |
| Gráfico 54 - Comparação entre o percentual final das fontes de ganho de calor no horário de pico entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 120 |
| Gráfico 55 – Comparação do ganho de calor proveniente dos componentes da edificação, para o horário de pico, entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 121 |
| Gráfico 56 - Comparação dos consumos de energia anual dos compressores dos ar-condicionado entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018). | 123 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Regiões Turísticas de Alagoas. | 4 |
| Tabela 2 - Quantidade de Estabelecimentos e Número de UH's de Hotéis e Pousadas de pequeno, médio e grande porte na cidade de Maceió. | 6 |
| Tabela 3 - Distribuição numérica de meios de hospedagem por bairros em Maceió. | 7 |
| Tabela 4 - Programa de necessidade geral e resumido de hotéis econômicos. | 13 |
| Tabela 5 - Níveis de classificação por tipologia do estabelecimento. | 16 |
| Tabela 6 - Exigências do SBClass para a sustentabilidade e eficiência energético por tipologia e nível - Requisitos mandatórios. | 16 |
| Tabela 7 - Pré-requisitos Específicos para atingir o nível A no sistema de envoltória da edificação para as Zonas Bioclimáticas 3 à 8. | 17 |
| Tabela 8 - Características das propriedades hoteleiras e seus valores médios. | 19 |
| Tabela 9 - Redução do consumo de energia decorrente de diferentes configurações arquitetônicas. | 29 |
| Tabela 10 - Organização dos casos das simulações termoenergéticas por blocos. | 44 |
| Tabela 11 - Levantamento de áreas, equipamentos e ocupação média mensal. | 61 |
| Tabela 12 - Distribuição por faixa etária e sexo dos respondentes. | 62 |
| Tabela 13 - Distribuição das respostas acerca do setpoint do ar-condicionado. | 63 |
| Tabela 14 - Absortância aproximada das cores que compõe as fachadas do Hotel Ciribaí, por faixa de espectro (%). | 69 |
| Tabela 15 - Percentuais de Aberturas das fachadas do objeto de estudo, em destaque vermelho a Fachada Principal. | 69 |
| Tabela 16 - Tabela de consumos estimados dos equipamentos existentes no Hotel Ciribaí, organizados por ambiente. | 72 |
| Tabela 17 - Hierarquia do consumo estimado mensal em função dos ambientes. | 73 |
| Tabela 18 - Descrição da tipologia predominante – Caso Base. | 75 |
| Tabela 19 - Densidades de carga interna. | 75 |
| Tabela 20 - Configuração das propriedades térmicas dos materiais. | 76 |
| Tabela 21 - Características do vidro simples empregado no Caso 1. | 81 |
| Tabela 22 - Características do vidro Low-E empregado no Caso 2. | 82 |
| Tabela 23 - Propriedades termo físicas das superfícies externas do caso 6. | 84 |
| Tabela 24 - Propriedades termo físicas das superfícies externas do caso 7. | 85 |
| Tabela 25 - Propriedades termo físicas da cobertura dos casos 8 e 9. | 86 |
| Tabela 26 - Consumo dos compressores por zona térmica do caso base. | 102 |
| Tabela 27 - propriedades termo físicas dos casos do segundo bloco de simulações. | 106 |
| Tabela 28 - Economias alcançadas em cada caso do segundo bloco, em relação ao caso base. | 108 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 29 - Temperatura média interna anual das zonas térmicas condicionadas artificialmente - segundo bloco de simulações..... | 115 |
| Tabela 30 - Propriedades termo físicas dos casos 16 e 17 - casos eficiente e ineficiente, respectivamente..... | 119 |
| Tabela 31 - Síntese das propriedades termo físicas, indicadores de consumo energético e ganho de calor total dos casos do 2º bloco de simulações..... | 119 |
| Tabela 32 - Comparação entre a variação percentual de consumo energético total anual dos compressores dos condicionadores artificiais de ar de todas as zonas térmicas entre os casos base e eficiente..... | 125 |
| Tabela 33 - Análise comparativa entre o nível de etiquetagem os indicadores de consumo de energia dos casos simulados..... | 126 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | <i>Introdução</i> | 1 |
| 1.1 | Objetivos | 9 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 9 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 9 |
| 1.2 | Estrutura da dissertação | 10 |
| 2 | <i>Referencial Teórico</i> | 12 |
| 2.1 | Hotéis Econômicos | 12 |
| 2.2 | Normativas e certificações do setor hoteleiro | 15 |
| 2.2.1 | SBClass – Sistema Brasileiro de Classificação dos Meios de Hospedagem | 15 |
| 2.2.2 | Certificação Procel Edifica: Regulamento técnico da qualidade para nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (RTQ-C)..... | 17 |
| 2.2.3 | Energy Star..... | 18 |
| 2.2.4 | Ecolider - TripAdvisor..... | 21 |
| 2.2.5 | NBR 15.401 – Gestão Sustentável em Empreendimentos Hoteleiros..... | 22 |
| 2.2.6 | Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) | 23 |
| 2.3 | Eficiência Energética em Meios de Hospedagem | 24 |
| 2.4 | Simulação Computacional Termo Energética | 33 |
| 2.5 | A influência de parâmetros construtivos no consumo de energia da edificação | 35 |
| 2.5.1 | Absortância das fachadas | 36 |
| 2.5.2 | Absortância das coberturas | 37 |
| 2.5.3 | Temperatura de configuração do setpoint do ar condicionado | 37 |
| 2.5.4 | Fator Solar dos vidros | 38 |
| 2.6 | Considerações finais do capítulo | 38 |
| 3 | <i>Metodologia</i> | 39 |
| 3.1 | Estudo de Caso | 39 |
| 3.1.1 | Definição da Tipologia Predominante | 40 |
| 3.1.2 | Seleção do Objeto de Estudo..... | 41 |
| 3.1.3 | Entrevistas e visitas aos hotéis pertencentes a amostra da pesquisa | 41 |
| 3.1.4 | Caracterização do Objeto de Estudo..... | 42 |
| 3.2 | Simulação Computacional | 43 |
| 3.3 | Critérios para análise dos Resultados da Simulação | 45 |
| 4 | <i>Caracterização climática da cidade de Maceió</i> | 50 |
| 4.1 | Caracterização das tipologias arquitetônicas de hotéis pertencentes a amostra da pesquisa | 53 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.1.1 | Orientação da Fachada Principal | 55 |
| 4.1.2 | Cores das Fachadas | 55 |
| 4.1.3 | Percentual de Abertura da Fachada Principal (PAFp) | 57 |
| 4.1.4 | Caracterização do consumo de energia dos hotéis econômicos | 58 |
| 4.2 | Levantamentos de carga instalada (equipamentos) e taxas de ocupação | 58 |
| 5 | Resultados da etapa de levantamento de campo do objeto de estudo | 62 |
| 5.1 | Questionários | 62 |
| 5.2 | Relação entre ocupação média mensal e consumo de energia medido pela concessionária | 63 |
| 6 | O Hotel do Estudo de Caso – Caso Base | 65 |
| 6.1 | Caraterísticas construtivas | 67 |
| 6.2 | O entorno e a Insolação | 69 |
| 6.3 | Composição dos ambientes e equipamentos instalados | 71 |
| 6.4 | Consumo Energético Médio Mensal e Ocupação Média Mensal | 73 |
| 6.5 | Considerações finais do capítulo | 73 |
| 7 | Simulação Computacional | 74 |
| 7.1 | Configuração do Caso Base (Modelo Real) | 74 |
| 7.2 | Zonas Térmicas | 76 |
| 7.3 | Parâmetros fixos: padrão de uso e ocupação (<i>schedule</i>) | 78 |
| 7.4 | Configuração dos casos simulados – 1º Bloco de Simulações | 81 |
| 7.4.1 | Parâmetro 1- Fator solar dos vidros (aberturas): | 81 |
| 7.4.2 | Parâmetro 2: Absortância das fachadas e coberturas | 82 |
| 7.4.3 | Parâmetro 3: Temperatura de Set Point do ar-condicionado | 82 |
| 7.4.4 | Parâmetro 4: Transmitância Térmica das Superfícies verticais e horizontais | 83 |
| 8 | Simulações – Análise dos Resultados | 86 |
| 8.1 | Análise do primeiro bloco de simulações | 86 |
| 8.1.1 | Análise Caso Base – Real | 86 |
| 8.1.2 | Análise Caso 1 – Padronização para esquadrias simples | 87 |
| 8.1.3 | Análise Caso 2 – Padronização para esquadrias Low-E | 87 |
| 8.1.4 | Análise do Caso 3 – Coberturas pintadas de branco (Telhas e Laje impermeabilizada) | 88 |
| 8.1.5 | Caso 4 – Superfícies externas da edificação pintadas de branco | 88 |
| 8.1.6 | Caso 5 – Temperatura de configuração de <i>setpoint</i> do ar condicionado a 24°C .. | 89 |
| 8.1.7 | Caso 6 – Adição de isolamento térmico nas superfícies verticais da envoltória (interna à edificação) | 89 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| 8.1.8 | Caso 7 - Adição de isolamento térmico nas superfícies verticais da envoltória (externa à edificação) | 90 |
| 8.1.9 | Caso 8 – Diminuição das transmitâncias térmicas das cobertas | 91 |
| 8.1.10 | Caso 9 – Diminuição da transmitância térmicas da cobertura de laje impermeabilizada | 92 |
| 8.1.11 | Conclusões acerca das análises da primeira parte do primeiro bloco de simulações 93 | |
| 8.2. | Análise comparativa entre os casos do primeiro bloco de simulações | 94 |
| 8.2.1 | Consumo por uso final | 94 |
| 8.2.2 | Consumo energético mensal | 95 |
| 8.2.3 | Ganho de calor | 96 |
| 8.2.4 | Consumo do compressor do sistema de ar condicionado | 101 |
| 8.2.5 | Tempo de configuração do <i>setpoint</i> não encontrado (Time Setpoint Not Met). 103 | |
| 8.2.6 | Desconforto dos usuários | 104 |
| 8.2.7 | Conclusões das Análises do Primeiro Bloco de Simulações | 105 |
| 8.3 | Análise Comparativa do 2º Bloco de Casos | 106 |
| 8.3.1 | Indicador de consumo de energia por unidade de área (kWh/m ²)..... | 106 |
| 8.3.2 | Variação de Consumo energético mensal | 108 |
| 8.3.3 | Consumo por uso final | 108 |
| 8.3.4 | Balanco Térmico | 109 |
| 8.3.5 | Variação de consumo dos compressores dos condicionadores de ar por região 112 | |
| 8.3.6 | Tempo de <i>setpoint</i> não alcançado..... | 113 |
| 8.3.7 | Desconforto dos usuários | 114 |
| 8.3.8 | Conclusões acerca do 2º bloco de simulações e criação dos Casos eficiente e ineficiente | 115 |
| 8.4 | Análise comparativa Caso Base x Caso Eficiente x Caso Ineficiente | 118 |
| 9 | Paralelo entre os indicadores de consumo energético e a Classificação da envoltória segundo o método prescritivo do RTQ-C dos casos simulados..... | 126 |
| 10 | Conclusões..... | 128 |
| 10.1 | Sugestões de trabalhos futuros | 132 |
| Referências: | | 133 |

Capítulo 1

“Introdução”

1 Introdução

Segundo De La Torre (1992, p. 19) o turismo pode ser definido como sendo a: “Soma de relações e de serviços resultantes de um câmbio de residência temporário e voluntário motivado por razões alheias a negócios ou profissionais”. Para suprir as necessidades dos visitantes aos destinos turísticos são necessárias a criação de infraestruturas de lazer, saúde e hospedagem.

Os meios de hospedagem suprem a função de abrigo ao visitante, um local onde o mesmo pode deixar seus pertences, descansar, dormir e em muitos casos (dependendo dos serviços oferecidos pelo estabelecimento) usufruir do lazer que o empreendimento proporciona. Essas comodidades, contudo, necessitam de serviços básicos e sistemas de serviços (privados e públicos) para abrigar suas atividades (redes de esgoto, abastecimento de água potável, disponibilidade de energia elétrica, vias de acesso, opções de entretenimento e lazer, entre outras). Como consequência, o desenvolvimento da atividade turística apresenta impactos culturais, sociais, econômicos e ecológicos. O turismo sustentável tem como finalidade a minimização desses impactos.

No Brasil um dos principais programas de incentivo ao turismo sustentável se deu através do Programa de Regionalização do Turismo – Roteiros do Brasil (2007), decorrente de ações vinculadas ao Plano Nacional de Turismo 2007-2010. O objetivo do Programa de Regionalização Roteiros do Brasil foi promover o desenvolvimento sustentável de forma regionalizada, oferecendo um modelo de gestão integrada e descentralizada de políticas públicas com a finalidade de ampliar e estruturar a oferta turística do país (BRASIL, 2007). Os meios de hospedagem possuem um papel importante dentro do turismo sustentável. Devido ao contato direto e constante com o cliente, o estabelecimento e seus funcionários apresentam e sensibilizam os usuários sobre a necessidade de um turismo sustentável, sendo o porta voz da informação e um dos agentes que ajudam a solidificar a mensagem de responsabilidade com os princípios sustentáveis promovidos.

Segundo Plano Nacional do Turismo 2013-2016 (2013), o turismo representa cerca de 3,7% do PIB da economia brasileira. De 2003 a 2009 o setor cresceu 32,4%, enquanto que a economia do país cresceu 24,6% (MTUR, 2012 apud MTUR, 2013), demonstrando um crescimento maior do que os outros setores econômicos. A infraestrutura de meios de hospedagem representa um papel importante dentro do setor turístico. Em todo o Brasil, segundo dados do IBGE (2016) existem 31.299 meios de hospedagem, desses 10.206 são

hotéis e flats de administração independente¹, de redes nacionais e internacionais. (JLL, 2016) com 521.585 quartos disponíveis. Os hotéis independentes correspondem a cerca de 90% do número de estabelecimento, totalizando 66% do número de quartos disponíveis no mercado, conforme pode ser observado no gráfico 1.

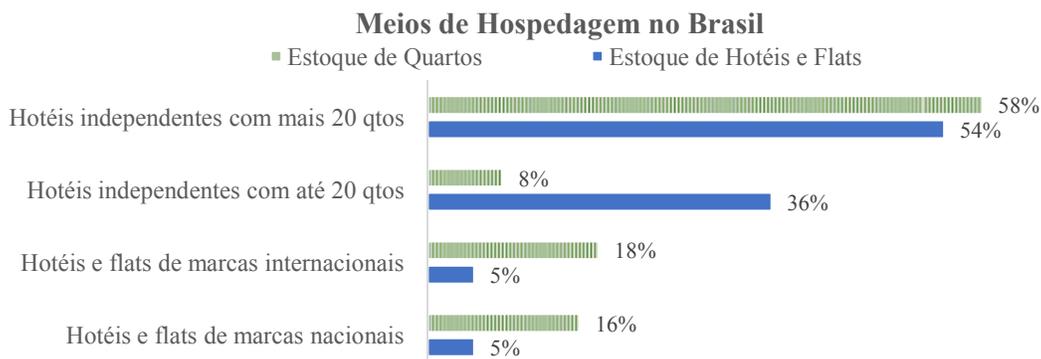
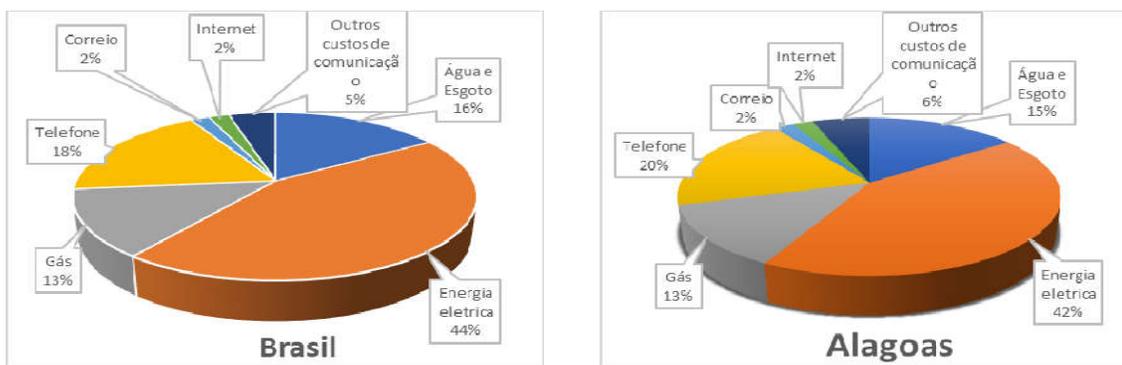


Gráfico 1 - Estoque de Hotéis e quartos no Brasil (Fonte: Adaptado de JLL, 2016, p. 7).

Os meios de hospedagem fazem parte do setor comercial, no que diz respeito ao consumo de eletricidade da matriz nacional, sendo esse setor responsável por 17,4% e 17,12% do consumo de energia elétrica brasileira em 2015 e 2016, respectivamente (BEN, 2017). A respeito do consumo energético dos meios de hospedagem, convém também destacar que de acordo com os dados mais recentes do documento Estrutura de Consumo e Impactos na Economia do Ministério do Turismo e do Instituto Brasileiro do Turismo (EMBRATUR/MTUR, 2006), os gastos com energia elétrica do setor de meios de hospedagem correspondem a quase metade da disponibilidade total de serviços utilidade



pública (Figura 1).

Figura 1 - Estimativa dos gastos do setor de meios de hospedagem com serviços de utilidade pública - Alagoas e Brasil (Fonte: EMBRATUR/MTur, 2006).

A conscientização dos usuários a respeito do uso de energia elétrica pode ser feita através da adoção de medidas de conservação de energia que resultem em uma maior

¹ Hotéis de administração independentes são aqueles que não estão integrados a redes hoteleiras e que possuem gestão realizada pelo proprietário, por funcionários ou por empresa contratadas pelo proprietário.

eficiência energética e através de ações legislativas governamentais, de forma a obrigar o cumprimento de melhores soluções energéticas prediais. Segundo Matos e Costa (2012) o turismo sustentável começou a ser normatizado no Brasil a partir de 2001 através do Programa de Certificação de Turismo Sustentável (PCTS). Através desse programa foi criada a Norma Brasileira 15.401 (2006) que:

Especifica os requisitos relativos à sustentabilidade de Meios de Hospedagem, estabelecendo critérios mínimos específicos de desempenho em relação à sustentabilidade e permitindo a um empreendimento formular uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e informações referentes aos impactos ambientais, socioculturais e econômicos significativos (ABNT, 2006).

Segundo estudo realizado por Lima (2007) um hotel implantado em região de clima quente e úmido consome entre 22.630kWh/ano e 3.061.270 kWh/ano, equivalente a 19,44 e 2.629,95vezes o consumo de uma residência comum². Logo, a conservação de energia nos meios de hospedagem possibilita economia e, conseqüentemente, um aumento das receitas do empreendimento. Segundo o EnergyStar (2007) a redução de custos é um meio eficiente para se obter maiores margens de lucro na indústria hoteleira:

Na altamente competitiva indústria de hospedagem, as tarifas de hospedagem não podem ser aumentadas facilmente, de modo que reduzir custos pode ser um meio significativo de aumentar a margem de lucros. Após os custos de mão-de-obra, as despesas com energia representam uma grande percentagem do orçamento operacional anual para hotéis e motéis. Com o aumento das tarifas de energia, faz sentido investir no retrofit de edifícios que podem ajudar a reduzir esses custos (EnergyStar, 2007, p.4-5).

Os aspectos econômicos advindos das ações de conservação de energia também podem contribuir para a sustentabilidade social, uma vez que a economia de recursos que seriam utilizados para a ampliação da matriz energética nacional pode ser realocada para outras ações governamentais como a saúde, segurança e educação.

Em trabalhos anteriores (DENG; BURNETT, 2000; GUZMÁN, 2003), foi comprovado que o gasto energético dos meios de hospedagem está diretamente relacionado com a infraestrutura ofertada pelo estabelecimento³, a quantidade de unidades habitacionais (UH's), a relação entre as áreas de piso e as áreas de cobertura, a categoria e o clima da cidade em que a edificação está construída. Contudo, as normativas e programas de classificação de meios de hospedagem, que possuem pré-requisitos a respeito das infraestruturas de ambientes e serviços a serem ofertados, são pouco adotados pelos empreendimentos, sendo a infraestrutura, geralmente, predeterminada pelo investidor com a finalidade de atrair diversos

² Comparado ao consumo energético médio de uma residência no nordeste brasileiro que corresponde a 97,0 kWh/mês (PROCEL, 2005).

³ Por infraestrutura ofertada entende-se: restaurantes, salas de convenções, bares, entre outros serviços que necessitam de um espaço físico e disposição de equipamentos específicos para seu funcionamento.

tipos de clientes ou como forma de criar um diferencial competitivo dentro do mercado turístico. Isto geraprogramas de necessidades diversificados para os meios de hospedagem e dificulta o estudo energético dos mesmos.

Entretanto, meios de hospedagem econômicos de pequeno e médio porte possuem semelhantes ambientes e serviços ofertados, devido à necessidade de minimizar o custo operacional do empreendimento. Logo, estudos energéticos para essa categoria de hospedagem são viáveis, visto que é possível a generalização dos resultados para outros empreendimentos com características semelhantes.

O estado de Alagoas conta com cerca de 476 meios de hospedagem em toda a sua área de desenvolvimento turístico. A média de unidades habitacionais dos hotéis alagoanos é 27 UHs – Unidades Habitacionais, sendo o total de 12.862 UH's em todo o estado, somando 33.182 leitos (SETUR, 2014 apud SEPLAG, 2015).

O Plano Estratégico de Desenvolvimento do Turismo - 2013-2023, desenvolvido pela Secretaria de Turismo do Estado de Alagoas, define regiões de turismo dentro do estado baseados em posição geográfica estratégica que possibilite a identificação de seus elementos em comum. A regionalização do turismo no estado de Alagoas acontece de acordo com a seguinte subdivisão:

Tabela 1 - Regiões Turísticas de Alagoas.

| Regiões Turísticas de Alagoas | | |
|--------------------------------------|--|---|
| Região | Municípios dessa Região | Segmentos Turísticos |
| Região metropolitana | Maceió, Rio Largo e Satuba | Turismo de Sol e Praia , histórico/cultural, de aventura, de negócios e eventos, náutico e social. |
| Região Costa dos Corais | Maragogi, Japaratinga, Porto de Pedras, São Miguel dos Milagres, Porto Calvo, Passo de Camaragibe, Matriz de Camaragibe, São Luis do Quintunde, Barra de Santo Antônio e Paripueira. | Turismo de Sol e Praia, ecoturismo, de negócios e eventos, aventura, náutico, rural, cultural e social. |
| Região lagoas e Mares do Sul | Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar, Marechal Deodoro, Barra de São Miguel, Roteiro, Jequiá da Praia, Coruripe e Feliz Deserto. | Turismo de Sol e Praia, histórico e cultural, ecoturismo, aventura, náutico, social. |
| Região Caminho do São Francisco | Piaçabuçu, Penedo, Olho D'água do Casado, São Brás, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Traipu, Água Branca, Delmiro Gouveia, Piranhas, Pão de Açúcar e Belo Monte. | Turismo histórico-cultural, aventura, náutico, sol e praia, social, ecoturismo, religioso. |
| Região dos Quilombos | União dos Palmares, Murici, Viçosa, São José da Laje, Jacuípe, Campestre, Jundiá, Novo Lino, Colônia de Leopolina, Joaquim Gomes, Flexeiras, Ibatiguara, Branquinha, Messias, Santana do Mundaú, Chã Preta, Capela, Cajueiro, Atalaia, Pindoba, Quebrangulo, Paulo Jacinto e Mar Vermelho. | Turismo histórico e cultural, ecoturismo, rural, de aventura, social e étnico. |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Do universo hoteleiro alagoano, a seguinte distribuição percentual é feita (gráfico 2), considerando as regiões turísticas citadas anteriormente:

Percentual de Meios de Hospedagem disponíveis no estado de Alagoas - Por região turística

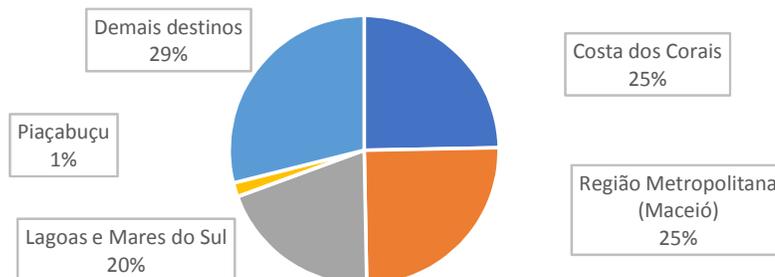


Gráfico 2- Percentual de meios de hospedagem disponíveis no estado de Alagoas - por região turística (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

A região metropolitana de Maceió, foco do presente estudo, possui uma diversidade de segmentos turísticos que abrange desde o turismo de Sol e Praia (tradicional do estado) até o turismo de negócios e eventos. Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) (2016)⁴ a cidade de Maceió possui uma capacidade instalada para receber 98.490 pessoas por dia e emprega 8.202 funcionários vinculados ao turismo (serviços de alimentação, hospedagem e receptividade). A respeito dos equipamentos de infraestrutura urbana para receptividade turística a cidade possui 331 infraestruturas relacionadas a alimentação (bares, restaurantes, lanchonetes, entre outros); 21 agências de turismo; 108 equipamentos de hospedagem (hotéis, pousadas, resorts, flats, albergues, apart-hotéis, apartamentos e casas de temporada); 15 atrativos naturais e 2 passeios disponíveis dentro da cidade.

Quanto a classificação do setor hoteleiro, no Brasil é realizada pelo Ministério do Turismo (MTur), através do Sistema Brasileiro de Classificação de Meios de Hospedagem (SBClass), pelas Associações Brasileiras da Indústria Hoteleira, além das Secretarias de Turismo de cada estado. Esses organismos classificam o tipo, padrão, categoria, quantidade de apartamentos (tamanho), qualidade e preço de cada meio de hospedagem. A Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Alagoas (2015) classifica o tamanho do meio de hospedagem da seguinte forma: Hotéis Grandes, acima de 100 UH's; Hotéis Médios, entre 51 e 100 UH's; Hotéis Pequenos, até 50 UH's e; Pousadas. Segundo levantamento da SEDETUR

⁴Com realização através da Prefeitura de Maceió e com o Maceió Convention & Visitors Bureau.

(2017), Maceió possui a seguinte caracterização de meios de hospedagem, no que diz respeito ao tipo e à quantidade de apartamentos:

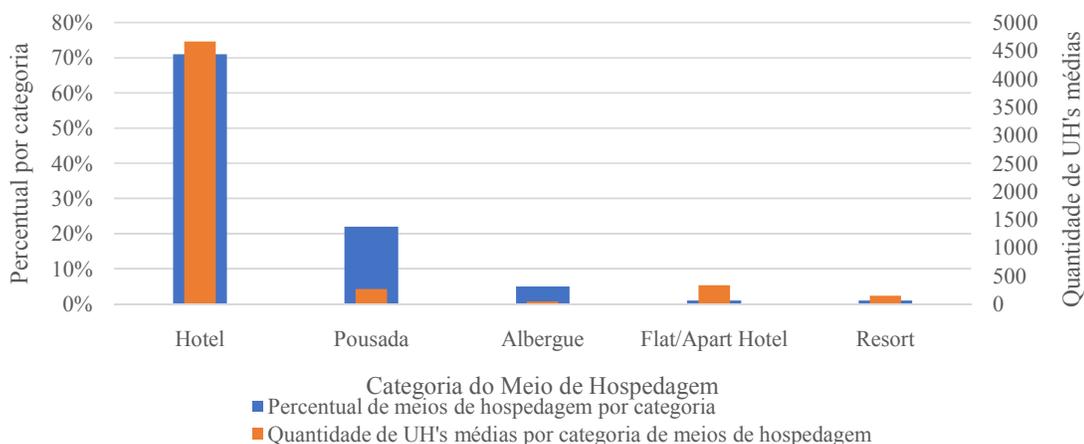


Gráfico 3- Percentual e quantidade de UH's dos Meios de Hospedagem de Maceió por categoria (Fonte: Adaptado de SEDETUR, 2017).

Através da observação do gráfico 3 nota-se que os hotéis predominam em número de unidades habitacionais e no percentual de categoria de estabelecimentos. Contudo existe uma desproporcionalidade a respeito da quantidade de apartamentos disponíveis e o número de empreendimentos, por categoria. Isso acontece devido ao tamanho da estrutura dos empreendimentos. Apesar das pousadas existirem em maior número, a quantidade de UH's disponível nelas é pequena, já os Flat/Apart Hotéis possuem estrutura mais robusta, acomodando um número maior de apartamentos. Essa mesma lógica é aplicada aos hotéis, devido à capacidade de alguns empreendimentos (principalmente os de grande porte, conforme a tabela 2).

Na cidade de Maceió, existem 82 meios de hospedagem (hotéis, pousadas, apart-hotéis, resorts e hostels), cadastrados no Cadastur e/ou na Associação Brasileira da Indústria Hoteleira (ABIH). A média de apartamentos por estabelecimento é de 66,63 UH's, com 161,9 leitos. Desses estabelecimentos, 29,7% são pertencentes a redes regionais, nacionais ou internacionais e 70,93% são de empreendimentos independentes.

Tabela 2 - Quantidade de Estabelecimentos e Número de UH's de Hotéis e Pousadas de pequeno, médio e grande porte na cidade de Maceió.

| Hotéis | Pequeno porte e médio porte | Grande Porte |
|------------------|-----------------------------|--------------|
| Estabelecimentos | 37 | 21 |
| Nº de UH's | 1514 | 3152 |

Fonte: Adaptado de SEDETUR, 2017.

A maior parte dos hotéis de Maceió estão situados na faixa litorânea da cidade, principalmente nos bairros Jatiúca, Ponta Verde e Pajuçara (ver Apêndice 1). Tal

concentração se justifica devido a centralidade desses bairros, próximo aos principais atrativos comerciais e turísticos, de fácil acesso a infraestrutura e ao lazer. A proximidade de atrativos comerciais e turísticos em uma mesma centralidade é comum de cidades litorâneas como expõe Andrade; Brito; Jorge (1999). Segundo os autores a coexistência de praias e ambientes urbanos favorece o desenvolvimento de hotéis com público alvo voltado tanto a turistas quanto a executivos. Observando-se o gráfico 4 e a tabela 10 nota-se que os bairros Pajuçara, Jatiúca, Ponta Verde e Cruz das Almas abrigam 81% dos meios de hospedagem levantados no presente estudo. No caso específico dos estabelecimentos econômicos, os bairros Jatiúca, Ponta Verde e Pajuçara possuem quase a mesma concentração de meios de hospedagem.

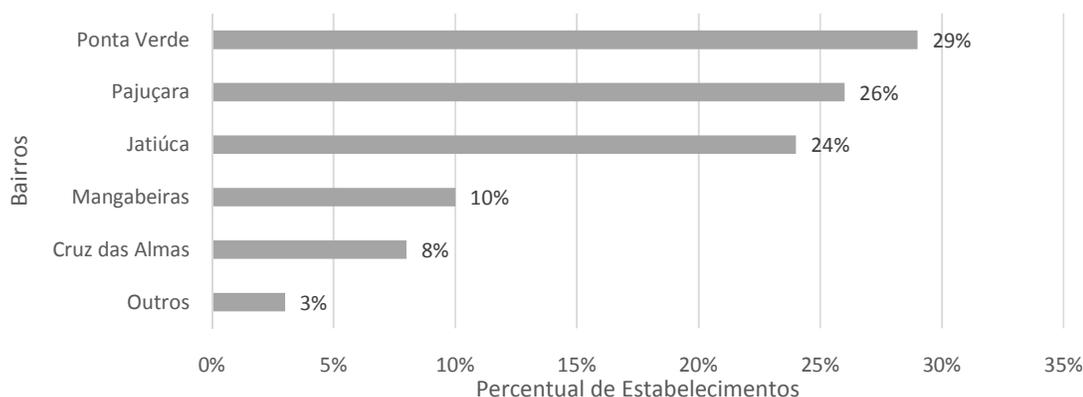


Gráfico 4 - Distribuição de Estabelecimento Econômicos de Pequeno e Médio Porte x Bairro. (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Tabela 3 - Distribuição numérica de meios de hospedagem por bairros em Maceió.

| Localização | Bairro | Nº de estabelecimentos totais | Nº de estabelecimentos Econômicos Peq. e Med. Porte |
|--------------|-----------------|-------------------------------|---|
| Central | Lagoa da Anta | 2 | 0 |
| | Mangabeiras | 4 | 4 |
| | Jatiúca | 15 | 9 |
| | Ponta Verde | 24 | 11 |
| | Pajuçara | 23 | 10 |
| | Cruz das Almas | 5 | 3 |
| | Centro | 1 | 0 |
| Não central | Guaxuma | 1 | 0 |
| | Pescaria | 2 | 0 |
| | Garça Torta | 1 | 0 |
| | Ipioca | 3 | 0 |
| | Praia da Sereia | 1 | 1 |
| Total | | 82 | 38 |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Os meios de hospedagem econômicos que estão em localidades não centrais devem oferecer instalações amplas e bem equipadas para receber seus clientes. Por conseguinte,

possuem uma tendência a serem maiores e de características não econômicas, conforme descreve Andrade, Brito e Jorge (1999, p. 62):

As características mais comuns que diferenciam um hotel não-central típico dos hotéis centrais são implantação em terrenos de maiores dimensões, uma reativa auto-suficiência em matéria de restaurantes, bares e serviços em geral, instalações reforçadas para eventos e infra-estrutura de esportes, recreação e lazer mais desenvolvida. Para viabilizar essa infra-estrutura mais desenvolvida os hotéis não – centrais necessitam de um número suficiente de apartamentos para dar suporte econômico à operação de todos os serviços oferecidos.

Os meios de hospedagens independentes e de categoria econômica, possuem predominância entre os empreendimentos hoteleiros do estado, sendo a maior parte das edificações da amostra do estudo situadas no litoral central da cidade de Maceió (Jatiúca, Ponta Verde, Pajuçara, Mangabeiras e Cruz das Almas), definindo-se assim o recorte amostral do presente estudo.

Medidas de conservação de energia são ações que tem como a finalidade a redução do consumo energético de uma edificação. Essas medidas podem ser realizadas pelos usuários de forma ativa, através da mudança de hábitos de consumo e também podem ser implementadas de forma passiva (ao modificar uma característica da edificação que tenha como finalidade a diminuição do consumo de energia, como por exemplo: instalar sensores de presença para acionamento automático da iluminação artificial).

Segundo Deng; Burnett (2002), o ar-condicionado é um dos principais consumidores de energia por uso final dos meios de hospedagem. Lima (2007), em sua pesquisa realizada para a cidade de Natal-RN, situada na faixa litorânea do nordeste brasileiro, com clima quente e úmido, observou que 75% do consumo de energia dos meios de hospedagem analisados correspondiam ao ar condicionado. Ao contrário das edificações residenciais, o aproveitamento da ventilação natural para proporcionar conforto térmico no setor hoteleiro é de difícil implementação, conforme apontam Veloso e Elali (2004) e Lima (2007). No caso dos hotéis econômicos a necessidade de aproveitamento de espaços gera ambientes com dimensões mínimas o que dificulta a ventilação cruzada, uma vez que são necessárias a disponibilidade de superfícies livres com aberturas ou mecanismos de dutos que permitam o fenômeno. Veloso e Elali (2004) também observaram aspectos comportamentais dos usuários dos meios de hospedagem e constataram que a maioria dos clientes utilizam o condicionamento artificial para obter o conforto térmico dentro das unidades habitacionais.

Além dos fatores comportamentais evidenciarem a preferência pela climatização artificial nos meios de hospedagem, certificações do setor também estimulam o emprego do ar condicionado. O Ministério do Turismo (MTur), através do Sistema Brasileiro de

Classificação de Meios de Hospedagem (SBClass) (2010) estabelece como pré-requisito para hotéis e pousadas acima de três estrelas que 100% das UH's possuam climatização artificial. Apesar do SBClass não ser obrigatório para os estabelecimentos, possuindo poucas afiliações, as exigências da certificação demonstram uma relação entre qualidade do estabelecimento e a existência de condicionamento artificial nos apartamentos, o que reflete a percepção e exigência do cliente pelo equipamento. Dessa forma, o ar-condicionado se tornou um item indispensável nos meios de hospedagem brasileiros, estando presente em quase todos os tipos de estabelecimentos, independentemente do tamanho e categoria.

Já foi comprovado em pesquisas anteriores que o condicionamento artificial de ar eleva o consumo energético da edificação significativamente e que medidas de conservação de energia e manutenção predial podem reduzir em até 20% o gasto energético da edificação (SANTAMOURIS et al., 1995). Através do exposto, percebe-se que é necessário compreender o comportamento energético dos meios de hospedagem econômicos de pequeno e médio porte, tendo como foco principal investigar quais medidas de conservação de energia são mais adequadas para redução do consumo energético do empreendimento. Para tal, o presente estudo tem como objeto um hotel representativo da categoria econômica de pequeno porte, situado na cidade de Maceió-AL.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar ações de conservação de energia que permitam a redução do consumo energético em um hotel econômico de pequeno porte situado na cidade de Maceió - AL.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Mapear os estabelecimentos econômicos de pequeno e médio porte cadastrados pela prefeitura da cidade de Maceió.
- b) Identificar a tipologia predominante dos hotéis econômicos de pequeno e médio porte da cidade de Maceió, com a finalidade de eleger um objeto de estudo.
- c) Analisar o impacto da variação dos parâmetros arquitetônicos relacionados à envoltória sobre o consumo de energia elétrica da edificação modelo.
- d) Propor soluções de composição da envoltória que proporcionem uma maior eficiência energética da edificação.

1.2 Estrutura da dissertação

Capítulo 1: Introdução

Neste capítulo são apresentadas as definições de turismo, meios de hospedagem, turismo sustentável e meios de hospedagem econômicos. Também foi realizada uma explanação acerca do papel do turismo sustentável no Brasil e sobre os impactos acarretados pela atividade turística. Por fim foram apresentados dados documentais e estatísticos a respeito do turismo brasileiro e alagoano, explorando a problemática acerca do consumo de energia e da eficiência energética dos meios de hospedagem situados em clima quente e úmido.

Capítulo 2: Estado da Arte

Esse capítulo contém levantamentos de referencial documental relacionado à temática da pesquisa, as principais normativas e certificações aplicadas em estabelecimentos hoteleiros e acerca das simulações computacionais termo energéticas. O capítulo também dispõe de informações acerca da influência dos parâmetros construtivos no consumo de energia das edificações e uma conclusão sobre as temáticas discutidas nele.

Capítulo 3: Metodologia

Expõe os procedimentos metodológicos e instrumentos utilizados na pesquisa.

Capítulo 4: Caracterização climática da cidade de Maceió e das Tipologias arquitetônicas dos hotéis da amostra de estudo

Esse capítulo é composto por informações acerca do clima da cidade de Maceió, caracterizando também a tipologia dos hotéis econômicos de pequeno e médio porte existentes na cidade.

Capítulo 5: Descrição do objeto de estudo

Neste capítulo são apresentados: o hotel escolhido para realização do estudo de caso e os parâmetros de configuração do modelo utilizado para simulação computacional termo energética do caso base. Os aspectos abordados foram: composição dos ambientes, descrição dos equipamentos, influência do entorno, caracterização do consumo energético real, estimativa de consumo de energia elétrica, taxa de ocupação média mensal e características construtivas da edificação.

Capítulo 6: Simulação Computacional

Esse capítulo contém informações acerca dos parâmetros escolhidos para análise nas simulações computacionais e detalhes da configuração dos casos simulados.

Capítulo 7: Resultado e Discussão

Abrange todos os resultados, análises e conclusões obtidas através do levantamento em campo e das simulações termo energéticas.

Capítulo 8: Conclusões

Este capítulo abrange uma síntese dos resultados obtidos na pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

“Referencial Teórico”

2 Referencial Teórico

Para caracterizar os estudos e normativas realizados na área de desempenho termo energético foi realizada uma pesquisa de referências bibliográficas de teses, dissertações, artigos, livros, normativas e certificações acerca das temáticas: eficiência energética, simulação computacional, avaliação pós-ocupação e pesquisas de consumo energético do setor hoteleiro no Brasil e no mundo.

2.1 Hotéis Econômicos

O Sistema Brasileiro de Classificação de meios de hospedagem (SBClass) foi criado pelo Ministério do Turismo com a finalidade de classificar os diferentes tipos de estabelecimentos utilizando como símbolo de qualidade a quantidade de estrelas atribuída ao empreendimento. Segundo o SBClass (2011) a definição de um meio de hospedagem do tipo Hotel é: “Estabelecimento com serviços de recepção, alojamento temporário, com ou sem alimentação, ofertado em unidades individuais e de uso exclusivo do hóspede, mediante cobrança de diária”. Já o tipo pousada é um “empreendimento de característica horizontal, composto de no máximo 30 unidades habitacionais e 90 leitos, com serviços de recepção, alimentação e alojamento temporário, podendo ser em um prédio único com até três pavimentos, ou contar com chalés ou bangalôs”. A partir do exposto nota-se que a classificação de hotéis e pousadas difere apenas na forma e na quantidade de UH’s, sendo o sistema de classificação de estrelas semelhantes e variando de 1 a 5. Logo, pode-se concluir que a classificação de hotéis e pousadas não é muito diferente no que diz respeito aos serviços ofertados ou à infraestrutura necessária dentro do estabelecimento.

Segundo Andrade, Brito e Jorge (2012) os hotéis possuem as seguintes áreas setoriais básicas: áreas de hospedagem, áreas públicas e sociais, áreas administrativas, áreas de serviço, áreas de alimento e bebidas, áreas de equipamentos e áreas recreativas. O programa de necessidades de cada um desses setores é relativo ao tamanho, categoria e aos serviços disponíveis de cada empreendimento. Segundo Buoro (2008, p. 35): “Os hotéis de categoria econômica oferecem tarifas reduzidas em função da redução dos custos de instalação e serviços que devem oferecer o mínimo essencial ao hóspede a que se destinam, sem prejudicar a qualidade exigida por ele”. Quanto aos serviços oferecidos pelos hotéis econômicos, Andrade, Brito e Jorge (2012) esclarecem que são limitados ao atendimento na recepção, serviço de camareira e fornecimento de café da manhã.

Em meios de hospedagem econômicos o programa de necessidades pode ser resumido conforme indicado na Tabela 4. Convém destacar que os elevadores e a piscina não são exigidos em hotéis econômicos. Contudo, podem ser usados como um diferencial competitivo ou mercadológico, a fim de atrair público para o estabelecimento.

Tabela 4 - Programa de necessidade geral e resumido de hotéis econômicos.

| Área | Função | Elementos |
|-----------------------------|---------------------------|---|
| Área de Hospedagem | Andar-Tipo de hospedagem | Rouparia do andar Hall dos elevadores dos hóspedes Circulação Apartamentos simples |
| | Serviços dos Apartamentos | Frigobar Geladeira Televisão Televisão à cabo Condicionador de Ar-individual Detector de Fumaça Água quente Telefone |
| Áreas Sociais | Front Office | Balcão de Recepção Cofres de segurança Depósito de bagagem Sala do gerente |
| | Áreas de Estar | Sala de estar |
| | Restaurante | Restaurante Típico |
| Área de Administração | Administração Geral | Sala da diretoria ou proprietário |
| Área de Serviços | Entrada e Portaria | Relógio de Ponto Vestiário e sanitário masculino Vestiário e sanitário feminino Refeitório dos funcionários |
| Área de Alimentos e Bebidas | Área de Recebimento | Área de triagem Depósito de lixo |
| | Armazenamento | Almoxarifado de alimentos |
| | Pré-preparo | Área de Pré-Preparo de alimentos |
| | Cozinha | Equipamentos frigoríficas de uso diário Área de cocção básica Higienização de louças e panelas |
| | Almoxarifado | Material de cama, mesa e banho |
| Área de Equipamentos | Sistema de Água | Reservatório inferior Casa de bombas Reservatório Superior |
| | Sistemas Eletrônicos | Central telefônica Sala de CPD |
| Área Recreativa | Lazer | Piscina |

Fonte: Adaptado de ANDRADE; BRITO; JORGE, 2010, p. 183-191.

Segundo Andrade, Brito e Jorge (2012), devido ao programa de infraestrutura enxuto, a quantidade de apartamentos de um hotel econômico varia entre 60 e 100 unidades, aproximadamente. Com base na definição dos referidos autores, para esse trabalho serão considerados como hotéis econômicos aqueles com até 100 unidades habitacionais, concordando também com o sistema de classificação da Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo do Estado de Alagoas (SEDETUR). O número mínimo de

apartamentos não foi limitado devido a representatividade desse tipo de hotel, com menos de 60 unidades habitacionais, dentro da cidade de Maceió.

A quantidade de pavimentos e a configuração volumétrica desta categoria de hotel variam e dependem das prescrições estabelecidas pelo código de edificações de cada cidade, assim como de todos os condicionantes impostos ao projeto arquitetônico em cada contexto. Lima (2007), encontrou dois volumes principais: Edificações com 4 ou 5 pavimentos, escalonados ou não. As edificações escalonadas foram encontradas em 55% dos casos.

Os padrões de funcionamento de um hotel econômico estão diretamente relacionados aos setores e seus usuários. O setor administrativo funciona durante o horário comercial. O setor receptivo é ocupado por funcionários que possuem horários de trabalho divididos por turnos, funcionando durante 24h por dia. O setor de arrumação/manutenção/copa possui horário de trabalho diferenciado devido às especificidades dos horários de check-in e check-out do cliente. Por fim, o setor de hospedagem é ocupado pelas pessoas que adquirem os serviços do hotel, as quais possuem perfis diversos e motivações de consumo que variam a rotina de uso do estabelecimento. Como exemplo pode ser citado o cliente de turismo que está interessado em conhecer os atrativos da cidade. Portanto, ele passa menos tempo dentro do hotel do que um cliente empresarial, que possui horário de trabalho fixo e pode até utilizar as instalações do hotel para reuniões de negócios.

Segundo Guzmán (2003) apud Lima (2007) as principais cargas térmicas atuantes nas edificações hoteleiras são provenientes: do metabolismo humano, da iluminação artificial, dos equipamentos e, principalmente, da radiação solar que incide na envoltória da edificação. Ainda segundo o autor, as principais variáveis que influenciam no consumo energético são volumetria, espaços e fechamentos. Com relação à volumetria são considerados a geometria, a compactidade da projeção horizontal da edificação (mais ou menos compacta), a porosidade (número e tamanho das aberturas nas fachadas), a esbelteza (relação entre a seção transversal e o comprimento do edifício) e a rugosidade (recortes e saliências nas fachadas).

Devido ao impacto e relevância do consumo energético no setor hoteleiro as certificações e normativas com finalidade de sustentabilidade e eficiência energética em meios de hospedagem foram criadas de forma a incentivar a adoção de boas práticas. Atualmente existem no Brasil apenas uma normativa (com poder de certificação) e três certificações que incentivam a implementação de medidas de eficiência energética nos meios de hospedagem. Elas serão abordadas no tópico seguinte.

2.2 Normativas e certificações do setor hoteleiro

As certificações voltadas à diminuição do consumo energético das edificações são adotadas pelos empreendimentos comerciais, incluindo os meios de hospedagem, com a finalidade de diminuir seu consumo energético e de apresentar um diferencial competitivo no mercado. “(...) certificação é um mecanismo de mercado que visa promover a eficiência energética de uma edificação de elevado desempenho ao compara-la ao mínimo obrigatório” (CASALS, 2006 apud CARLO, 2008).

As normas formam um conjunto de recomendações e informações a respeito de determinado tema e apenas possuem utilização obrigatória quando nominadas em legislação, ou incluídas como pré-requisitos em editais seletivos. No caso dos meios de hospedagem brasileiros as seguintes certificações e normativa, relacionadas à eficiência energética, se destacam: Sistema Brasileiro de Classificação dos Meios de Hospedagem (SBClass) (2011), Regulamento Técnico de Qualidade para Edifícios Comerciais (RTQ-C) (2010), NBR 15.401 (2006) e Programa Ecolíderes TripAdvisor (2016). Apesar de não fazer parte do cenário nacional, o programa EnergyStar é um dos maiores programas de certificação de edificações do mundo, possuindo uma vasta aplicação em edificações hoteleiras internacionais, sendo sua referência e revisão importante para a presente pesquisa.

O EnergyStar (2007) e o Ecolíderes TripAdvisor (2016) são as únicas certificações que fazem recomendação acerca do consumo energético, sendo o EnergyStar (2007) o único que trabalha com indicadores de eficiência. A norma NBR 15.401 (2006), que possui poder de certificação, aponta recomendações acerca do gerenciamento energético do empreendimento. Já o SBClass (2011) exibe apenas pré-requisito para diminuir o consumo energético dos meios de hospedagem, sem estabelecer recomendações específicas. A seguir serão explanados detalhes das certificações e normativa mencionadas.

2.2.1 SBClass – Sistema Brasileiro de Classificação dos Meios de Hospedagem

O SBClass foi criado em 2011 pelo MTur com apoio do Inmetro e da sociedade civil com a finalidade de fomentar a competitividade no setor hoteleiro. O sistema categoriza os estabelecimentos em 7 tipologias: Hotel, Hotel fazenda, Cama & Café, Resort, Hotel Histórico, Pousada e Flat/Apart Hotel, tendo cada um deles suas diferenças formais e de infraestrutura básica. Cada uma das sete tipologias possui variação de níveis da classificação, conforme está descrito na tabela 5.

Tabela 5 - Níveis de classificação por tipologia do estabelecimento.

| Tipologia | Níveis que podem ser atingidos: |
|------------------|---------------------------------|
| Hotel | 1 a 5 estrelas |
| Hotel Fazenda | 1 a 5 estrelas |
| Cama & Café | 1 a 4 estrelas |
| Resort | 4 a 5 estrelas |
| Hotel Histórico | 3 a 5 estrelas |
| Pousada | 1 a 5 estrelas |
| Flat/Apart Hotel | 3 a 5 estrelas |

Fonte: Adaptado de SBCLASS, 2011.

Devido ao principal foco deste trabalho ser estabelecimentos de pequeno e médio porte com características econômicas, foram observadas apenas as exigências do SBClass quanto a sustentabilidade e eficiência energética das seguintes tipologias: Hotel, Cama & Café e Pousada, conforme a Tabela 6. Após a análise da tabela é possível perceber que não existem medidas específicas para redução do consumo de energia. A certificação apenas exprime a necessidade de implementação de medidas para redução do consumo de energia, do consumo de água e de sensibilização dos hóspedes em relação aos princípios sustentabilidade implementados no estabelecimento.

Tabela 6 - Exigências do SBClass para a sustentabilidade e eficiência energético por tipologia e nível - Requisitos mandatórios.

| Requisitos | Hotel | | | | | Cama & Café | | | | Pousada | | | | |
|--|-------|---|---|---|---|-------------|---|---|---|---------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Medidas Para redução do consumo de energia elétrica | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Medidas para redução do consumo de água | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Medidas de gerenciamento de resíduos sólidos com foco na reciclagem | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Monitoramento do nível de satisfação dos hóspedes em relação ao serviço ofertado | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | x | x | x |
| Programa de treinamento de funcionários | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Critérios ambientais, sociais e econômicos na seleção de fornecedores | | | | x | x | | | | | | | | | |
| Medidas de sensibilização dos hóspedes em relação à sustentabilidade | | | | x | x | x | x | x | x | | | | x | x |
| Medidas para valorização da cultura local | | | | | | x | x | x | x | | | x | x | x |
| Medidas de apoio a atividades socioculturais | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidas para geração de trabalho e renda da comunidade local | | | | | | | | | | | | x | x | x |
| Medidas para produção associada ao turismo | | | | | | | | | | | | | | x |

Fonte: Adaptado de SBClass, 2011.

A ausência de medidas específicas para a redução do consumo de energia (como por exemplo, o estabelecimento de potência nominal máxima instalada por área, ou exigência de equipamentos eletrônicos com nível de eficiência A ou B) é devido ao foco de atuação do

SBClass que atua principalmente na esfera administrativa e de melhoria da qualidade de gerenciamento dos estabelecimentos.

2.2.2 Certificação Procel Edifica: Regulamento técnico da qualidade para nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas(RTQ-C)

O Regulamento técnico da qualidade para nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (RTQ-C) foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) fazendo parte do programa Procel Edifica, o qual é destinado a promover o uso racional de energia elétrica em edificações (PROCEL INFO, 2006). O regulamento especifica requisitos técnicos para obtenção de certificação quanto à eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. O RTQ-C pode ser aplicado em edifícios condicionados artificialmente, climatizados naturalmente ou parcialmente condicionados artificialmente. A etiquetagem de eficiência energética pode ser analisada por dois métodos, prescritivo ou simulação computacional. O primeiro classifica a edificação segundo equações e tabelas fornecidas no regulamento. Já no segundo método a edificação é classificada com base em resultados de simulações computacionais utilizando softwares recomendados pelo regulamento. A edificação é analisada a partir de três sistemas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Cada sistema possui níveis de eficiência distintos que podem variar de A (mais eficiente) à E (menos eficiente) (RTQ-C, 2010).

Os sistemas, analisados em conjunto, compõem a classificação geral do edifício. Quando analisados individualmente podem compor etiquetas parciais, sendo a classificação da envoltória obrigatória em todos os casos. São atribuídos pesos para cada sistema, baseado em sua influência no consumo energético final das tipologias comerciais, sendo para a envoltória 30%; sistema de iluminação 30% e sistema de condicionamento de ar 40% (RTQ-C, 2010).

Tabela 7–Pré-requisitos Especificos para atingir o nível A no sistema de envoltória da edificação para as Zonas Bioclimáticas 3 à 8.

| Nível A | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|--------------------|---|----------|----------|----------|
| Transmitância Térmica | | Absortância das superfícies | | Iluminação Zenital | | | | |
| Cobertura (U_{cob}) | | Paredes Externas | Cobertura | PAZ | 0 a 2% | 2,1 a 3% | 3,1 a 4% | 4,1 a 5% |
| Ambientes com AC | Ambientes sem AC | | | $\alpha < 0,50$ | $\alpha < 0,5$ Exceto telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim e caixa d'água. | FS | 0,87 | 0,67 |
| 1,00 W/m ² K | 2,00 W/m ² K | | | | | | | |
| Paredes externas (U_{par}) | | | | | | | | |
| C < 80kJ/m ² .K | 2,5 W/m ² K | | | | | | | |
| C > 80kJ/m ² .K | 3,7 W/m ² K | | | | | | | |

Fonte: Adaptado de RTQ-C, 2013.

A classificação e os pré-requisitos mínimos para a obtenção do nível da certificação variam de acordo com o nível desejado e de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se encontra. Considerando como exemplo a zona bioclimática 8, para obtenção do nível A para a classificação de eficiência energética da envoltória, é necessário o atendimento dos pré-requisitos indicados na Tabela 4. Já considerando os níveis E e D, ainda para a zona bioclimática 8, o único pré-requisito que o regulamento especifica para a envoltória da edificação corresponde a transmitância da parede e da cobertura. A transmitância da cobertura deve ser menor do que $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ para qualquer ambiente em todas as zonas bioclimáticas e os valores da transmitância das paredes externas são idênticos àqueles apresentados na Tabela 4.

A certificação também especifica os valores admissíveis para o PAF_T (Percentual de Aberturas Total), o Fator Solar (FS) determinado pelo tipo de vidro e os Ângulos de Sombreamento Verticais (AVS) e Horizontais (AHS) das aberturas. O PAF_T é determinado pela: “(...) razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a abertura em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal (...)” (RTQ-C, 2010. p.10). Ainda segundo o regulamento o limite do PAF_T está atrelado ao Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env})⁵, cada caso deve ser analisado individualmente de acordo com o nível de certificação pretendido.

O FS é a relação entre: “(...) o ganho de calor num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente” (RTQ-C, 2010, p.9). O FS é expresso em percentual e quanto mais próximo de 100% maior é o ganho térmico para o ambiente. Já o AVS e o AHS são “Ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas” (RTQ-C, 2010). Os AVS são relativos as proteções horizontais e o AHS às proteções verticais. Os ângulos de sombreamento protegem as aberturas da edificação da radiação solar direta, inibindo os ganhos de cargas térmicas dos ambientes internos advindos da radiação. Aumentando assim, a eficiência energética da envoltória em ambientes de clima quente e úmido.

2.2.3 Energy Star

⁵ O IC_{env} é determinado através de equações, diferenciadas pela zona bioclimática e pela área da edificação.

O Energy Star é um programa voluntário desenvolvido pela Agência Norte Americana de Proteção ao Meio Ambiente (USEPA). O objetivo do programa é ajudar indivíduos e negócios a economizarem recursos monetários e a proteger o clima através da eficiência energética. O programa foi criado em 1992 com a finalidade de classificar produtos com o objetivo de reduzir as emissões de gases do efeito estufa e em 1995 a agência expandiu a etiquetagem para equipamentos de escritórios e ar condicionados. Já em 1996, em parceria com o Departamento de Energia norte americano (US DOE), o programa expandiu-se para etiquetar produtos de diversas categorias. Hoje a etiqueta Energy Star é adotada em diversas partes do mundo, classificando desde equipamentos eletrônicos simples a residências e edifícios comerciais e industriais (EnergyStar, 2017).

O programa possui monitoramento e etiquetagem de meios de hospedagem, publicando periodicamente relatórios relativos ao consumo energético e desenvolvimento da eficiência energética do setor. A classificação da etiquetagem obedece a pontuação escalar de 1 a 100, onde são avaliados para a pontuação as atividades exercidas no empreendimento, seu número de funcionários, suas instalações (*facilities*), equipamentos, tamanho e indicador de consumo de energia (*Energy Use Intensity* - EUI)⁶ (EnergyStar, 2007).

O Relatório de Tendência de Dados (Data Trends, 2015) do programa analisa o *benchmark*⁷ e as tendências no consumo de energia e água dos empreendimentos cadastrados no portfólio (cerca de 10.412 propriedades). Segundo o relatório de 2015, a intensidade de uso de energia dos hotéis situados nos EUA variou entre 100 a mais de 800kBtu/ft², sendo a intensidade média de 187kBtu/ft²⁸.

Tabela 8 - Características das propriedades hoteleiras e seus valores médios.

| Característica da Propriedade | Valores Médios de Benchmarking |
|--|--------------------------------|
| Área (metros quadrados) | 7246,437m ² |
| Empregados a cada 92,90m ² (1.000ft ²) | 0,03 |
| Unidade de Refrigeração Comercial a cada 92,90m ² (1.000ft ²) | 0,02 |
| Possui instalações para cozinhar? | 52% respondem que sim |
| Quartos a cada 92,9m ² (1.000ft ²) | 1,8 |
| Graus dias de Aquecimento | 3.701 |
| Graus dias de Resfriamento | 1.262 |

Fonte: Adaptado de ENERGY STAR, 2015.

Ainda segundo o relatório o tamanho médio de um hotel é de 78.000ft²⁹ e tem cerca de 1,8 quartos para cada 1000ft²¹⁰. Na tabela 5 estão descritos alguns valores médios do

⁶ A EUI expressa a intensidade do consumo energético de uma edificação em função de sua área e/ou outras características (ENERGY STAR, 2007).

⁷ O termo *benchmark* é utilizado para descrever o desempenho energético que representa a média do mercado em uma tipologia construtiva específica (BORGSTEIN; LAMBERTS, 2014).

⁸ 187kBtu/ft² equivale a aproximadamente 589,91 kWh/m².

⁹ Aproximadamente 7.246,437m².

benchmark realizado para os hotéis do portfólio do programa. As tendências demonstram que hotéis que possuem mais empregados, unidades de refrigeração comercial e graus dia de resfriamento, por metro quadrado, utilizam um percentual de energia maior do que a média. A pontuação de etiquetagem média do EnergyStar para hotéis e motéis foi de 50 pontos.

O programa também possui um manual específico para cada atividade comercial, o EnergyStar Building Manual para Hotéis e Motéis (2007) informa que, nos EUA, são gastos cerca de \$2.196 dólares para cada quarto disponível todos os anos com energia, representando cerca de 6% dos custos operacionais do estabelecimento. O manual do programa apresenta medidas de *retrofit* cujo objetivo principal é a economia de custos com manutenção e com eficiência de energia. Algumas dessas medidas estão listadas abaixo:

- Em estabelecimentos que possuem condicionamento artificial nas áreas comuns, nas horas de pouco uso, os equipamentos devem estar configurados nas temperaturas mínimas de conforto.
- Treinamento das camareiras para desligar todas as luzes e fechar as cortinas quando o apartamento se encontra desocupado, com a finalidade de reduzir o ganho térmico no verão e a perda de calor no inverno.
- Treinar a equipe de recepcionistas para vender apartamentos próximos ou em uma ala específica com a finalidade de diminuir o consumo com condicionamento artificial das áreas comuns das outras alas (para estabelecimentos que possuem climatização nas áreas comuns e de circulação). Quartos situados nos andares da cobertura, nas quinas da edificação, voltados para oeste (no verão) ou para norte (no inverno) podem ser os mais dispendiosos com climatização artificial de resfriamento e aquecimento, logo, nesses períodos é melhor considerar a não locação dessas unidades (a não ser em caso de lotação do hotel).
- O manual aconselha, sempre que possível, utilizar a iluminação natural. Para o controle de iluminação dos hotéis o manual recomenda a utilização de sensores de presença e sistemas de programação, além da utilização de lâmpadas com eficiência elevada.
- Acerca do envelope (envoltória) da edificação são feitas recomendações que abrangem o uso de diferentes proteções solares para reduzir os ganhos de calor com aproveitamento da luz natural e o uso de revestimentos claros, com baixa absorção de calor nas coberturas, ou uso de tetos verdes. A instalação de películas refletivas em

¹⁰ Aproximadamente 92,9m².

vidros existentes pode ser uma opção mais econômica e eficiente do que trocar as esquadrias existentes por outras mais eficientes.

- Realização de um procedimento desempenhado por profissionais especializados ou por equipe interna treinada e tecnicamente apta para verificar o funcionamento e a eficiência dos elementos que constituem o empreendimento - *Retrocommissioning*. Para a avaliação são comparados o *benchmark* do setor com os resultados obtidos no levantamento realizado durante a operação de *Retrocommissioning*. O programa EnergySar possui um Benchmarking Starter Kit que auxilia os hoteleiros com informações sobre a performance energética dessa tipologia.

2.2.4 Ecolíder - TripAdvisor

O TripAdvisor é uma agência de viagem virtual (Online Travel Agency - OTA) onde os clientes podem comprar a hospedagem, classificar e visualizar/fazer comentários, elogios e críticas aos estabelecimentos visitados. Atualmente cerca de 60% dos viajantes à turismo utilizam a internet como meio de se informar acerca do destino almejado. Desses 60%, cerca de 17% consultam o TripAdvisor (OXFORD ECONOMICS, 2016) que é, geralmente, utilizado pelos usuários na escolha do meio de hospedagem, restaurante, passeios e demais serviços turísticos. Devido a esses fatos a empresa se tornou uma grande influenciadora do mercado turístico no Brasil e no mundo. Segundo Behnke (2017) de acordo com o relatório anual da USGBC de 2016 hotéis classificados como GreenLeaders possuem, em média, uma avaliação 20% maior no Tripadvisor.

Em 2015 o TripAdvisor lançou no Brasil o selo de certificação sustentável Ecolíder TripAdvisor, certificando no mesmo ano de lançamento as primeiras empresas do setor de hospedagem. O programa já existe em 66 países e para conseguir a certificação os estabelecimentos precisam possuir as seguintes práticas de sustentabilidade, relacionadas à eficiência energética (Ecolíderes TripAdvisor, 2016):

- Monitorar a utilização de energia elétrica regularmente (mínimo trimestralmente);
- Possuir, pelo menos, 75% das lâmpadas do estabelecimento com baixo consumo energético;
- Possuir programas de reutilização de roupas de cama e banho;
- Possuir treinamento aos funcionários sobre práticas sustentáveis;
- Educar os hóspedes sobre práticas sustentáveis.

Todas essas medidas básicas são genéricas e de nível administrativo e gerencial do empreendimento, muito semelhante a algumas das exigências do SBClass. O programa Ecolíderes TripAdvisor (2016) pode atingir 4 níveis de certificação, são eles: Bronze, Prata, Ouro e Platina. Para obtenção de cada um desses níveis é necessário o cumprimento de pelo menos 30% das práticas sustentáveis listadas pelo programa, para o nível Bronze, e acima de 60% das práticas, para o nível Platina. Caso o programa atenda aos requisitos básicos, mas não adquira pontos suficientes para o nível Bronze, o empreendimento será classificado como EcoParceiro do TripAdvisor.

Ao contrário das medidas básicas, as recomendações e perguntas para a certificação são específicas para a tipologia hoteleira e abrangem diversos aspectos relacionados ao consumo de energia, desde controle térmico do condicionamento artificial até a previsão e controle do comportamento do usuário (ver Apêndice 2). Contudo, a certificação não define a metodologia de avaliação das pontuações, deixando dúvidas quanto ao peso das exigências em relação as medidas de eficiência energética.

2.2.5 NBR 15.401 – Gestão Sustentável em Empreendimentos Hoteleiros

A NBR 15.401 (2006) estabelece objetivos e metas abrangendo áreas que enfatizam a relação entre os princípios da sustentabilidade e o setor hoteleiro. Dentre elas está a eficiência energética, foco do presente trabalho. Essa é a única normativa brasileira que trata especificamente sobre sistemas de gestão da sustentabilidade em Meios de Hospedagem, logo pode ser solicitada sua obrigatoriedade através de legislação específica. Apesar de ser uma norma ela também possui poder de certificação. A NBR 15.401 (2016):

[...] estabelece requisitos para meios de hospedagem que possibilitem planejar e operar as suas atividades de acordo com os princípios (estabelecidos para o turismo sustentável, tendo sido redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de organizações e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais, mas com atenção particular à realidade e à aplicabilidade às pequenas e médias empresas (ABNT NBR 15.401, 2006, p. 8).

A norma define os seguintes requisitos para sistemas de gestão da sustentabilidade: Política de sustentabilidade, responsabilidade da direção, planejamento e programas de gestão da sustentabilidade; e procedimentos para implementação e operação de uma gestão da sustentabilidade, além dos procedimentos necessários para verificação, monitoramento e ações corretivas. Dentro de seu escopo, o item mais relevante para o presente trabalho é o que trata sobre “Requisitos ambientais para o turismo sustentável” e dentro desse item o que especifica aspectos relacionados à eficiência energética da edificação. As recomendações da NBR 15.401 (2006) são:

- Controlar e registrar o consumo energético de fontes renováveis e/ou não renováveis (kW/hóspede/noite).
- Estabelecer metas de consumo fixo e variável para o estabelecimento, considerando os dados históricos do empreendimento e da concorrência regional de mesmo padrão.
- Utilização de fontes de energia renováveis, levando em conta os aspectos de viabilidade econômica e ambiental.
- Implementação de procedimento ou tecnologia que assegure o funcionamento de equipamentos elétricos apenas quando necessário.
- A eficiência energética deve ser inclusa como um critério para a aquisição de equipamentos e insumos que consomem energia.
- A construção deve possuir uma arquitetura que maximize a sua eficiência energética.
- Implementação de medidas que reduzam o consumo energético de transportes próprios.
- Divulgação aos hóspedes do comprometimento do estabelecimento com a economia da energia encorajando os mesmos a economizar.

As demais definições e requisitos apresentados na norma dizem respeito aos demais aspectos da sustentabilidade na gestão empresarial, incluindo o manejo de resíduos e a conservação/gestão do uso de água. A norma também descreve requisitos socioculturais e econômicos para o turismo sustentável, além de requisitos para a saúde e segurança dos clientes e dos funcionários.

2.2.6 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

A certificação LEED possui abrangência internacional e tem como objetivo classificar projetos, obras e edificações existentes quanto a sustentabilidade do empreendimento, o programa possui classificação de certificações para quatro tipologias distintas: novas construções, design de interiores, bairros e edifícios existentes, sendo o objeto de estudo do presente trabalho enquadrado nessa última tipologia do programa. São analisadas oito áreas específicas inerentes a edificação e a sua atuação pós-construção. Para edificações certificadas a média de redução no consumo de energia dos empreendimentos é de 30%. Contudo, Scofiel (2009) apud Behnke (2017) demonstrou que ainda não é possível obter uma conclusão entre a comparação da economia de energia obtida por uma edificação com certificação LEED e uma edificação que não possui certificação.

Segundo Behnke (2017) os meios de hospedagem são edificações complexas e que não devem ser analisadas sob apenas um aspecto da sustentabilidade. Segundo o autor edifícios que possuem certificação LEED nem sempre apresentam uma arquitetura adequada para a localidade em que se insere, pois podem ter sido certificados simplesmente por apresentar um gerenciamento operacional sustentável. Esse raciocínio também acontece pelo caminho reverso, ou seja, ao certificar a envoltória de um meio de hospedagem pelo LEED não significa dizer que o empreendimento é sustentável. Por fim, pode-se dizer que os meios de hospedagem a certificação da operacionalidade dos edifícios e a avaliação do nível da envoltória são complementares e fundamentais para a concessão do nível de sustentabilidade do empreendimento (BEHNKE, 2017).

Benke (2017) concluiu em sua pesquisa que:

“(...) os dados mostraram que os hotéis LEED nem sempre superam suas contrapartes relevantes no que diz respeito ao desempenho de carbono, água e energia. (...) A LEED não faz necessariamente uma afirmação de que eles endossam os melhores hotéis nos EUA quando se trata de sustentabilidade, mas com os dados deste estudo, fazer essa afirmação seria mais difícil agora se o USGBC decidisse usar essa tática de marketing. Os clientes perceberiam que a certificação LEED não marca os "melhores" hotéis para a sustentabilidade e, portanto, a certificação seria reduzida a apenas: uma certificação de que o hotel atingiu um nível de qualidade e não um símbolo de superioridade ambiental sobre outros hotéis na área” (BEHNKE, 2017, p. 85-86).

A versão LEED V.4 da certificação, lançada em novembro de 2013 e vigente até a atualidade, ofereceu um conjunto de critérios personalizados para edificações que abrigam atividade de hospitalidade (BEHNKE, 2017). Na versão atual a pontuação da certificação favorece e prioriza os critérios operacionais da edificação em detrimento dos aspectos de infraestrutura física e arquitetônica, sendo esses últimos o foco do presente trabalho. Dessa forma, apesar da importância e abrangência mundial da certificação LEED, para os meios de hospedagem ela ainda não possui critérios que possam definir o nível de sustentabilidade da edificação. Logo, seus critérios não serão abordados no presente trabalho.

2.3 Eficiência Energética em Meios de Hospedagem

O levantamento de informações a respeito de conservação de energia em edificações hoteleiras abrange trabalhos realizados desde 1995 até os dias de hoje, no contexto nacional e internacional. Santamouris et al. (1995) realizaram uma pesquisa cujo objetivo foi apresentar resultados de uma análise de auditorias energéticas realizadas em 158 hotéis na Grécia, para comprovar a importância do *Retrofit* como uma forma de aumentar a eficiência energética do

empreendimento. Os autores afirmam que o consumo energético depende de variáveis como categoria do estabelecimento, características construtivas, manutenção, tipo, quantidade e eficiência dos sistemas de aquecimento, resfriamento e iluminação, além de outros tipos de equipamentos e serviços e do comportamento dos usuários.

Santamouris et al. (1995), concluíram que sistemas de climatização artificial elevam o consumo energético de 29% a 77%, dependendo do sistema utilizado, e que o consumo energético de um meio de hospedagem pode ser reduzido em até 20% utilizando medidas de conservação de energia e *retrofit* predial, recomendando as seguintes medidas para redução do consumo energético: redução da transferência de calor, aumentando o isolamento térmico das superfícies; utilização de equipamentos de resfriamento, aquecimento e iluminação com alta eficiência energética; utilização de vegetação nas superfícies externas para redução da radiação solar direta incidente; utilização de piscinas ou fontes para diminuição da temperatura interna do ambiente através do resfriamento evaporativo; sombreamento adequado das superfícies e aberturas, entre outras medidas e técnicas.

Deng e Burnett (2002) realizaram uma pesquisa com hotéis de 3, 4 e 5 estrelas localizados na cidade de Hong Kong, de clima subtropical, todos eles condicionados artificialmente, escolhendo para estudo de caso um hotel de 5 estrelas, com área de 37.000m², 15 pavimentos, dois níveis de subsolos e 450 unidades habitacionais, além de diversos ambientes utilizados para diversão e satisfação dos clientes, no qual foi realizado um estudo de caso detalhado sobre o consumo de energia por uso final. Os equipamentos que apresentaram maior consumo energético por uso final foram o ar condicionado (45%), diversos (31%), iluminação (17%) e elevadores e escadas rolantes (7%). Os parâmetros utilizados para analisar o consumo elétrico foram: temperatura média mensal, ocupação mensal de hóspedes e o número mensal de refeições servidas no estabelecimento. Os autores concluíram que a classificação do hotel não está relacionada ao consumo energético do empreendimento e que a variação de energia consumida mensalmente acompanha a variação da temperatura externa. Eles também desenvolveram uma equação que relaciona os parâmetros estudados com o consumo de energia do estabelecimento, demonstrando que a temperatura média externa é quatro vezes mais significativa para determinar o consumo de energia do que a média mensal de número de hóspedes do estabelecimento.

Em sua dissertação de mestrado, Buoro (2008) avaliou a eficiência energética em estabelecimentos hoteleiros econômicos de redes internacionais situados na cidade de São Paulo, climatizados artificialmente. A pesquisa se concentrou na investigação das UHs de

uma edificação escolhida para o estudo de caso. Como metodologia, foram utilizadas medições no estabelecimento e análise paramétrica baseadas em simulações computacionais para verificação da influência das características construtivas no consumo energético da edificação. Os parâmetros analisados pela autora foram: percentual de abertura na fachada, fator solar dos elementos transparentes, orientação das superfícies da edificação, inserção de elemento bloqueador de radiação solar (cortinas), condicionamento artificial e natural e padrões de uso e ocupação. Buoro (2008) constatou que os componentes transparentes, com as janelas e cortinas fechadas, apresentaram pequena condução térmica durante o verão e uma perda de calor significativa durante o inverno. Ao simular os componentes transparentes sem as cortinas, a autora constatou um aumento do ganho térmico durante o verão. Buoro (2008) também analisou, através de simulação computacional, a situação de conforto térmico utilizando ventilação natural e artificial conjuntamente. O resultado dessa simulação mista foi que no verão, durante o período noturno, houve perda de calor devido à ventilação com as janelas abertas atingindo a temperatura de conforto necessária. Tais resultados geraram uma proposição projetual para o hotel do estudo de caso. Uma das propostas resultantes do trabalho foi a implantação do método de ventilação por efeito chaminé nas UHs do estabelecimento estudado. Contudo, a autora enfatiza que no inverno, para a cidade de São Paulo, é necessário a utilização de aquecimento artificial. A autora também ressalta que a exclusão completa do ar condicionado não é possível devido as exigências do MTur a respeito do Sistema de Ar Condicionado (SAC) em hotéis acima de 3 estrelas. Gúzman (2003) realizou uma pesquisa teórica cujo objetivo foi identificar as variáveis arquitetônicas que influenciam no ganho térmico e no aumento do consumo energético de quartos de hotéis. O estudo foi realizado em uma amostra de 40 hotéis localizados no litoral cubano onde o consumo de energia elétrica representa entre 10 e 15% do custo operacional em hotéis. Em relação ao consumo de energia por área construída o autor afirma que as unidades habitacionais são as principais consumidoras por correspondem ao maior percentual de área da maioria dos estabelecimentos, e por serem os espaços onde o hóspede permanece durante a maior parte do tempo. Segundo o autor o principal ganho térmico do ambiente é proveniente da energia produzida pelo sol que é absorvida pela edificação através de suas superfícies opacas (coberturas e paredes) e transparentes (janelas), sendo que a influência da janela no consumo energético está mais relacionada aos materiais da mesma do que ao design delas.

No artigo desenvolvido por Veloso, Santos e Lima Neto (2001), os autores tiveram como objeto de estudo hotéis e apart-hotéis localizados em Natal - RN e utilizaram

procedimentos metodológicos da Avaliação Pós-ocupação (APO), incluindo questionários e pesquisa do grau de satisfação do usuário. Eles identificaram uma predominância de hotéis de forma alongada e com utilização de panos de vidros nas fachadas voltadas a leste (com vista para o mar), sendo essa última característica construtiva a causa da exposição da privacidade dos hóspedes, necessitando do uso de cortinas e películas como forma de resolver o problema. Como consequência o uso de climatizadores e da iluminação artificial se torna necessário para tornar o ambiente confortável, conforme revelado por 90% dos respondentes das entrevistas. Os autores também explicitam que um dos maiores problemas para a viabilização da ventilação natural nas unidades habitacionais está relacionado à privacidade e segurança dos hóspedes e que turistas de países com climas temperados possuem uma maior tendência a dispensar o uso de ar condicionados. Por fim, concluem que apesar da cidade analisada possuir clima favorável ao conforto térmico, as soluções arquitetônicas empregadas não seguem as recomendações projetuais para edificações implantadas em clima quente e úmido e atribuem esse fato a necessidade de privilegiar “(...) a visualização das paisagens (naturais ou não), a despeito de fatores como orientação e o sentido dos ventos dominantes, além do aproveitamento máximo do terreno buscando a otimização do número de apartamentos” (VELOSO; SANTOS; LIMA NETO, 2001, p.5).

Veloso e Elali (2004) também utilizaram a APO como metodologia de pesquisa para realizar avaliações relativas ao conforto térmico dos usuários e eficiência energética de seis hotéis situados na faixa litorânea da cidade de Natal/RN. O objetivo das autoras foi avaliar as medidas de conservação de energia implementadas pelos empreendimentos hoteleiros após a exigência de racionamento de energia elétrica imposta pelo governo federal em 2001, correspondente a meta de reduzir em 20% o consumo energético do setor. Os procedimentos metodológicos utilizados foram: vistorias nos estabelecimentos, levantamento físico da estrutura edificada, aplicação de questionários com os hóspedes, entrevistas com funcionários e análise correlativa dos gastos energéticos com o comportamento dos usuários e com as tipologias das edificações visitadas. Verificaram que o tipo de cliente (turistas, executivos e participantes de eventos), o gênero e a faixa etária são fatores que afetam o comportamento em relação ao uso e ocupação dos espaços e equipamentos, sendo que seu comportamento no hotel pode não refletir seus hábitos cotidianos, pois os ocupantes não desenvolvem sentimento de responsabilidade coletiva para com o meio de hospedagem. Com relação aos edifícios, foi constatado um uso abusivo de panos de vidro, a ausência de ventilação cruzada (nas áreas sociais e nas unidades habitacionais) e a inadequação do conforto luminoso e térmico de

alguns setores de serviço, principalmente na cozinha. Dentre os fatores que influenciam na inadequação projetual, foi destacada a imposição de exigências de normativas, como as da EMBRATUR, para a instalação de condicionadores de ar nas UH's em hotéis a partir de 3 estrelas e climatização artificial nos lobbies e áreas comuns em hotéis de 4 e 5 estrelas, culminando no simples descarte de soluções ecologicamente mais adequadas (VELOSO; ELALI, 2004).

Para suprir as exigências normativas e cumprir as metas governamentais os estabelecimentos grandes consumidores de energia optaram por instalar geradores de energia, substituir equipamentos existentes por outros com maior eficiência e realizar revisão nas instalações prediais. As intervenções no sistema de iluminação foram descartadas pelos gestores pelo fato de corresponderem apenas de 6 a 8% do gasto energético total desses edifícios. Já nos médios consumidores foi observado o investimento em novos equipamentos, controle de utilização do ar condicionado, eliminação de uso de água quente em pontos não necessários, instalação de economizadores de energia nas UH's e reposição do sistema de iluminação por lâmpadas mais eficientes. Os pequenos consumidores optaram por medidas gerenciais de desligar os condicionadores de ar, desligar o sistema de água quente em horários de pico e modificar o sistema de iluminação por tecnologias mais eficientes.

Por fim, Veloso e Elali (2004) observaram que, após o passar da crise energética do país em 2001, os pequenos e médios consumidores voltaram a aumentar seu consumo energético em cerca de 10%. “Certamente tal fato deve-se às medidas adotadas, pois embora algumas sejam mantidas até hoje, outras foram suspensas, pois representavam menos conforto para os hóspedes” (VELOSO; ELALI, 2004, p. 7). O mesmo fenômeno não foi observado nos grandes consumidores que mantiveram e até reduziram o consumo de energia elétrica após a crise. As autoras observam que estedecréscimo foi decorrente do uso, cada vez mais recorrente, de fontes não renováveis para geração de energia.

Lima (2007) utilizou simulação computacional, empregando o software VisualDOE, com a finalidade de verificar o impacto de diferentes decisões arquitetônicas no consumo de energia em um caso representativo de edificações hoteleiras situadas em Natal - RN. Os parâmetros analisados pelo autor foram: sombreamento das aberturas, transmitância da cobertura, absorvância das paredes e da cobertura, percentual de aberturas na fachada, o fator solar dos vidros das esquadrias, a orientação das maiores fachadas e a eficiência energética dos condicionadores de ar (EER). O autor também realizou auditorias de uma amostra dos estabelecimentos hoteleiros e constatou que o consumo energético das edificações variou

entre 58 kWh/m² e 193kWh/m². Também foi constatada uma forte correlação entre a taxa de ocupação e o consumo de energia. Os resultados do trabalho indicaram que a combinação de variáveis arquitetônicas pode ter mais impacto sobre o consumo de energia do que aquelas relacionadas com o ar condicionado. Os resultados das simulações empregando um equipamento de ar-condicionado de alta eficiência indicaram uma redução de consumo de 28%, enquanto que mudanças nas características arquitetônicas geraram uma economia de até 65%, com destaque para a combinação entre PAF = 26% e baixa transmitância e absorvância da cobertura ($U=0,46$ W/m².K e $\alpha=0,2$).O impacto do sombreamento, na maioria dos casos, gerou reduções de consumo entre 10 e 20%, enquanto a redução da absorvância das paredes reduziu entre 9% e 43% o consumo de energia. A Tabela 9 sintetiza o impacto das decisões arquitetônicas na redução do consumo de energia para alguns casos simulados. Por fim, o autor também concluiu que em hotéis de grande porte, com infraestrutura diversificada e com uso de ar condicionado central, não foi possível determinar a correlação entre a taxa de ocupação e o consumo de energia.

Tabela 9 - Redução do consumo de energia decorrente de diferentes configurações arquitetônicas.

| | | Parâmetros Arquitetônicos | | | | | | |
|------|----------|---------------------------|--------------------------|--------------|---------|---------------|----|-----------------|
| EER | Redução | Somb. (%) | Ucob W/m ² .K | α cob | PAF (%) | α par. | FS | Azimute (Graus) |
| 3,06 | 0 – 10% | 0 | 3,6 | 0,7 | 70 | 0,8 | 81 | 0 |
| | 61 – 70% | 80 | 0,4 | 0,2 | 26 | 0,2 | 31 | 90 |
| 1,99 | 0 – 10% | 0 | 3,6 | 0,7 | 70 | 0,8 | 81 | 0 |
| | 61 – 70% | 80 | 0,4 | 0,2 | 26 | 0,2 | 31 | 90 |

Fonte: Adaptado de LIMA, 2007, p.138-139.

Signor, Westphal e Lamberts (2001) desenvolveram um estudo abrangendo edifícios comerciais condicionados artificialmente em 14 cidades brasileiras, incluindo a cidade de Maceió. O objetivo dos autores foi desenvolver um modelo simples de previsão de consumo de energia elétrica para edifícios comerciais em diversos climas. A metodologia utilizada foi modelagem computacional, utilizando o software VisualDOE2.6, seguida por análise de regressão linear entre as variáveis estudadas. As variáveis estudadas foram: área da cobertura/área Total, percentual de abertura nas fachadas, fator de Projeção de peitoril das janelas, coeficiente de sombreamento das aberturas, Transmitância e absorvância da cobertura, Transmitância e absorvância das superfícies da fachada e intensidade de carga interna. Como resultado observaram que o sistema de cobertura apresentava grande influência no consumo energético, enquanto que o formato da edificação e a transmitância da fachada não possuíam relação linear com o consumo de energia elétrica.

Bohdanowicz, Churie-Kallhauge e Martinac (2002) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de fornecer um panorama mundial do setor hoteleiro sob o ponto de vista

energético. Os autores afirmam que as eficiências energéticas de diversos equipamentos são frequentemente baixas e que o consumo energético varia em função dos diferentes tipos de hotéis, dependendo dos seguintes fatores: tamanho, categoria, números de quartos, tipo de cliente (lazer, negócios, eventos, entre outros), localização (urbana ou rural), zonas climáticas e serviços e atividades disponibilizadas ao turista. Foi observada uma influência pronunciada entre o consumo de energia e a temperatura média externa, justificada pelo fato dos sistemas de condicionamento artificial serem, frequentemente, os maiores consumidores de energia por uso final (até 42%).

Em sua tese de doutorado Carlo (2008) propõe uma metodologia para avaliar a eficiência energética da envoltória de edificações comerciais (contemplando a tipologia hoteleira). O procedimento metodológico adotado contou com levantamento de dados em campo (fotografias) em 5 cidades brasileiras (Florianópolis, São Paulo, Salvador, Recife e Belo Horizonte) e em 1103 estabelecimentos sendo: 357 Escritórios, 255 Lojas, 145 restaurantes e lanchonetes, 93 pousadas e hotéis, 64 Supermercados, 83 Hospitais e grandes clínicas e 106 escolas. Foram escolhidas edificações representativas de cada tipologia estudada com a finalidade de realizar uma vistoria presencial que serviu como base para a simulação computacional, tendo como objetivo investigar a influência de cada parâmetro no consumo e na eficiência energética da edificação. A autora utilizou o software EnergyPlus e avaliou os seguintes parâmetros: Percentual de área de janela na fachada (PJF), fator solar dos vidros (FS), ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS), áreas das edificações, volumetria, densidade de carga interna e transmitância da cobertura. Com base nas informações levantadas na etapa de campo (características arquitetônicas, ocupação média, horários de funcionamento, densidade de carga média e características dos sistemas de ar condicionado) a autora formou um “modelo base representativo” de cada atividade comercial estudada. Com relação ao percentual de janelas nas fachadas dos hotéis observados, a autora identificou os seguintes resultados: cerca de 30% dos estabelecimentos apresentaram PJF de até 20%; cerca de 40% tiveram o PJF entre 21 e 40%; em aproximadamente 15% dos estabelecimentos o PJF variou entre 41 e 60% e em cerca de 10% dos hotéis o PJF variou entre 61 e 80%. Já em relação a cor dos vidros, a autora observou que cerca de 50% dos estabelecimentos possuem vidro incolor. Ela também observou a ausência de brises verticais em 80% da amostra. Já os ângulos horizontais de sombreamento foram considerados de uso irrelevante em todas as atividades estudadas pela autora.

Parpari (2017) realizou estudo em hotéis localizados da Grécia com o objetivo de apresentar uma lista de estratégias utilizadas regularmente em hotéis gregos e discutir a necessidade da utilização de Tecnologias de Energias Renováveis combinados com o design sustentável da edificação. A autora cita o *Energy Solutions Project* (2011) para detalhar o uso final de energia dentro das edificações hoteleiras. Concordando com os demais autores abordados anteriormente, o principal consumidor de energia dentro dessa tipologia edificada é o ar-condicionado, seja ele utilizado para aquecimento ou resfriamento dos ambientes. Segundo a autora grande parte da energia utilizada nesses empreendimentos é desperdiçada devido ao uso descontrolado dos recursos por parte dos hóspedes, que ao saberem a inexistência de conexões entre o preço pago ao estabelecimento e o consumo de recursos energéticos usam energia e água sem ponderar o efeito de suas ações. Por fim, Parpari (2017) frisa a importância de ser realizada uma auditoria energética antes de ser pensada qualquer forma de conservação de energia, pois a auditoria irá revelar os problemas que serão remediados através de MCEs que tragam retorno econômico ao estabelecimento.

A partir do exposto nos estudos referenciados, é possível perceber que os parâmetros mais citados como influentes no consumo de energia da tipologia hoteleira são: percentual de abertura na fachada; fator solar dos elementos transparentes; orientação das superfícies da edificação; elementos de sombreamento; eficiência energética do sistema de ar-condicionado; volumetria; área útil edificação; transmitância e absorvância das paredes e da cobertura e densidade da carga interna.

Em relação ao consumo energético anual por unidade de área (m^2), observou-se uma variação entre $168,7 \text{ kWh/m}^2$ em hotéis ventilados naturalmente em Atenas (Santamouris et al., 1995) e o máximo foi de $688,7 \text{ kWh/m}^2$, média de empreendimentos localizados em Ottawa no Canadá (Shi-Ming; Burnett, 2000 apud Bohdanowicz, Churie-Kallhauge e Martinac, 2002). No caso brasileiro, foi observado um consumo anual médio de $126,22 \text{ kWh/m}^2$ em Natal/RN. A ampla variação de consumo energético entre os meios de hospedagem condicionados artificial e naturalmente enfatiza o papel do ar-condicionado como grande consumidor de energia e revela que a melhor solução para a eficiência energética para empreendimentos hoteleiros é a utilização da ventilação natural, quando viável.

Outro aspecto relevante, conforme defendido por Veloso e Elali (2004) refere-se à conscientização dos funcionários dos meios de hospedagem, incentivando a participação ativa destes na detecção e eliminação de gastos energéticos desnecessários, a fim de se obter

sucesso com a implantação das metas de economia de energia. Logo, conclui-se que a eficiência energética nos meios de hospedagem depende de uma ação conjunta que inclui a gestão empresarial, o emprego de equipamentos eficientes, a conscientização dos usuários quanto ao seu comportamento, associada à adequação bioclimática da edificação.

Os usuários são os personagens principais nos meios de hospedagem, e são identificados dois tipos principais: Hóspedes e Funcionários. Esse último por possuir um vínculo e uma rotina de trabalho possui comportamento que pode ser previsto e padronizado, sendo o resultado dessa padronização muito próximo da realidade. Já os hóspedes possuem comportamento variado e imprevisível e são alvos de pesquisas que relacionam seus comportamentos e hábitos ao consumo de energia em meios de hospedagem. Essa relação foi citada nas pesquisas de Santamouris et al. (1995); Veloso, Santos e Lima Neto (2001); Veloso e Elali (2001) e Parpari (2017).

Segundo Guzmán (2003) os principais ambientes que consomem energia elétrica dentro da edificação hoteleira são os apartamentos, onde os hóspedes permanecem durante longos períodos. A determinação do período de ocupação do hóspede em seu apartamento e da utilização dos equipamentos de televisão e luz geral do ambiente foram abordadas por Buoro (2008) e se basearam em pesquisas de Buoro, et. Al (2004) e Mesquita (2006). Nesses dois trabalhos, foram realizadas Avaliações Pós-Ocupação (APO) com usuários de alguns hotéis econômicos de São Paulo, na capital e no interior. Entre as conclusões, está o fato da ocupação das UH ocorrer apenas no período da noite para mais de 80% dos hóspedes, sendo os apartamentos utilizados para descanso (dormir), relaxamento (assistir televisão ou ler um livro) e higiene pessoal.

Bohdanowicz e Martinac (2002) estudaram o conforto térmico do usuário e as possibilidades para redução de consumo de energia em hotéis. Observaram que os hóspedes, geralmente, manipulam os elementos de controle térmico com pouca ou nenhuma preocupação com a conservação de energia. Com portas e janelas frequentemente deixadas abertas enquanto o sistema de resfriamento ou aquecimento opera em capacidade máxima. Outro aspecto apontado como descuido dos hóspedes foi o abandono das unidades habitacionais durante o dia com o sistema de condicionamento artificial funcionando. Os autores afirmam ainda que uma diminuição de 1 °C na temperatura interna do ambiente resulta em uma redução de aproximadamente 10% em custos com aquecimento.

Santamouris et al. (1995) afirmam que o comportamento dos usuários tem um impacto direto no consumo de energia em meios de hospedagem. Há uma tendência de falta de

consciência dos ocupantes no que diz respeito aos hábitos de consumo energético, pois é cobrado um preço fixo independente do consumo de energia. Este fato fortalece a crença que a energia do estabelecimento é “abundante” e “livre-de-cobranças”. Foi observado uma mudança de padrão de comportamento considerável para ocupantes de hotéis, que difere do comportamento que esses indivíduos possuem em suas residências. Eles citam como exemplo a temperatura de operação configurada nos termostatos dos condicionadores de ar que geralmente estão ou muito acima (aquecimento) ou muito abaixo (resfriamento) do necessário para o conforto do usuário. Outro exemplo dado pelos autores foi o uso excessivo de iluminação artificial, principalmente quando elas são deixadas ligadas durante o dia ou noite em unidades habitacionais desocupadas (SANTAMOURIS et al., 1995). Após realização de entrevistas com funcionários do hotel a respeito da satisfação no conforto térmico do estabelecimento os autores identificaram que nos hotéis que apresentam o menor consumo de energia as queixas relacionadas ao desconforto térmico foram mais recorrentes. Essa relação é compatível com o trabalho realizado por Veloso e Elali (2004), que contataram que em hotéis de pequeno e médio porte parte das medidas de conservação de energia afetam o conforto do usuário e que por esse motivo não são sustentadas pelo mercado turístico.

Dessa forma conclui-se que a relação entre comportamento do hóspede e o consumo de energia é sólida e que depender da ação ativa do cliente como medida de conservação de energia afeta a satisfação do mesmo e, conseqüentemente, coloca em risco a relação cliente-empresa. Já ações tecnológicas, de reforma predial e de gestão de energia são eficazes e independem dos hóspedes, podendo alcançar até 20% de economia energética (SANTAMOURIS et al., 1995). É importante mencionar que em edificações concebidas com princípios bioclimáticos e preocupações tecnológicas em relação a eficiência energética as preocupações com *retrofit* predial são menores e menos onerosas economicamente.

2.4 Simulação Computacional Termo Energética

Simulações computacionais termo energéticas de edificações são procedimentos metodológicos que permitem visualizar resultados do comportamento físico da edificação a partir de modelos hipotéticos, utilizando como instrumento softwares de simulação computacional. Segundo Mendes et al. (2005, p.48): “Com a simulação computacional, pode-se estimar o consumo de energia, o custo desse consumo e até mesmo o impacto ambiental provocado pela alternativa de projeto antes mesmo de sua execução”.

O método é amplamente utilizado em estudos relativos a eficiência energética de edificações. Carlo (2008) utilizou simulação computacional termo energética em edificações

comerciais com a finalidade de verificar a influência da envoltória no consumo energético, utilizando como ferramenta o software EnergyPlus. Lima (2007), utilizou o software VisualDOE para simular diferentes alternativas projetuais no consumo de energia. Já Santana (2006) utilizou o EnergyPlus com a finalidade de identificar a influência de parâmetros construtivos de edifícios de escritório no gasto energético. Segundo Lima (2007) existem diversos softwares de simulação que podem ser utilizados para analisar desempenho térmico de edificações, entre eles, o autor cita: Blast, ESP-r, HTB-2, VisualDOE, Energy-10, Building Design Advisor, HEED, IES, ECOTEC, TAS e EnergyPlus, sendo esse último o escolhido para a presente pesquisa.

O Energyplus é um software de simulação computacional que possibilita a análise do desempenho energético de edificações. Ele foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos e é utilizado por engenheiros, arquitetos e demais pesquisadores pertencentes a essa área de concentração (EnergyPlus, 2017). O software é gratuito e pode ser obtido através da página virtual: <https://energyplus.net/>. Dentre as possibilidades de simulação termo energética viabilizadas pelo software se destacam: solução integradas de zonas térmicas condicionadas naturalmente e/ou artificialmente; análise em intervalos de tempo menores que 1 hora; cálculo simultâneo do balanço energético das cargas térmicas prediais em relação aos efeitos radiante e convectivo nas superfícies internas e externas; modelo de conforto térmico baseado na atividade, temperatura de bulbo seco e umidade; sistemas de condicionado de ar configuráveis pelo usuário; entre outros (MELO; WESTPHAL; MATOS, 2009). Para dar início a uma simulação no EnergyPlus é necessário a modelagem da edificação através do IDF-Editor, podendo-se utilizar softwares complementares para o desenho e configuração do

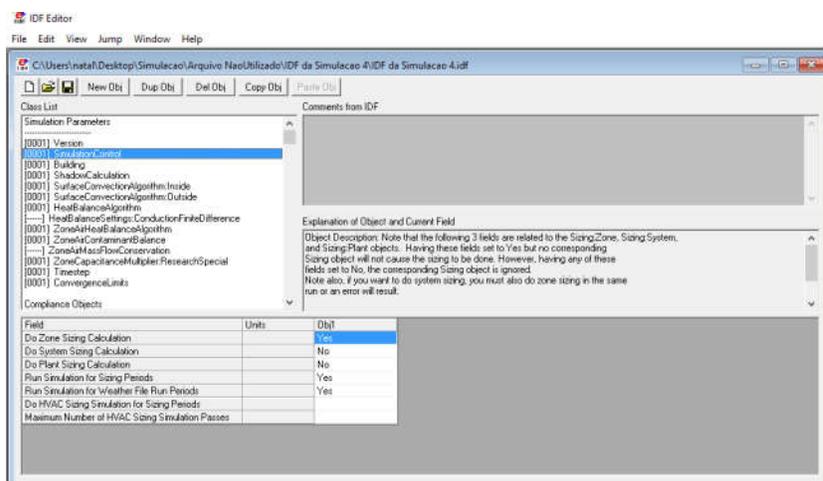


Figura 2 - IDF Editor do EnergyPlus 2.13 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

modelo, como o OpenStudio.

O OpenStudio é uma plataforma auxiliar disponibilizada para diversos sistemas operacionais (Windows, Mac e Linux) e é utilizado para configurar a modelagem energética de edificações executadas pelo software EnergyPlus. A plataforma possui interfaces gráficas intuitivas e dentre as existentes está o *plug-in* do software SketchUp (conforme figura 3 e 4) que é disponibilizado gratuitamente através da página virtual: <https://www.openstudio.net/>.

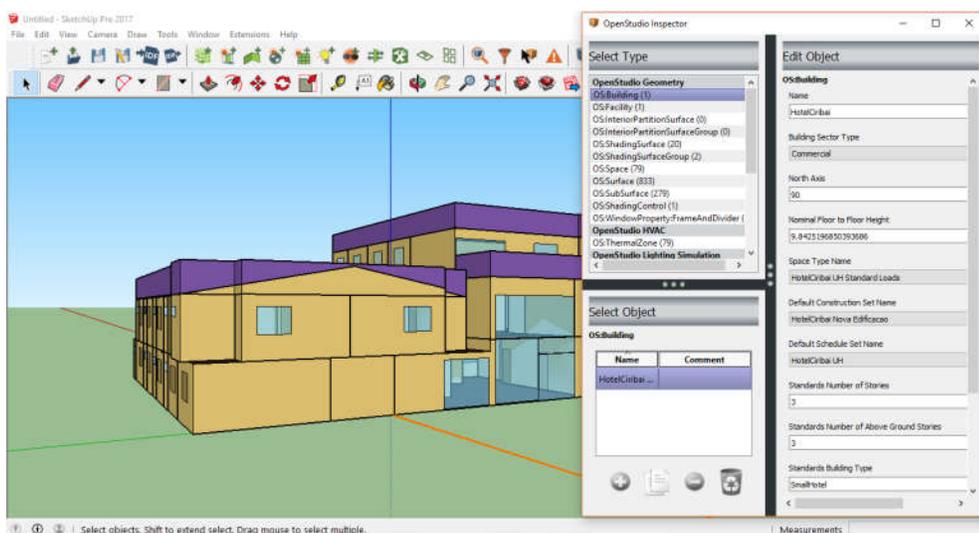


Figura 3 - *PlugIn* do OpenStudio para SketchUp (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

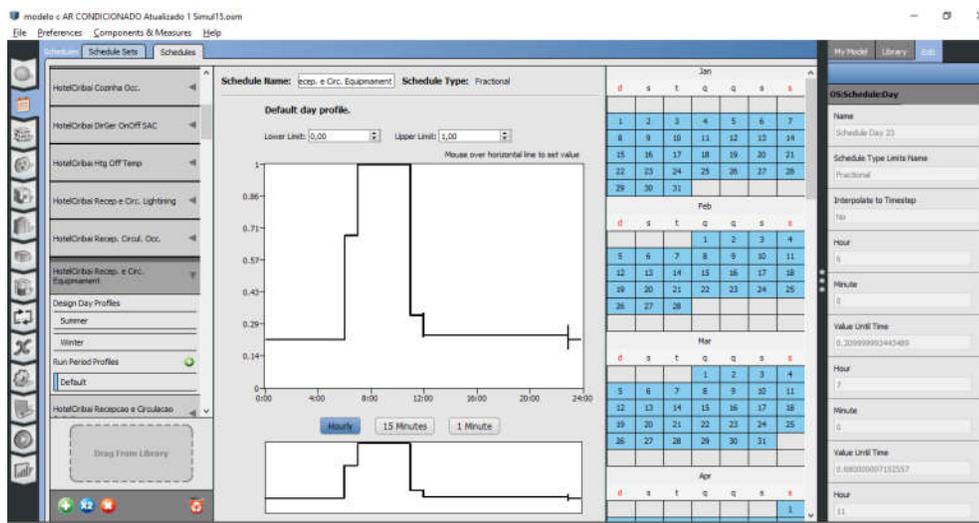


Figura 4 - Interface do software OpenStudio (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

2.5 A influência de parâmetros construtivos no consumo de energia da edificação

Aqui são apresentados resultados de pesquisas científicas cujo objetivo foi a investigação da influência de parâmetros construtivos da envoltória no consumo de energia da edificação. Os parâmetros explanados nesse tópico foram baseados em pesquisas desenvolvidas a partir de simulações termo energéticas, são eles: absorvância das fachadas, absorvância das coberturas, temperatura de configuração do setpoint do ar condicionado e fator solar dos vidros.

2.5.1 Absorvância das fachadas

Santana (2006) investigou o comportamento do consumo energético através da variação de parâmetros construtivos de escritórios comerciais situados em Florianópolis. A autora considerou edifícios de 11 pavimentos, projeção horizontal retangular com 200m², 40% de PAF da fachada principal e 20% das demais fachadas, condicionados artificialmente, com temperatura de *setpoint* configurada para 24°C e com um consumo anual de 191,8 MWh (87,2 kWh/m²). A configuração dos materiais e de cargas térmicas admitidas pela autora foram as seguintes:

| | | |
|---|--|--------------------|
| Transmitância Térmica (W/m ² K) | Paredes | 2,47 |
| | Cobertura | 2,42 |
| Capacidade Térmica [kJ/(m ² .K)] | Paredes | 200 |
| | Cobertura | 187 |
| Absorvância | Paredes | 0,65 |
| | Cobertura | 0,70 |
| Vidro | cor | fumê |
| | espessura | 6 mm |
| Ocupação média (m ² /pessoa) | | 14,7 |
| Densidade de carga interna (W/m ²) | Iluminação | 6,4 |
| | Equipamentos | 9,7 |
| Características do sistema de condicionamento de ar | Tipo | Aparelho de janela |
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 12.000 |
| | COP (W _{térmico} /W _{elétrico}) | 2,8 |

Figura 5 - Descrição das características termo físicas e densidade de cargas térmicas da pesquisa de Santana (Fonte: SANTANA, 2006, p. 85).

| Tabela 4.11: Descrição das propriedades dos materiais. | | | | | |
|--|------------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|
| Elementos | Rugosidade | Espessura (cm) | Condutividade (W/m.K) | Densidade (kg/m³) | Calor específico (J/kg.K) |
| Parede interna | | | | | |
| Argamassa de reboco | rugoso | 2,5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Tijolo cerâmico | rugoso | 10 | 0,9 | 1232 | 920 |
| Laje intermediária | | | | | |
| Argamassa de reboco | rugoso | 2,5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Laje de concreto | rugoso | 15 | 1,75 | 2200 | 1000 |
| Piso cerâmico 1 | rugoso | 1,9 | 0,14 | 530 | 900 |
| Piso | | | | | |
| Laje de concreto | rugoso | 15 | 1,75 | 2200 | 1000 |
| Argamassa de reboco | rugoso | 2,5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Piso cerâmico 2 | rugoso | 1 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Parede externa | | | | | |
| Argamassa de reboco | rugoso | 2,5 | 1,15 | 2500 | 1000 |
| Tijolo cerâmico | rugoso | 10 | 0,9 | 2900 | 920 |
| Cobertura | | | | | |
| Telha de fibrocimento | rugoso | 0,7 | 0,95 | 1900 | 840 |
| Laje de concreto | rugoso | 8 | 1,75 | 2200 | 1000 |

Figura 6 - Descrição das propriedades dos materiais admitidos para a pesquisa de Santana (Fonte: SANTANA, 2006, p. 87).

Ao variar apenas a absorvância das fachadas a autora descobriu que a alteração de valores da absorvância pode influenciar em até 5,5 % o consumo de energia da edificação (em relação ao caso base da autora). Através dos resultados da pesquisa de Santana (2006) também é possível perceber que a variação de consumo percentual entre a absorvância de cor marrom (absorvância 0,74) e de cor branca (absorvância 0,19) o consumo de energia decresce em 9,92%. Já ao comparar o consumo percentual entre a absorvância da cor preta (absorvância 0,93) e da cor branca, o consumo de energia percentual decresce em 13,15%, sendo essa a maior variação comparada. Por fim, a autora conclui que: “(...)o consumo de energia aumenta em função do aumento da absorvância das paredes, a cada aumento de 10% da absorvância, ocorre aproximadamente um aumento de 1,9% no consumo de energia” (SANTANA, 2006, p. 112).

2.5.2 Absorvância das coberturas

Santana (2006) também variou a absorvância da cobertura e observou que ao variar a absorvância de 0,70 (telha de fibrocimento escura) para 0,20 (cobertura pintada de branco), o consumo de energia decresceu 5,0%. A autora concluiu que: “Ao se aumentar a absorvância em 10%, aumenta-se o consumo de energia em 1%” (SANTANA, 2006, p. 114). É importante frisar que a interferência da absorvância da cobertura no consumo de energia é limitada pela área de ambientes em contato direto com a coberta, ou seja, quanto mais horizontal for a edificação, maior influência a cobertura exercerá no consumo de energia.

2.5.3 Temperatura de configuração do setpoint do ar condicionado

Segundo Hoyt et al. (2015) apud Konis e Zhang (2016), ajustes na temperatura de *setpoint* são conhecidos por serem estratégias práticas e de bom custo benefício na redução de consumo energético por aquecimento ou resfriamento artificial. Konis e Zhang (2016), em pesquisa que abrangeu a avaliação de usuários de edifícios de escritórios situados na Califórnia quanto ao conforto e desconforto térmico dentro de seus ambientes de trabalho, descobriram que a temperatura de resfriamento aceitável para 80% dos usuários era de 26,7°C (2,7°C a mais do que o valor padrão de *setpoint*). Contudo, é importante mencionar que esse valor varia de acordo com o clima da região em que a edificação está inserida, tipologia construtiva, origem e adaptação dos respondentes, dentre outras variáveis.

Os autores avaliaram diferentes configurações de *setpoints* em três tipologias construtivas diferentes e em 8 cidades distintas do estado da Califórnia, afim de comparar o desempenho do consumo energético das edificações. Foi escolhida a cidade de Los Angeles para servir de referência dos resultados de economia de energia, a escolha se deu devido ao clima da cidade ser mais quente e mais semelhante (no verão) às cidades litorâneas brasileiras. Segundo a pesquisa dos autores, para as edificações construídas após 1980 a economia de energia com o ajuste do *setpoint* foi 35,5%. Já para edificações construídas conforme a normativa da ASHRAE 90.1 (2013), a economia com o ajuste do *setpoint* foi de 38,8%.

Ferreira, Suzuki e Prado (2012) realizaram uma pesquisa que investigou a economia de energia de uma tipologia de edifício de escritório situado na cidade de São Paulo. Segundo as autoras: "Considerando a diferença de consumo de energia anual para os *setpoints* de 19,1°C e 24,5°C, a economia de energia obtida com o acréscimo de temperatura pode ser de até 35%" (FERREIRA; SUZUKI; PRADO, 2012, p. 1031). Ao observar as variações graduais de temperatura percebe-se, através dos resultados das autoras, que ao variar a temperatura de *setpoint* de 19,1°C para 23,5°C a economia de energia anual é de 29,4%, já ao variar a temperatura de 23,5°C para 24,5° essa economia é de 9,98%.

2.5.4 Fator Solar dos vidros

Segundo os resultados da pesquisa de Santana (2006), para o caso simulado pela autora, ao variar o fator solar de 0,87 (vidro simples) para 0,22 (vidro refletivo) o consumo de energia decresce em 4,32%. Ainda segundo a autora: "Aumentando o fator solar em 0,1, aumenta-se o consumo de energia em 0,65%".

2.6 Considerações finais do capítulo

Através do exposto no presente capítulo pode-se perceber que pesquisas acerca da eficiência energética, conservação de energia e padrões de consumo energético de meios de hospedagens são realizadas pioneiramente no continente europeu e na América do Norte. No Brasil estudos com essa temática ainda estão em fase inicial, sendo geralmente desenvolvidos pelos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia civil e arquitetura e urbanismo.

No mundo diversos sistemas de classificação e etiquetagem de eficiência e desempenho energético de edificações (incluindo meios de hospedagem) estão em vigência, sendo os principais deles o EnergyStar e o LEED. No Brasil não existem sistemas de avaliação de desempenho termo energético específicos para os meios de hospedagem, contudo o regulamento técnico de qualidade para nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas (RTQ-C) abrange esse tipo de edificação e recomenda a utilização de simulações computacionais para avaliação de desempenho.

Simulações computacionais são amplamente utilizadas em estudos cuja finalidade é avaliar o desempenho termo energético de edificações através de variações paramétricas. Dentre as pesquisas analisadas as principais características estudadas foram: absorvância e transmitância dos elementos da envoltória, o FS dos vidros das esquadrias e as temperaturas de configuração de *setpoint* do sistema de climatização artificial. A simulação computacional é um método eficiente e amplamente utilizado para analisar a relação entre elementos arquitetônicos, comportamentos dos usuários, influência climática e o consumo de energia elétrica. Dentre os softwares comumente utilizados para o desenvolvimento de pesquisas o escolhido para o presente trabalho foi o EnergyPlus v. 8.7.0.

Capítulo 3

“Metodología”

3 Metodologia

Para a realização da pesquisa foram utilizados procedimentos metodológicos pertencentes às seguintes metodologias: Avaliação Pós-Ocupação, Estudo de Caso e Simulação Computacional.

3.1 Estudo de Caso

Para identificar os meios de hospedagem econômicos de pequeno e médio porte da cidade de Maceió foi consultado o Cadastur¹¹ (2017). Segundo esse cadastro, os meios de hospedagem podem ser classificados por tipos, sendo esses divididos em: Hotel, Pousada, Hostel, Flat/Apart e Resort. Contudo, para a cidade de Maceió, foram encontrados exemplares de Pousadas e Hotéis com infraestrutura e características físicas e estéticas da envoltória, semelhantes.

Para esse trabalho serão enfocados “hotéis econômicos de pequeno e médio porte”, não vinculados a redes hoteleiras nacionais e/ou internacionais, incluindo empreendimentos classificados como pousada ou hotel pelo Cadastur que possuem os seguintes ambientes e serviços: estacionamento, restaurante, disponibilização de informações e folhetos turísticos, banheiros sociais em áreas comuns, sala de estar com televisão, *room service* (serviço de alimentação no quarto) e piscina. Optou-se por incluir o item “piscina” no programa dos hotéis econômicos por ser um elemento muito comum na cidade, sendo encontrado em hotéis e pousadas com menos de 20 apartamentos.

O Cadastur não possui descrição detalhada a respeito dos eletrodomésticos a serem disponibilizados, obrigatoriamente, nas unidades habitacionais. Para sanar tal lacuna foi utilizado como base os pré-requisitos básicos contidos no SBClass (2011) para estabelecimentos hoteleiros, onde é mandatório a existência de: televisão, ar-condicionado e chuveiro com água quente (independente da fonte de aquecimento), em todas as unidades habitacionais. O frigobar não é um item obrigatório uma vez que muitos hotéis econômicos não possuem esse tipo de equipamento com o intuito de cortar gastos com eletricidade. A obtenção da informação a respeito da existência dos equipamentos citados, dentro das UH, se deu através da consulta à página virtual de cada um dos empreendimentos inseridos no Cadastur. Dessa forma, foi posto como pré-requisito para identificação dos hotéis da amostra da pesquisa a existência de uma página online dedicada ao estabelecimento.

¹¹ Cadastur é o sistema de cadastro de profissionais e empresas que atuam no setor turístico. O sistema é executado pelo Ministério do Turismo em parceria com os órgãos oficiais de turismo de cada um dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal (<http://www.cadastur.turismo.gov.br/cadastur/index.action#>). O Cadastur possui atualização diária e os empreendimentos cadastrados devem solicitar um recadastro no prazo de 2 anos (SEDETUR-AL, 2017).

De acordo com o Cadastur, na cidade de Maceió, existem 83 meios de hospedagem de portes variados. Dentre esses, utilizando as características classificatórias de hotel econômico definidas por Andrade, Brito e Jorge (2012) e pelo SBClass (2011), foram encontradas 38 unidades hoteleiras.

3.1.1 Definição da Tipologia Predominante

Entende-se como tipo“(...)algo que não pode ser mais reduzido do que já é (...) estrutura interior de uma forma” (MAFUZ, 1995, p. 51). Para a escolha do objeto de estudo foi necessário identificar a tipologia predominante dentro do espaço amostral de hotéis econômicos de Maceió.

Para a identificação da tipologia predominante foram levantados os seguintes dados:

- a) Implantação, orientação das fachadas principais e entorno dos empreendimentos: para isso foi utilizado o *software* GoogleEarth (2017) para situar e mapear a distribuição dos hotéis pelos bairros de Maceió, assim como observar a orientação geográfica das fachadas. Para a realização desse mapeamento foram utilizados os endereços dos empreendimentos, disponibilizados pelo Cadastur (2017).
- b) N° de UH's: disponíveis através do Cadastur (2017).
- c) Volumetria Predominante: Para a classificação das volumetrias existentes na amostra do universo de estudo foram observadas as alturas das edificações (a partir da quantidade de pavimentos que cada empreendimento possui) e a projeção horizontal das edificações (a partir de análises de imagem via satélite disponibilizadas pelo GoogleMaps (2016)), combinadas com fotos dos empreendimentos, registrados pela autora.
- d) Cor e absorvância das fachadas principais: Para identificação das cores foram utilizadas fotos dos empreendimentos pertencentes a amostra, software virtual de identificação de RGB¹² das cores, conversor de RGB para HSL¹³ e por fim utilização da equação desenvolvida por Dornelles (2008) que relaciona o método RGB e HSL de classificação de cores com a absorvância das fachadas.
- e) Percentual de Abertura da Fachada Principal (PAFp): Devido a impossibilidade de visualização de todas as fachadas dos empreendimentos (frontal, laterais e posterior), para análise do PAF foram consideradas apenas as fachadas principais (frontais). Para a obtenção do Percentual de Abertura da Fachada Principal (PAFp) foi realizado o

¹² Classifica a cor da imagem através das tonalidades Red, Blue e Green (RGB) (DORNELLES, 2008). O software utilizado foi o *ginifab*, disponível em: http://www.ginifab.com/feeds/pms/pms_color_in_image.php.

¹³ Classifica a cor da imagem através da Matiz (Hue), Saturação (Saturation), Suavidade (Luminance ou Lightness) (DORNELLES, 2008). O software utilizado foi o *rapidtables* disponível em: <http://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsl.htm>.

seguinte procedimento: Através das imagens obtidas por fotografias e com o auxílio do *software* Autocad (2012) foi possível obter as proporções entre as áreas das aberturas envidraçadas e a área total da fachada principal. Infelizmente, não foi possível a obtenção de imagem das fachadas principais dos 38 hotéis da amostra devido a dois deles possuírem um muro que circunda todo o terreno do estabelecimento, conseqüentemente, ao todo foram obtidos 36 PAF_p dos meios de hospedagem econômicos pertencentes a amostra do estudo.

- f) Consumo Energético Anual: Os dados foram solicitados à concessionária de energia elétrica, Eletrobrás. Foram solicitadas informações de consumo mensal referentes ao ano de 2016 para todos os hotéis pertencentes à amostra da pesquisa. Contudo, devido ao contrato tarifário e ao sistema de ligação elétrica admitida individualmente pelas empresas, foi possível identificar a existência de 24 estabelecimentos com contratos firmados, dos quais apenas 17 possuem medição mensal de energia.

3.1.2 Seleção do Objeto de Estudo

Após a identificação da tipologia arquitetônica predominante, foi escolhido um hotel representativo como estudo de caso, a ser utilizado como Caso Base da simulação computacional. Para a escolha da edificação foi observado seu enquadramento nas características identificadas para a tipologia predominante, de acordo com os seguintes critérios: faixa do consumo energético; projeção horizontal da edificação; número de pavimentos e apartamentos; percentual de abertura da fachada principal; cores das fachadas; orientação da fachada. O objeto escolhido deve atender a todos os critérios, sendo estes embasados nos resultados das pesquisas de Lima (2007), Carlo (2009); Deng; Burnett (2002); Veloso; Elali (2004); Gúzman (2003) e Buoro (2008).

3.1.3 Entrevistas e visitas aos hotéis pertencentes a amostra da pesquisa

Essa etapa faz parte da realização de uma Avaliação pós-ocupação do objeto de estudo. Esse procedimento utilizou como referência os procedimentos metodológicos propostos por Ornstein, Bruna e Romero (1995) e consistiu em duas etapas principais: vistoria aos hotéis pertencentes a amostra da pesquisa e aplicação de questionários aos hóspedes do objeto de estudo. A vistoria consistiu em avaliar características construtivas, equipamentos, ocupação, consumo de energia e horário dos fluxos de clientes dos estabelecimentos. Para realização desta etapa foi solicitado apoio da Associação Brasileira da Indústria Hoteleira sede de Alagoas – ABIH/AL, sendo que apenas 6 estabelecimentos retornaram o contato e demonstraram interesse em participar da pesquisa.

A abordagem usada para aproximação aos administradores e gerentes dos meios de hospedagem se deu através de e-mail, cujo endereço eletrônico foi fornecido pela ABIH-AL, a partir do envio de uma carta convite para participação da pesquisa, carta de compromisso da pesquisadora e texto explicativo acerca do conteúdo da pesquisa e das informações solicitadas ao estabelecimento. Na carta ficou explícito o sigilo sobre os nomes dos estabelecimentos e quaisquer informações que possibilitassem sua identificação. O único estabelecimento identificado neste trabalho é o estudo de caso.

A vistoria consistiu em entrevista com o administrador do estabelecimento ou gerente e funcionários da recepção. As perguntas abordaram as características da clientela do estabelecimento (turista, empresa ou outros), os horários de chegada e saída dos hóspedes, horário do café da manhã, tempo médio que os hóspedes permaneciam hospedados, tempo estimado que os hóspedes permaneciam dentro do estabelecimento, horários de trabalho dos funcionários e informações acerca dos períodos de alta e baixa temporada dos estabelecimentos. Após as entrevistas foi realizada uma visita às dependências que compunham cada edificação, com o objetivo de catalogar os equipamentos utilizados e identificar a existência de economizadores de energia¹⁴, sensores de presença, os sistemas de iluminação utilizados, os materiais das esquadrias, a existência de cortinas/persianas e o tamanho dos ambientes.

A partir das vistorias foi criado um banco de dados necessários para analisar o comportamento do hóspede dentro da edificação, bem como conhecer o arranjo espacial dos ambientes e a composição de equipamentos existentes. Essas informações são importantes para determinação de cargas internas em estudos termo energéticos e para criação de *schedules*¹⁵ a serem utilizados na simulação energética.

3.1.4 Caracterização do Objeto de Estudo

Após identificado o estabelecimento referente ao objeto de estudo foram realizadas vistorias em campo com a finalidade de obter as seguintes informações: características construtivas da edificação, ocupação média anual (referentes aos anos de 2015 e 2016), levantamento de áreas internas, levantamento do quantitativo de equipamento e potências nominais (correspondente a cada ambiente).

¹⁴ Segundo a empresa Saga System Brasil, economizadores de energia são dispositivos que liberam a energia elétrica de um quarto de hotel no momento que é inserida uma chave (cartão) no leitor da fechadura da porta.

¹⁵ As *schedules* representam padrões de uso e operação da edificação e seus sistemas (MELO; WESTPHAL; MATOS, 2009).

Ainda nessa etapa foram realizadas entrevistas com os funcionários para obter informações sobre os padrões de uso e ocupação do hotel e reconhecer os perfis dos usuários hóspedes. Também foram realizadas observações in loco dos padrões de comportamento dos usuários nas áreas comuns. Por fim foram realizadas pesquisas acerca do comportamento dos usuários dentro de suas unidades habitacionais, utilizando-se um questionário elaborado pela autora (ver Apêndice 3).

Com o objetivo de identificar os requisitos mínimos para o melhor desempenho energético da envoltória do objeto de estudo foi aplicado o método prescritivo do Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Para a avaliação do nível de eficiência energética da envoltória da edificação do objeto de estudo foi utilizado como ferramenta o WebPrescritivo, desenvolvido através de uma parceria entre o LabEEE, Eletrobrás, PBE edifica e o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). Para obtenção dos valores da transmitância foram utilizados dados do Anexo V da portaria do Inmetro de nº 50 (2013).

3.2 Simulação Computacional

A simulação computacional consistiu em modelar o objeto de estudo escolhido, denominado Caso Base, através do software OpenStudio 2.1.0, inserindo inicialmente características arquitetônicas semelhantes ao modelo real, a saber: forma, dimensões (áreas e volumes), características termo físicas dos componentes arquitetônicos (superfícies verticais e horizontais) e esquadrias (portas e janelas), atividade dos usuários, padrões de ocupação, potência dos equipamentos eletrônicos (incluindo SAC). Os detalhes de configuração do caso base são apresentados no capítulo 6. A partir do Caso Base foram realizadas variações paramétricas de elementos da envoltória com a finalidade de verificar o impacto dessas alterações no consumo energético do edifício. Essa etapa possui a finalidade de testar soluções arquitetônicas simples e a nível de *retrofit*, relacionadas à envoltória, que contribuem para melhorar a eficiência energética da edificação.

Para a predefinição dos parâmetros a serem simulados e variados foi utilizado como base os trabalhos de Carlo (2009); Buoro (2008); Lima (2007); Guzmán (2003); Deng e Burnett (2002) e Veloso e Elali (2004, 2001). Os parâmetros escolhidos foram os seguintes:

Fator solar dos vidros, absorvância do telhado e da parede, transmitância das paredes externas e Set Point do ar-condicionado¹⁶.

Com a finalidade de organizar os resultados das simulações e analisar o impacto que cada solução arquitetônica tem sobre o consumo energético, foi necessário a subdivisão das simulações em três blocos principais. O primeiro deles consistiu na variação dos parâmetros escolhidos previamente, onde foi possível identificar o impacto do consumo energético de cada solução arquitetônica, isoladamente. Foram realizadas variações paramétricas do caso base modificando a transmitância das superfícies verticais e horizontais (paredes e coberturas) da envoltória, absorvância das superfícies verticais e horizontais, configuração da temperatura de *setpoint* do ar condicionado e padronização das superfícies transparentes. Ao todo foram simulados isoladamente 9 variações do caso base. A criação dos casos foi embasada nas informações consolidadas pela literatura e também através das especificações e pré-requisitos expostos no Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C).

O segundo bloco de simulações consistiu em combinar as soluções arquitetônicas do primeiro bloco. Foram combinadas estratégias arquitetônicas referentes a variação da absorvância da fachada e da cobertura e transmitância das paredes da envoltória e da cobertura do prédio novo. Para a criação dos casos foi utilizado como critério os menores indicadores de consumo energético por unidade de área útil (kWh/m²) correspondentes às medidas de conservação de energia investigadas no primeiro bloco de simulações. Ao todo para esse segundo bloco foram simulados mais 6 casos.

O terceiro e último bloco consistiu na criação de dois casos, denominados caso eficiente e ineficiente. Montados a partir da combinação dos parâmetros que obtiveram os maiores valores de indicadores de consumo energético pela área (caso ineficiente) e os menores indicadores de consumo (caso eficiente). A elaboração desses casos teve como finalidade a análise do impacto das decisões arquitetônicas no consumo energético global do objeto de estudo. De forma sintética, a configuração desses casos está exposta na tabela 10. Ao todo foram simulados 17 casos, cujos detalhes de configurações são apresentados no Capítulo 6.

Tabela 10 - Organização dos casos das simulações termoenergéticas por blocos.

| Bloco da | Nº do | Caso de | Varição Paramétrica |
|----------|-------|---------|---------------------|
|----------|-------|---------|---------------------|

¹⁶ O Set Point do ar-condicionado é o valor da temperatura de termostato configurada no aparelho.

| Simulação | Caso | Referência | |
|-----------|-----------|--------------------|--|
| 1° | Caso Base | - | - |
| | Caso 1 | Caso Base | Padronização das esquadrias para vidro simples incolor 3mm |
| | Caso 2 | Caso Base | Padronização das esquadrias para vidro Low-E |
| | Caso 3 | Caso Base | Padronização da absorvância das coberturas ($\alpha=20\%$) |
| | Caso 4 | Caso Base | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$) |
| | Caso 5 | Caso Base | Modificação da temperatura de <i>setpoint</i> para 24°C |
| | Caso 6 | Caso Base | Diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (Adição de isolamento interno) |
| | Caso 7 | Caso Base | Diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (Adição de isolamento externo) |
| | Caso 8 | Caso Base | Diminuição da transmitância das coberturas conforme recomendações para o nível A do RTQ-C |
| 2° | Caso 9 | Caso Base | Diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo conforme recomendações para o nível A do RTQ-C |
| | Caso 10 | Caso 3 + 4 | Padronização da absorvância das coberturas e das fachadas ($\alpha=20\%$) |
| | Caso 11 | Caso 4 + 6 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (adição de isolamento interno) |
| | Caso 12 | Caso 3 + 4 + 6 | Padronização da absorvância das paredes externas e da cobertura ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (adição de isolamento interno) |
| | Caso 13 | Caso 4 + 8 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo para o nível A do RTQ-C |
| | Caso 14 | Caso 4 + 6 + 8 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$), diminuição da transmitância das paredes externas através da adição de isolamento interno à edificação e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. |
| 3° | Caso 15 | Caso 3 + 4 + 6 + 8 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$), diminuição da absorvância do prédio antigo ($\alpha=20\%$), diminuição da transmitância das paredes externas através da adição de isolamento interno à edificação e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. |
| | Caso 16 | Caso Eficiente | Melhores resultados de economia energética |
| | Caso 17 | Caso Ineficiente | Piores resultados de economia energética |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

3.3 Critérios para análise dos Resultados da Simulação

Todas as análises foram feitas com foco nas zonas térmicas condicionadas artificialmente (apartamentos, gerência, diretoria e restaurante). O procedimento para a análise dos resultados está descrito abaixo:

- Indicador de consumo energético por área útil da edificação (kWh/m²): O cálculo para identificar o indicador de consumo de energia dos casos simulados foi realizado através da razão entre o consumo total anual e o total das áreas úteis dos ambientes internos.

- b) Consumo por uso final (kWh): Foram analisados os percentuais de consumos por uso final através da razão entre o consumo global anual e o consumo total anual de cada um dos principais consumidores de energia elétrica do estabelecimento (aparelhos de ar-condicionado, equipamentos eletrodomésticos e iluminação), de cada caso. É importante ressaltar que a única fonte com consumo variável analisada no presente trabalho é o sistema de condicionamento artificial, as demais fontes (iluminação e equipamentos eletrodomésticos) possuem consumo energético fixos. O padrão de ocupação dos usuários também foi mantido inalterado.
- c) Sazonalidade de consumo de energia elétrica da edificação: Foram identificados os meses com maior consumo de energia elétrica da edificação, cruzando os dados de consumo com a estação do ano e com os dados de temperatura média existentes do arquivo climático utilizado para as simulações. É importante informar que o Energy Plus não possui um relatório de saída que contabilize o consumo de energia total anual por zona térmica (UNMETHOURS, 2014), contudo a falta dessa análise não prejudica os resultados e a finalidade dessa pesquisa.
- d) Identificação das regiões do hotel com maior consumo energético proveniente de climatização artificial: Essa análise tem como finalidade identificar as regiões do hotel (apartamentos) que possuem o menor consumo energético e, conseqüentemente, teriam prioridade para serem alugados. Para isso foram obtidos relatórios da simulação computacional acerca do consumo energético dos compressores dos aparelhos de ar-condicionado. De forma a simplificar a análise do consumo dos apartamentos, optou-se por dividi-los em 5 regiões distintas: térreo do prédio antigo, primeiro andar do prédio antigo, primeiro andar do prédio novo e segundo andar do prédio novo, conforme pode ser observado na figura 5. A divisão em prédio novo e prédio antigo é detalhada no capítulo 5 (página 62).



Figura 7 - Ilustração das zonas térmicas separadas por regiões (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

- e) Identificação das principais fontes de ganho de calor: Para a análise do comportamento das cargas térmicas dos ambientes condicionados artificialmente foi solicitado como dado de saída do software EnerguPlus o relatório de “Componentes

da carga de pico de resfriamento”, que fornece uma estimativa das cargas máximas de resfriamento para zona, dividida em diversos componentes, determinando quais componentes da carga têm o maior impacto para as condições de configuração do horário de pico de resfriamento. Em todos os casos simulados o dia de pico aconteceu em 21/01 e o horário de pico variou de acordo com as zonas térmicas e as especificidades de cada uma delas (schedules de funcionamento, ocupação, atividade, cargas térmicas e posição geométrica diferenciadas).

Foram analisadas as seguintes fontes de calor: superfícies opacas, pessoas, iluminação, equipamentos, infiltração, janelas e portas opacas. As fontes de calor referente as “superfícies opacas” estão distribuídas em seis componentes, são eles: cobertura, teto das zonas, paredes externas, paredes internas, piso das zonas e piso em contato com o solo. As fontes de calor referente às esquadrias transparentes são divididas em dois componentes, categorizados pelo tipo de ganho de calor: janelas – condução (por condução térmica) e janela radiação solar (por radiação solar).

Para melhor entendimento dos resultados da simulação, para essa análise também foram divididas as zonas térmicas em 5 regiões distintas, de forma a identificar quais componentes da edificação representam maior participação no ganho/perda de calor de cada região do objeto de estudo, para cada caso simulado.

- f) Tempo de *setpoint* não alcançado: Essa análise tem como objetivo identificar o percentual de horas de funcionamento em que a climatização artificial não atingiu a temperatura *setpoint* configurada e tem como finalidade observar se os condicionadores de ar estão corretamente dimensionados para seus respectivos ambientes.
- g) Desconforto térmico dos usuários por região do hotel: Por fim, foi realizada a análise das condições de conforto dos usuários através dos dados de saída da simulação que informa as horas de desconforto dos usuários para cada zona térmica modelada. A finalidade dessa análise é verificar se a configuração de *setpoint* adotada é compatível com os índices de conforto admitidos pelas normativas nacionais e internacionais. O método para análise de conforto escolhido para análise simplificada do desconforto dos usuários foi o “Método Gráfico para Ambientes Internos Típicos”¹⁷ da ASHRAE 55(2004), que relaciona o desconforto dos usuários no tempo em que a zona está ocupada, e em que a combinação de taxa de umidade e temperatura operativa não está

¹⁷Graphical Method for Typical Indoor Environments.

dentro da região de aceitabilidade para vestimentas de verão, conforme pode ser observado na figura 8.

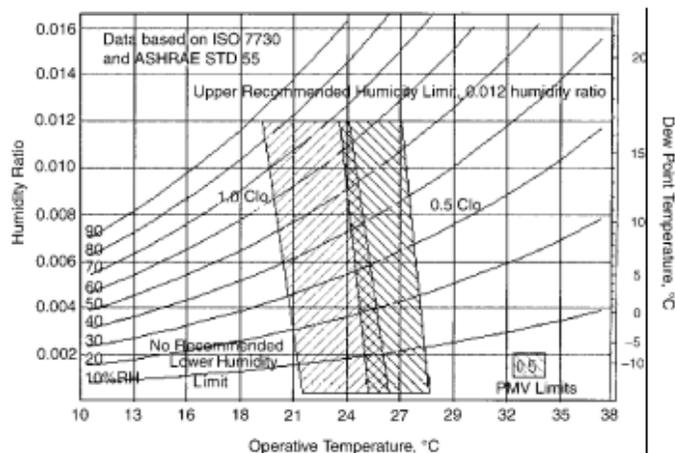


Figura 8 - Alcance aceitável da temperatura operativa e da umidade em espaços internos (Fonte: ASHRAE STANDARD 55, 2004).

Para facilitar a visualização do desconforto dos usuários foi realizado uma média aritmética dos níveis de desconforto das zonas térmicas pertencentes a cada região do hotel, a partir dos relatórios de desconforto dos usuários por apartamento fornecido como resultado das simulações computacionais. As análises de desconforto foram realizadas considerando vestimentas de verão (vestimentas leves – abaixo de 1,0 clo) e a região em que o ambiente está situado no hotel. É importante mencionar que devido ao clima quente e úmido e a tradição de turismo de sol e mar, para a cidade de Maceió, vestimentas leves são típicas do local.

Ao término das análises dos resultados são feitas recomendações a respeito de quais UH's devem ser alugadas primeiro, sendo a sugestão em função do consumo energético verificado por Zona térmica, bem como recomendações a respeito do *retrofit* da envoltória, de forma a atrelar a eficiência energética ao conforto dos usuários.

Capítulo 4

“Caracterização climática da cidade de Maceió e
das Tipologias arquitetônicas dos hotéis da amostra
de estudo”

4 Caracterização climática da cidade de Maceió

Os fatores climáticos interferem no desempenho energético das edificações, com destaque para a temperatura e radiação solar média mensal, conforme afirmam Deng e Burnett (2002) e Bohdanowicz, Churie-Kallhauge e Martinac (2002). Visando analisar a relação entre o clima local, as características das edificações e seu consumo energético, serão informados abaixo os dados climáticos históricos da cidade de Maceió, conforme pesquisa de Passos (2009) e também os dados anuais de 2015 e 2016, anos em que foram obtidas as informações acerca do consumo energético dos estabelecimentos pertencentes ao universo e ao objeto do estudo. Os dados climáticos de temperatura e insolação para os anos de referência 2015 e 2016 foram obtidos através dos dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a velocidade e direção dos ventos predominantes foram obtidos através dos trabalhos de Maia (2016) e Passos (2011).

A cidade de Maceió está situada no litoral nordestino brasileiro, possuindo clima quente e úmido com temperaturas do ar que variam de 22,9°C a 27,9° ao longo de todo o ano, conforme verificou Passos (2009) com base em uma série histórica de dados climáticos que abrangeram os anos de 1996 a 2006. Ainda de acordo com a autora, a umidade na capital possui valores médios que variam de 72,7% a 83,1% e as taxas de precipitação são maiores nos meses de abril a julho, sendo o mês de junho o mais chuvoso. Como é característico do clima quente e úmido a amplitude térmica é pequena, assim como os níveis de umidade do ar são altos ao longo de todo o ano. Devido ao alto nível de umidade o céu típico é parcialmente nublado. Segundo Passos (2009) a máxima amplitude térmica diária acontece em fevereiro e equivale a 10,2°C.

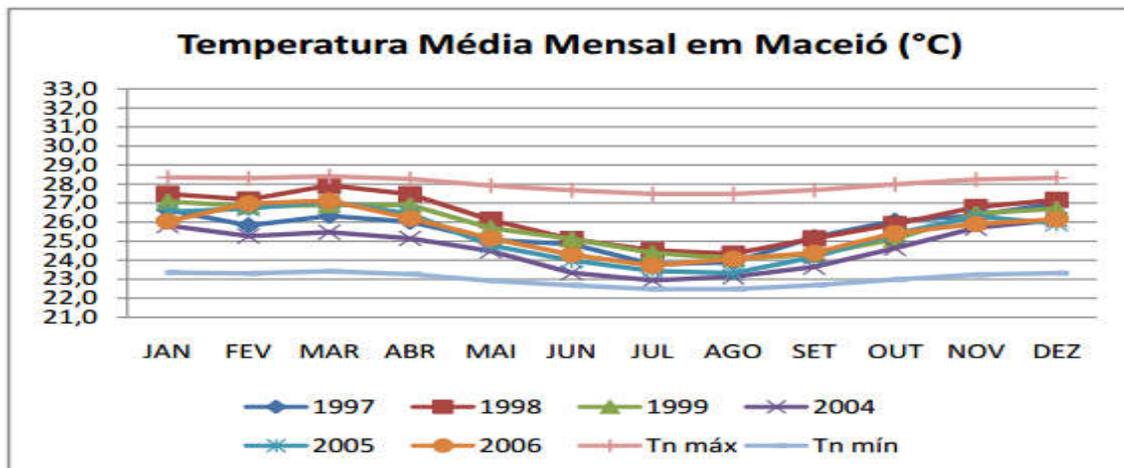


Gráfico 5- TBS – Temperatura Média em Maceió-AL. Onde Tn máx = temperatura neutra + 2,5°C e Tn mín = temperatura neutra – 2,5°C (Fonte: PASSOS, 2009, p. 88).

Observando-se o Gráfico 5 verifica-se que os meses de dezembro a março são os meses mais quentes do ano, equivalentes ao final da primavera e todo o verão. “[...]em geral, ocorre o aumento gradativo da temperatura a partir das 7 horas e resfriamento a partir das 15hs. As temperaturas médias mínimas ocorrem às 6 horas e as máximas às 15hs” (PASSOS, 2009. p. 90). O gráfico 6 ilustra as temperaturas médias compensadas para os anos de 2015 e 2016, período para o qual foram obtidos dados de consumo energético em hotéis de Maceió.

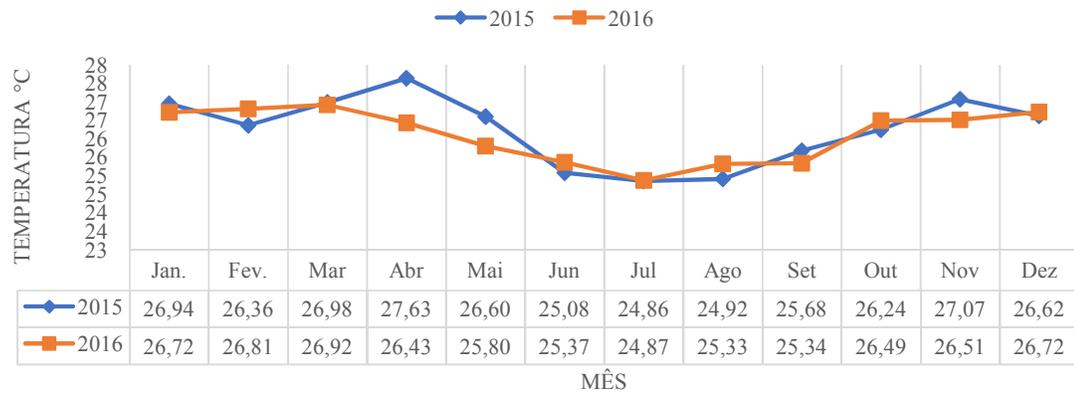


Gráfico 6- Temperatura Média Compensada Mensal em Maceió para os anos de 2015 e 2016 (Fonte: INMET, S/D).

Com relação a disponibilidade de ventos, Maia (2016), após a realização de um estudo minucioso utilizando como base de dados os anos entre 2003 e 2012, identificou as incidências predominantes ao longo do ano: de outubro a março, Leste; a partir de abril, Sudeste. A figura 9 ilustra a frequência de ventos ao longo do ano para cada direção.

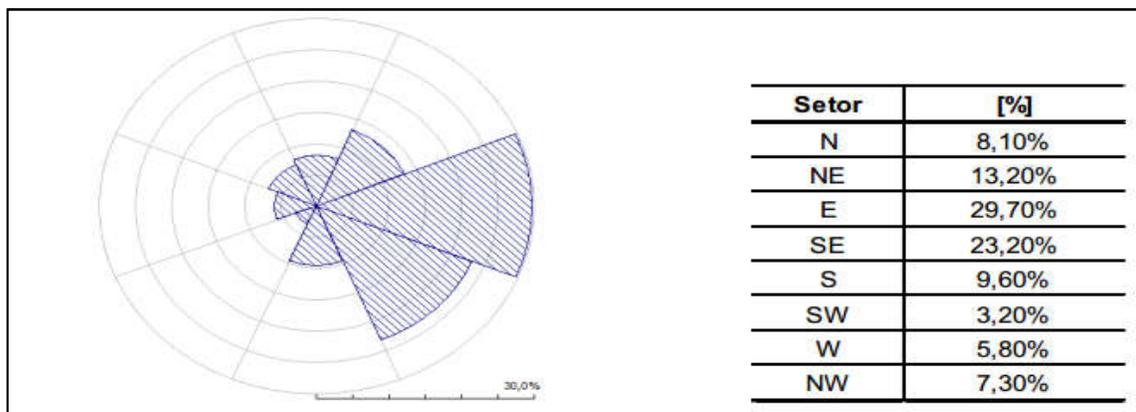


Figura 9- Rosa dos ventos retratando a ocorrência média anual (Fonte: MAIA, 2016, 9. 69).

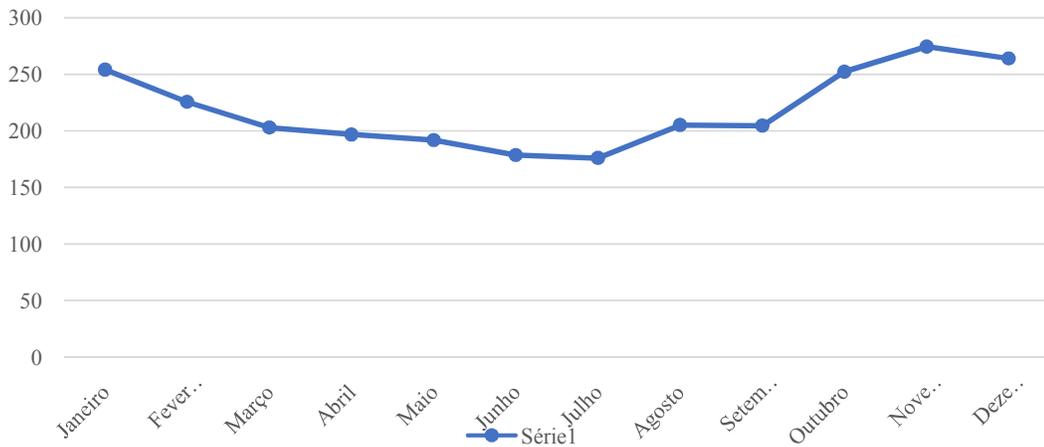


Gráfico 7- Horas de insolação total mensal em Maceió – Normais Climatológicas (Fonte: Acervo da Autora, 2016).

Segundo as Normais as Normais Climatológicas do Inmet, para os anos de 1961 a 1990, os meses de outubro a janeiro apresentam a maior radiação solar em Maceió (Gráfico 8). Já analisando os anos de 2015 e 2016 foram observadas divergências entre os meses com maior radiação solar. Contudo, o a amplitude mensal de temperaturas é semelhante.

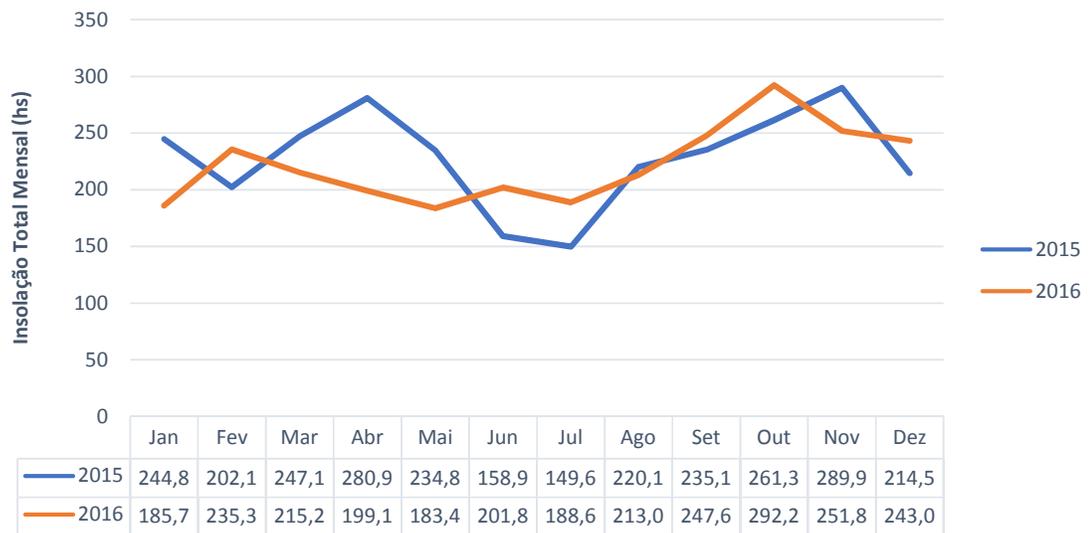
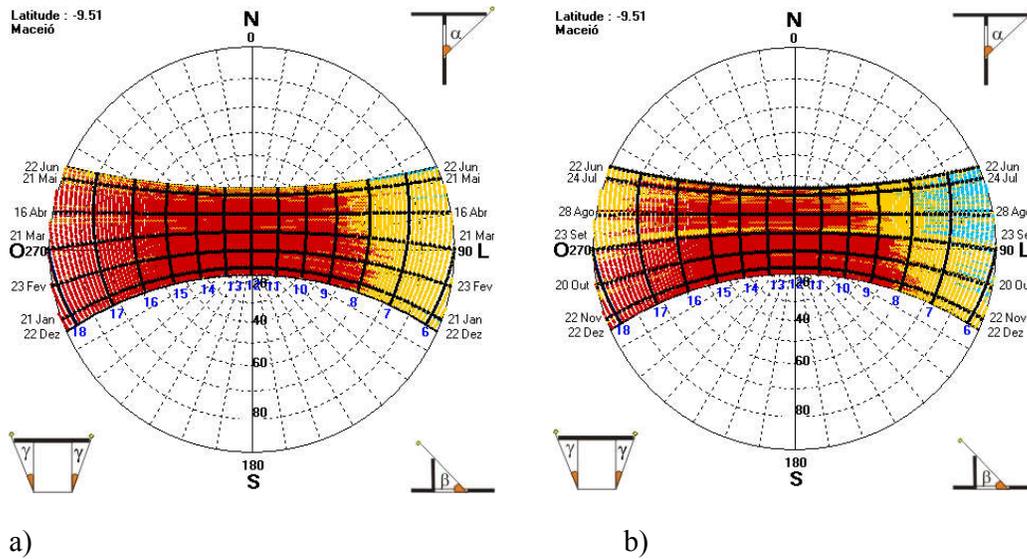


Gráfico 8- Horas de insolação total mensal em Maceió para os anos de 2015 e 2016 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Ao analisar as cartas solares (gráfico 9“a” e “b”) observa-se que a orientação com maior ganho térmico é a Oeste, com temperaturas acima de 25°C ao longo de todo o período vespertino. Já a fachada leste é a que possui menor ganho térmico advindo da radiação direta, com temperaturas entre 20 e 14°C.



a) b)
Gráfico 9- Cartas solares com indicação das temperaturas do ar de janeiro a 21 de junho (a);e de 21 de junho à dezembro (b) (Fonte: Software Sol-Ar, S/D).

Segundo Bittencourt e Cândido (2015), a edificação adaptada para o clima quente e úmido deve evitar ao máximo o ganho térmico advindo da insolação direta. As edificações devem estar situadas com suas maiores fachadas no sentido perpendicular ao vento predominante e as esquadrias devem ser amplas e dispostas de forma que prevaleça a ventilação cruzada. As vedações da construção devem ter inércia de média a leve, para não armazenar calor, e as maiores superfícies externas devem estar dispostas contrariamente à incidência de radiação solar direta. A cobertura da edificação deve possuir inércia média com elementos que permitam o isolamento térmico, uma vez que: “Em baixas latitudes, os telhados recebem cerca de 2/3 da radiação solar que incide nas construções” (BITTENCOURT L.; CÂNDIDO C., 2015, p. 10). Em edificações condicionadas artificialmente a disposição de grandes áreas superficiais externas para orientações geográficas de grande incidência de radiação solar resulta no aumento das cargas térmicas dos ambientes internos, aumentando também o consumo energético proveniente do ar-condicionado.

4.1 Caracterização das tipologias arquitetônicas de hotéis pertencentes a amostra da pesquisa

O número de unidades habitacionais é uma das principais características que categoriza os meios de hospedagem, dessa forma esse foi o primeiro critério utilizado para identificar a tipologia arquitetônica predominante da amostra da pesquisa. Para determinar as tipologias predominantes dentro do universo de estudo foi elaborado um histograma para caracterizar e

agrupar os estabelecimentos pela quantidade de apartamentos disponíveis. Observou-se que, do universo total de meios de hospedagem econômicos de porte médio e pequeno existentes na cidade de Maceió, 34% possuem entre 8 e 24 unidades habitacionais e 37% possuem entre 25 e 39 UH's. Logo, pode-se concluir que 71% dos pequenos e médios hotéis econômicos de

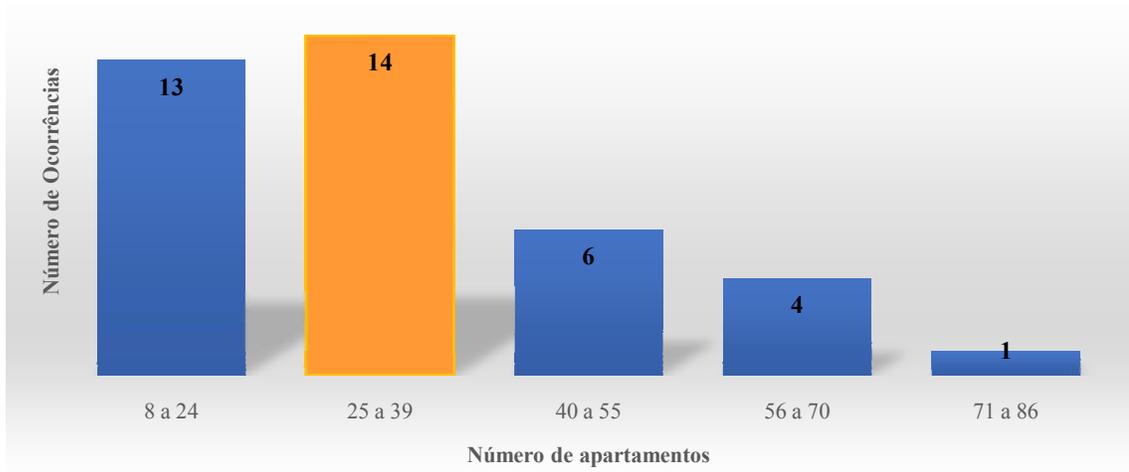


Gráfico 10 - Histograma – Número de UH's (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Maceió possuem entre 8 e 39 UH's, totalizando 27 empreendimentos, os quais constituem o universo desta pesquisa.

Dentro da amostra de 27 hotéis que compõe o universo de estudo, foram observadas as seguintes configurações volumétricas de edificações hoteleiras, de acordo com a quantidade de pavimentos encontrados, conforme pode ser verificado na figura 10.

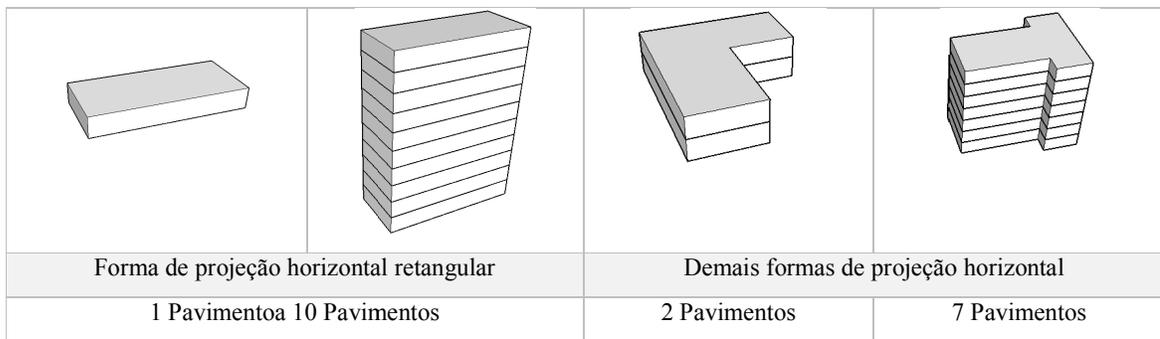


Figura 10- Volumetrias existentes em função da quantidade de pavimentos (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Após a organização e análise dos dados, identificou-se a forma predominante: Edificações com três pavimentos com projeção horizontal de formato retangular, conforme indicado no Gráfico 11. É importante destacar que no total do universo da pesquisa, apenas 7 estabelecimentos (25,9%) possuem sombreamento da fachada provenientes da existência de varandas nos apartamentos, sendo esse elemento pouco representativo da tipologia.

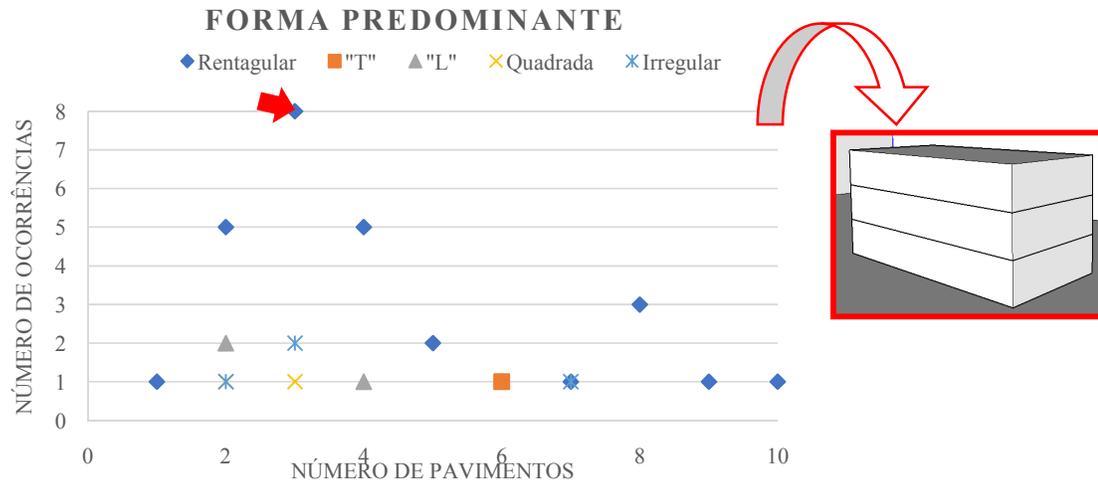


Gráfico 11- Volumetria Predominante (Fonte: Acervo da Autora, 2016).

4.1.1 Orientação da Fachada Principal

Através de levantamentos fotográficos e com o auxílio do mapa do Google Maps2016, pode-se identificar as orientações das fachadas principais dos 27 hotéis do universo de estudo. O levantamento levou em consideração todas as superfícies de fachadas voltadas para vias de tráfego. As orientações das fachadas principais encontram-se contabilizadas no Gráfico 12. Verificou-se que a maioria dos hotéis possuem fachadas voltadas à Leste e Sul, sendo predominante a orientação Leste.

Orientação das Fachadas Principais

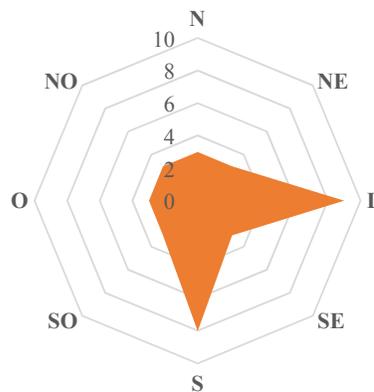


Gráfico 12- Orientação das Fachadas Principais de todo o universo do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

4.1.2 Cores das Fachadas

Para classificar as cores das fachadas utilizou-se como referência a pesquisa realizada por Dornelles (2008), onde a autora desenvolveu metodologias para determinar a absorvância

de diversas cores de tintas comercializadas no Brasil. A autora aplicou como método o “Uso de Scanner Comum”, onde através de imagens das cores das superfícies são descobertos os valores RGB (Red, Green e Blue) e HSL (Hue, Saturation e Lightness) relativos a cada coloração. RGB é um sistema no qual as cores são determinadas a partir da combinação de proporções entre as cores vermelhas, verdes e azuis. Já o HSL, que é baseado no sistema RGB, é um sistema que representa a tonalidade, saturação e brilho da cor. A escolha desse método foi devido a sua facilidade de aplicação e da disponibilidade de recursos para a obtenção de dados relativos às propriedades termo físicas das colorações das fachadas da amostra do estudo.

Foi adotada a absorvância da coloração “branca” para todas as variações de tonalidade *Off White*, utilizando a absorvância de 18,7% identificada por Dornelles (2008). Já para as cores escuras foram empregados valores de absorvância de cores semelhantes às identificadas nas fachadas do universo de estudo. Por fim, para determinação das principais cores encontradas nas superfícies externas dos meios de hospedagem do estudo foi observado qual tonalidade (vermelho (R), verde (G) ou azul (B)) se sobressaia em relação ao número de ocorrências.

As tonalidades predominantes encontradas nas superfícies das fachadas principais dos meios de hospedagem da amostra do estudo foram as de coloração claras (*Off White*), vermelhas e cinzas, conforme pode ser observado no Gráfico 13.

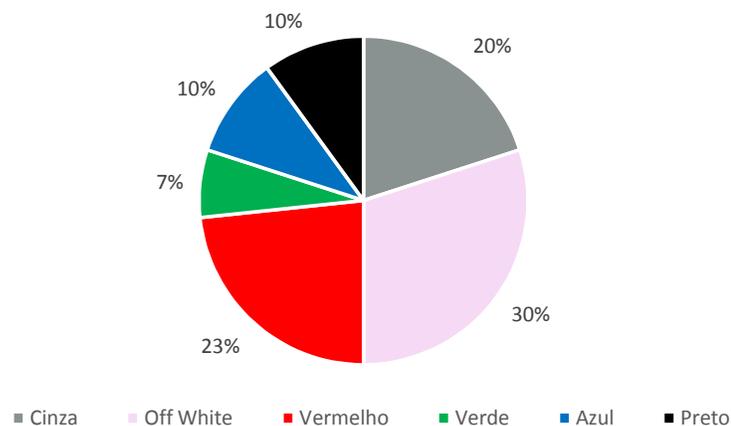


Gráfico 13- Coloração predominantes das fachadas principais dos hotéis pertencentes a amostra do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Após a análise das absorptâncias pode-se afirmar que para as fachadas principais houve uma predominância de valores altos, sendo esses inadequados para climas quentes. Os resultados podem ser observados no Gráfico 14.

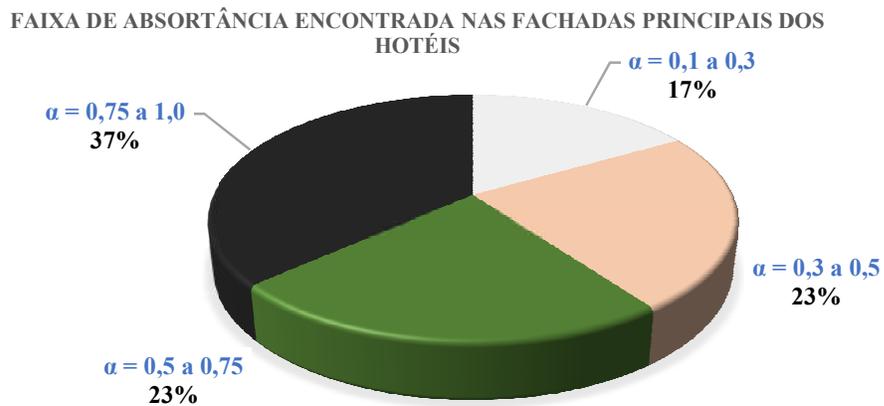


Gráfico 14- Faixa de absorptância encontrada nas Fachadas Principais (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

4.1.3 Percentual de Abertura da Fachada Principal (PAF_p)

O valor mínimo de PAF_p encontrado foi de 8,1% e o máximo de 64,6%. Foi observado que a maior parte dos hotéis possuem entre 10,1 e 20% de área de aberturas transparentes na Fachada Principal, seguido por hotéis que possuem entre 20,1 e 30% de PAF_p. Todas as proporções podem ser observadas através do Gráfico 15.

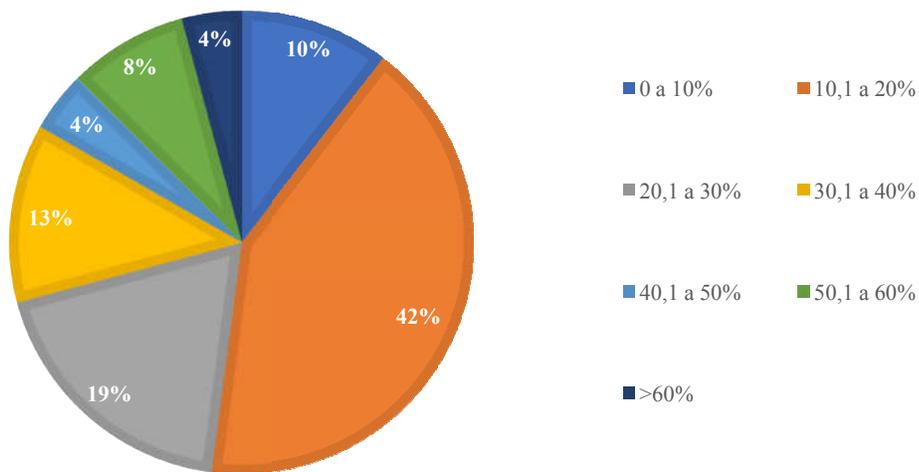


Gráfico 15- Percentual de Abertura na Fachada Principal dos hotéis da amostra do estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

4.1.4 Caracterização do consumo de energia dos hotéis econômicos

Através dos dados cedidos pela Eletrobrás¹⁸ foi possível identificar o consumo médio anual de 17 dos 24 meios de hospedagem pertencentes a amostra do estudo, tomando como referência o ano de 2016. Os demais estabelecimentos possuem contrato específico de cobrança de energia elétrica e não possuem registro de consumo pela concessionária. Para análise dos dados foi realizado um histograma com a finalidade de avaliar a relação entre faixas de consumo médio anual e quantidade de estabelecimentos pertencentes a elas. Dessa forma, através do Gráfico 16, pode-se concluir que 47% dos meios de hospedagem consomem em média entre 5.326,7kW a9.626,7 kW por mês.Sendo essa a faixa de consumo

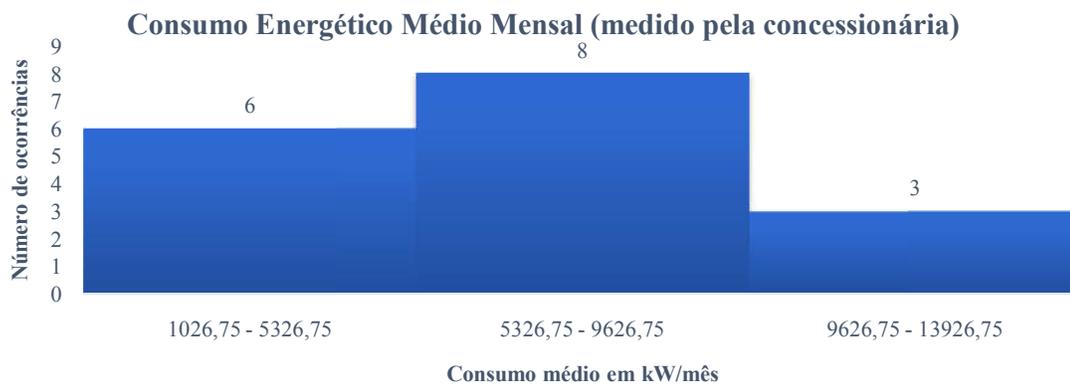


Gráfico 16- Consumo médio anual, medido pela concessionária de energia, 2016 como ano de referência (Fonte: Acervo da Autora).

predominante da tipologia.

4.2 Levantamentos de carga instalada (equipamentos) e taxas de ocupação

Além do levantamento das características físicas foram realizadas vistorias em 6 das 38 edificações hoteleiras identificadas para levantamento dos eletrodomésticos e equipamentos instalados. Ressalta-se que nenhum dos apartamentos possuem varanda e apenas um deles está localizado à beira mar.A taxa média de ocupação desses empreendimentos foi de 58,4% ao mês, durante o ano de 2016. Ao analisar a ocupação ao longo do ano podem ser identificados os períodos de alta temporada, para cada empreendimento. É bom ressaltar que essa classificação foi feita utilizando a média de ocupação anual do estabelecimento, tendo sido considerada como alta temporada o período englobando os meses que possuíram ocupação mais alta do que a média. Conforme pode-se observar no Gráfico 17, o único mês do ano em que todos os meios de hospedagem

¹⁸ Os dados foram obtidos através de solicitação pelo Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão (e-SIC) disponível em: <https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>.

apresentaram as maiores taxas de ocupação foi o mês de janeiro. No mês de dezembro, 4 dos 5 estabelecimentos tiveram ocupação maior do que a média anual, já nos meses de novembro, outubro e março foram 3 dos 5 que apresentaram esse aumento de ocupação. Através da análise dos dados percebe-se que não existem relações entre os comportamentos da ocupação média mensal dos estabelecimentos analisados.

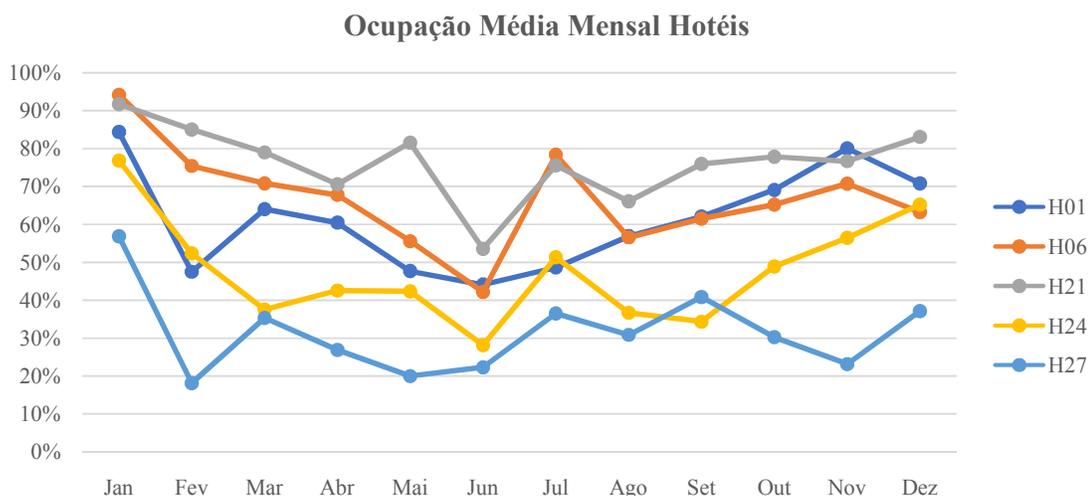


Gráfico 17- Ocupação média mensal dos empreendimentos visitados (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

O número pequeno de edificações foi devido à baixa aceitabilidade dos estabelecimentos na participação do estudo. Os hotéis que aceitaram a participação não serão identificados, conforme acordado com os proprietários. Os quantitativos dos levantamentos realizados podem ser observados na Tabela 11. Por razões de confidencialidade não serão indicados o número de pavimentos para evitar a identificação dos empreendimentos.

Apesar de pequena, a amostra de meios de hospedagem visitados foi diversificada quanto ao tamanho de área construída, quantidade de apartamentos e quantidade de pavimentos. Verificou-se que nenhum dos estabelecimentos visitados apresentou aquecimento de água para banho utilizando energia elétrica. 66,66% dos hotéis visitados utilizam aquecimento solar e os demais utilizam sistema a gás. Todos os apartamentos são equipados com televisão, frigobar, telefone e ar-condicionado. A respeito do tipo de ar-condicionado utilizado, 100% dos estabelecimentos utilizam equipamento do tipo Split, com potências variando entre 7.500 e 9000 BTU's (nos apartamentos). Secadores de cabelos são equipamentos presentes em 4 dos 6 estabelecimentos visitados.

A respeito dos geradores de eletricidade, 2 dos 6 estabelecimentos faziam uso desse recurso nos horários de pico (das 17:30 às 20:30). Dos 4 que não possuem gerador, apenas 1

mostrou necessidade e interesse em adquirir o equipamento, contudo o gestor informou que não possuía espaço para instalação do mesmo. Uma observação importante é que os dois estabelecimentos com gerador também apresentaram a maior quantidade de apartamentos e pavimentos.

Foram identificados em 4 dos 6 meios de hospedagem visitados a existência de fechaduras eletrônicas¹⁹. Também foi observado a presença de elevadores em 4 dos 6 empreendimentos, sendo que um deles possuía apenas 3 pavimentos e os demais acima de 5 pavimentos.

¹⁹As fechaduras eletrônicas são dispositivos utilizados para economizar energia, pois possibilitam a garantia de que, quando desocupado, o apartamento terá seus equipamentos desligados. Foi identificado em 4 dos 6 meios de hospedagem.

Tabela 11–Levantamento de áreas, equipamentos e ocupação média mensal.

| Cód. | Orientação da fachada principal | Qtde. de UH's | Área total da Const. (m²) | Tamanho médio do Apto. (m²) | Ocupação Média Mensal (2016) | Equipamentos | | | | | | | | | | |
|------|---------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------------|-------------|-------------|----------------------|-------------------|---------------------|----------|
| | | | | | | TV | Ar Cond. | Telefone | Frigobar | Ducha Elétrica | Ducha à gás | Ducha Solar | Fechadura eletrônica | Secador de cabelo | Gerador de Energia? | Elevador |
| H01 | L | 39 | 1436,54 | 13,55 | 61,29% | X | X | X | X | | | X | | X | Não | Sim |
| H06 | S e L | 32 | 953,91 | 15,5 | 66,77% | X | X | X | X | | | X | X | | Não | Não |
| H21 | SE e SO | 52 | 2151 | | 74,71% | X | X | X | X | | X | | X | | Sim | Sim |
| H24 | N | 63 | 1784,17 | 15,68 | 47,73% | X | X | X | X | | | X | X | X | Sim | Sim |
| H25 | O e N | 44,0 | 1281 | 15,5 | 68,82% | X | X | X | X | | | X | X | X | Não | Sim |
| H27 | NO e NE | 16 | | 17,13 | 31,19% | X | X | X | X | | X | | | X | Não | Não |

Fonte:

Acervo

da

Autora,

2017

5 Resultados da etapa de levantamento de campo do objeto de estudo

Neste subcapítulo da pesquisa estão descritos os resultados referentes à análise comparativa entre os dados adquiridos durante o levantamento de informações acerca do espaço amostral da pesquisa e do objeto de estudo. Esses resultados fazem parte do entendimento sobre o consumo energético da tipologia hoteleira e foram utilizados como base para configuração e análise da simulação computacional.

5.1 Questionários

Os questionários foram aplicados entre 10 de julho de 2017 e 20 de setembro de 2017. Foram aplicados, ao todo, 34 questionários, conforme modelo apresentado no Apêndice 3.

A análise dos questionários tem como finalidade descrever os aspectos gerais das respostas dos hóspedes, as características dos respondentes e seus hábitos. A tabela 12 ilustra a distribuição dos respondentes (faixa etária e sexo). A maior parte dos respondentes declarou que o motivo da viagem era o lazer (81,8%) e 18,2% responderam que estavam à trabalho.

Tabela 12 - Distribuição por faixa etária e sexo dos respondentes.

| Distribuição de faixa etária por sexo: | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 18-30 | 31-43 | 44-56 | 57-69 | >69 |
| Feminino | 3 | 9 | 6 | 3 | 1 |
| Masculino | 5 | 3 | 3 | 1 | 0 |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Sobre os hábitos de consumo energético dos hóspedes dentro das UH's, 94,1% informaram que desligam as luzes ao sair do apartamento para o café da manhã. Já a respeito dos aparelhos eletrônicos, 20,6% informaram deixá-los ligados ao sair para o café da manhã, sendo os equipamentos mais recorrentes o carregador do aparelho celular e o ar-condicionado. Contudo, 97,9% dos respondentes afirmaram que não saem do hotel deixando os aparelhos ligados. O uso do frigobar se mostrou bastante recorrente entre os respondentes: com 79,4% deles afirmando utilizá-lo. Já o uso do secador de cabelo foi declarado por 50% dos respondentes, sendo 76,47% destes do sexo feminino. A respeito da temperatura ideal para o banho (frio ou quente), 91,2% dos hóspedes afirmaram preferir banhos quentes, sendo o período de duração de banho mais recorrente entre 6 e 10 minutos, podendo variar de 5 a 15 minutos.

O uso do ar condicionado foi declarado por 82,3% dos respondentes. Desses, 62,1% afirmaram ligá-lo apenas quando estavam com calor e 31% informaram que o acionamento se dava após a chegada ao apartamento. Contudo, 64,7% dos hóspedes informaram que se sentem neutros (ausência de sensação de calor ou frio) quando chegam ao hotel. Apenas 20,6%

afirmaram sentir um pouco de calor, 8,8% sentiram calor e 5,9% dos respondentes informaram sentir frio ao chegar no estabelecimento. As temperaturas de *setpoint* do ar-condicionado informadas pelos respondentes encontram-se descritas na Tabela 13. Percebe-se uma predominância das temperaturas entre 21 e 23°C, representando 42,9% das respostas. Os hóspedes que declararam preferir temperaturas mais baixas, entre 17 e 20°C, correspondem a 35,7%.

Tabela 13 - Distribuição das respostas acerca do *setpoint* do ar-condicionado.

| | | Setpoint - Distribuição das Respostas | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| Nº de respostas | 1 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 2 | 4 | 0 |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Ao analisar a comparação entre a temperatura de configuração do ar condicionado com a sensação térmica na hora de dormir observou-se que 75% dos hóspedes que configuraram os aparelhos com temperatura abaixo de 20°C declararam sentir algum tipo de desconforto por frio. Por fim, a respeito da adoção de medidas de conservação de energia praticadas em suas residências, 60,6% dos respondentes afirmaram aplica-las, sendo as mais recorrentes: apagar as luzes ao sair do ambiente, desplugar aparelhos quando não estão em uso, banhos rápidos e deixar as janelas abertas para ventilação natural. Através do exposto foi observado uma manutenção das medidas de conservação de energia por parte dos clientes, enquanto hospedados, exceto a medida que envolve ventilação natural, pois 82,3% dos hóspedes informaram utilizar o ar condicionado durante a utilização dos apartamentos.

5.2 Relação entre ocupação média mensal e consumo de energia medido pela concessionária

Para analisar a relação entre ocupação média mensal e consumo de energia foram considerados apenas dados relativos ao hotel do objeto de estudo (Hotel Ciribaí). Foram utilizados dados de ocupação e o consumo energético médio mensal medidos pela concessionária, referentes aos anos de 2015 e 2016. É pertinente observar que alguns dos hotéis pertencentes à amostra da pesquisa possuem geração de energia através de combustíveis fósseis²⁰, sendo esse recurso ativado nos horários de pico (entre as 17:30hs e 20:30hs). Desse modo não foram utilizados os dados da amostra de estudo e sim do objeto de pesquisa, que não possui gerador de energia.

²⁰ Sendo diesel o principal combustível utilizado.

Observando-se os Gráficos 18 e 19 percebe-se que o consumo médio de energia e a ocupação média mensal são proporcionais. Com exceção do mês de março/2015, que apresentou decréscimo na ocupação e um aumento no consumo de energia em relação ao mês anterior, sendo esse considerado um mês atípico.

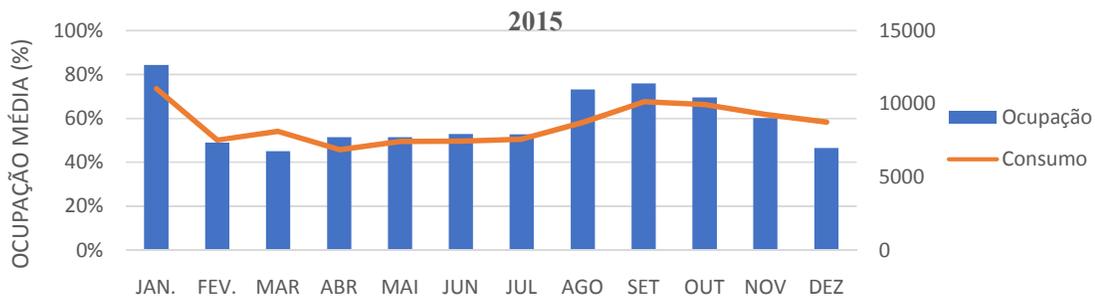


Gráfico 18 - Dados comparativos entre consumo e ocupação média mensal para o ano de 2015 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

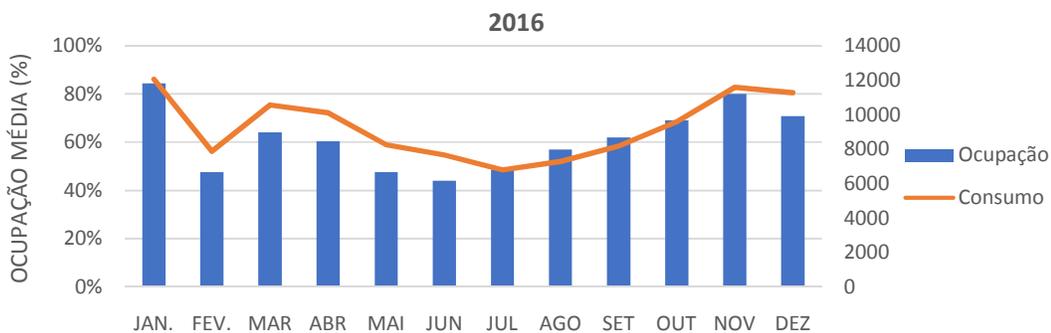


Gráfico 19 - Dados comparativos entre consumo e ocupação média mensal para o ano de 2016 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Capítulo 5

“Descrição do Objeto de Estudo”

6 O Hotel do Estudo de Caso – Caso Base

O hotel escolhido como objeto de pesquisa foi o Hotel Ciribaí, situado à quatro quadras da orla marítima de Maceió, no bairro da Jatiúca (Figura 11). O estabelecimento possui características pertencentes ao identificado como predominante para a tipologia, em Maceió. Possui formato retangular, três pavimentos, PAF_p de 19,4%, coloração da fachada principal com absortância de 0,7 e fachada principal voltada a Leste.



Figura 11- Localização do Hotel Ciribaí (Fonte: Google Earth, 2017).

O empreendimento foi inicialmente inaugurado em 1997, com apenas 16 unidades habitacionais. Após alguns anos de funcionamento foram acrescentadas à estrutura pré-existente mais três unidades habitacionais, totalizando 19 apartamentos. Em 2013, para atender a demanda crescente, o empreendimento sofreu uma ampliação, onde foi iniciada a construção de mais um edifício ao lado do pré-existente, tendo a obra sido concluída em 2014. Com a ampliação, o estabelecimento dobrou de tamanho, passando a totalizar 39 unidades habitacionais. Para facilitar a caracterização do empreendimento, a edificação inicial do hotel será chamada de “parte antiga” e a edificação construída em 2013 de “parte nova”, conforme pode ser observado na figura 12.



Figura 12- Localização do Hotel Ciribaí, em vermelho a "parte antiga" do estabelecimento e em amarelo a "parte nova", pós reforma/ampliação (Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015).

Os ambientes que compõem o hotel são: recepção e salas de estar, gerência, diretoria, rouparias, banheiros sociais, área técnica para equipamentos, cozinha, estoque, sala de funcionários, área de serviço, restaurante, espaço aberto, circulação e apartamentos. Desses, além dos apartamentos, apenas a gerência, diretoria e o restaurante são condicionados artificialmente e considerados áreas focais da pesquisa. A disposição dos ambientes pode ser visualizada através da figura 13.



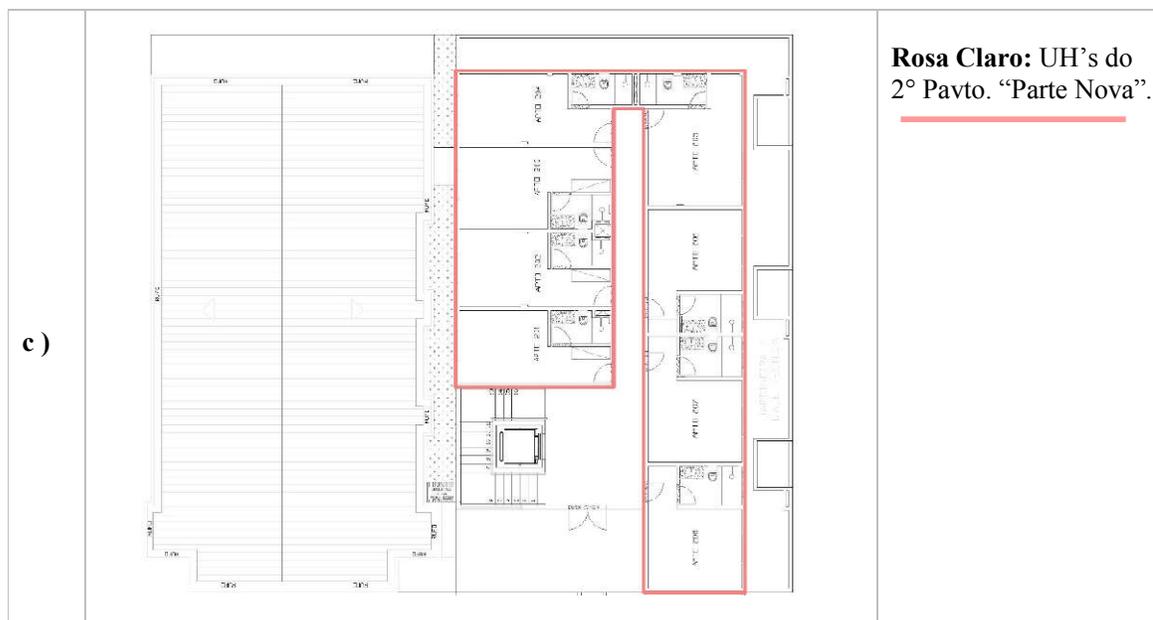


Figura 13- Planta baixa do Hotel Ciribáí com destaque para as áreas condicionadas artificialmente no térreo (a), primeiro andar (b) e segundo andar (c) (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Como é possível observar na figura 12 a “parte antiga” possui apenas dois pavimentos enquanto que a “parte nova” possui 3 pavimentos. A maior parte do primeiro pavimento é composta por apartamentos. No segundo pavimento, além das unidades habitacionais, existe um espaço aberto para uso comum dos clientes. As plantas baixas em escala ampliada podem ser visualizadas no Anexo 1.

6.1 Características construtivas

Tanto a parte antiga quanto a parte nova do estabelecimento são compostas por vedação em alvenaria de tijolo cerâmico e sistema estrutural em concreto armado. A superfície externa da fachada principal (Leste) possui coloração vermelha com detalhes em pedras portuguesas, na cor amarela. Uma pele de vidro compõe boa parte da superfície de fachada que engloba a área da recepção. As demais fachadas da edificação (Norte, Sul e Oeste) possuem coloração verde claro e nelas ficam situadas as superfícies externas da maior parte das UH's, conforme pode ser observado na figura 14.

A edificação possui dois tipos de cobertura nas zonas condicionadas artificialmente situadas no último pavimento, uma para a edificação nova e uma para a antiga. A edificação nova possui cobertura em laje de concreto impermeabilizada. Já a edificação antiga possui cobertura de telhas cerâmicas não esmaltadas inseridas acima de uma laje de concreto.

A maioria das esquadrias das UH's situadas na parte nova do empreendimento possui perfil em alumínio na cor preta, com vidro simples e película opaca preta inserida pós-instalação para bloquear a luminosidade. Apenas quatro unidades habitacionais possuem

esquadrias em alumínio bronze e vidro com película refletiva, conforme ilustrado na figura 15.



Figura 14- Fachada principal e fachada lateral do objeto de estudo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).



Figura 15- Esquadria preta com película opaca à esquerda), e esquadria bronze com vidro refletivo, à direita. (Fonte: Acervo do Hotel Ciribaí, 2017).

As esquadrias situadas na parte antiga da edificação são, em sua maioria, de madeira (Figura 16), com exceção dos apartamentos modificados para a realização da reforma. Ao todo, na parte antiga, são 20 apartamentos, apenas dois deles possuem esquadria de alumínio com fechamento em vidro refletivo e um possui esquadria de alumínio com fechamento em vidro simples com adição de película opaca preta.

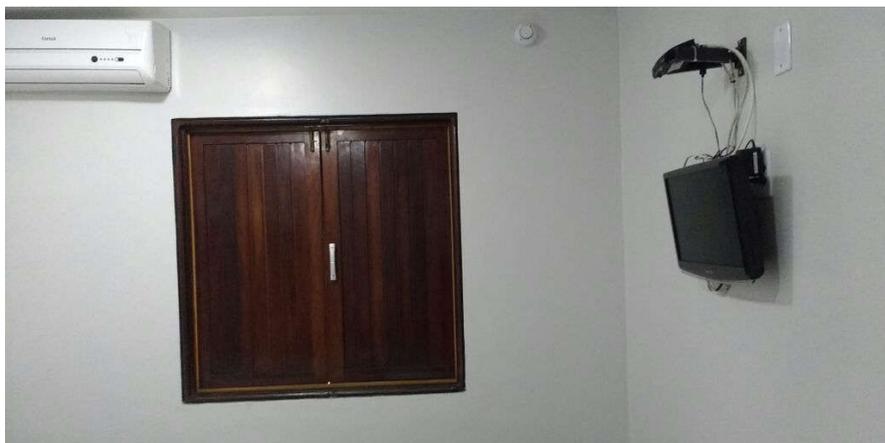


Figura 16- Quarto com esquadrias em madeira da parte “antiga” do hotel (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Para identificar a absorvância das paredes das fachadas da edificação estudada foi consultada a tese de doutorado de Dornelles (2008), que expõe uma base de dados para tintas látex e PVA, conforme a Tabela 14. De forma semelhante, o Apêndice 4, expõe as características dos materiais que compõe as superfícies externas do hotel, necessários para a modelagem computacional da edificação.

Tabela 14 - Absortância aproximada das cores que compõe as fachadas do Hotel Ciribaí, por faixa de espectro (%).

| Cor – Real | Cor - Aproximada | Absortância | | | |
|-----------------------------------|---|---------------|---------|---------------|-------------|
| | | Ultra Violeta | Visível | Infravermelho | Total |
| Vermelho – Acrílico Fosco Suvinil | 78 Vermelho Cardinal – Acrílica fosca Suvinil | 96,4 | 72,2 | 57,0 | 61,2 |
| Verde Sálvia - Fosco Coral | 48 Alecrim – Suvinil acrílica fosca | 95,5 | 64,2 | 68,1 | 68,4 |

Fonte: Adaptado de DORNELLES, K., 2008.

O Percentual de Abertura na Fachada Total – PAFT, seguindo definições do RTQ-C, contabilizado para o Hotel foi de 7,08%, sendo a fachada Leste a que apresentou maior PAF e a fachada Sul o menor, conforme pode ser observado na Tabela 15.

Tabela 15 - Percentuais de Aberturas das fachadas do objeto de estudo, em destaque vermelho a Fachada Principal.

| Edificação Antiga | | | |
|-----------------------|-----------------------------|--|-----------------|
| Orientação da Fachada | Área da Fachada | Área de Aberturas Envidraçadas e Transparentes | PAF por fachada |
| Oeste | 216,87 m ² | 0,35 m ² | 0,16 % |
| Sul | 152,63 m ² | 2,94 m ² | 1,92 % |
| Norte | 145,70 m ² | 2,48 m ² | 1,70 % |
| Leste | 81,19 m² | 6,29 m² | 7,74 % |
| Edificação Nova | | | |
| Oeste | 133,83 m ² | 17,08 m ² | 12,76 % |
| Sul | 231,41 m ² | 12,41 m ² | 5,36 % |
| Norte | 239,38 m ² | 16,66 m ² | 6,96 % |
| Leste | 141,55 m² | 36,89 m² | 26,06 % |
| Totais | 1.342,54 m ² | 95,09 m ² | - |
| PAFT | | 7,08 % | |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

6.2 O entorno e a Insolação

O Hotel Ciribaí está circundado por edificações multifamiliares com uma quantidade média de 9 pavimentos, sendo sombreado por elas no período da manhã e da tarde, em todos os meses do ano, conforme pode ser percebido na figura 17 e nos Gráficos 20 e 21, que possuem informações acerca da quantidade de horas de exposição ao sol (por ambiente). Para o estudo de insolação das fachadas do estabelecimento foi realizada uma simulação computacional utilizando o software SketchUp 2016. A simulação foi realizada hora a hora para dois dias de referência, 21 de junho (inverno) e 22 de dezembro (verão).



Figura 17- Croqui volumétrico do entorno do caso base, em roxo as edificações do entorno do hotel e seta apontando para a localização do Hotel Ciribaí (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Foi percebido que no verão, a fachada Sul possui exposição ao sol em uma pequena área durante 8 horas, iniciando às 8 da manhã até às 16hs. A fachada leste também recebe radiação direta em uma diminuta área, durante 5 horas por dia, iniciando às 7hs da manhã. A fachada oeste recebe radiação direta apenas a partir do primeiro pavimento durante parte do período vespertino.

Já no inverno, a fachada norte recebe raios diretos durante todo o dia em grande parte da área dos ambientes situados no primeiro e segundo pavimento. A fachada leste possui pequena exposição à radiação solar no período matutino, principalmente nos ambientes da “edificação antiga” e, por fim, a fachada oeste recebe radiação apenas ao meio dia em uma pequena área de sua extensão. Já a coberta do estabelecimento é sombreada durante algumas horas no verão, a partir das 14h, e no inverno após as 16hs, devido a existência de obstruções no entorno.

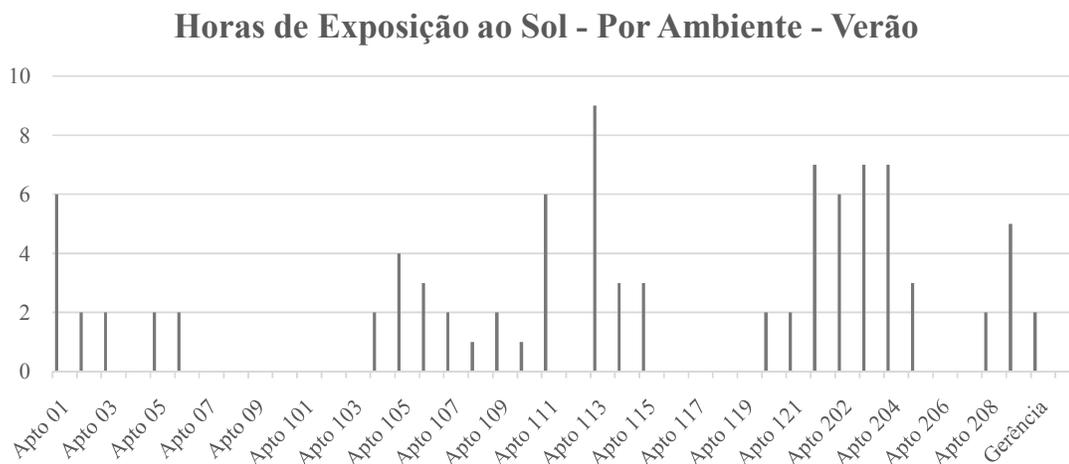


Gráfico 20- Exposição à radiação solar direta, por ambiente, tomando como base o dia 22 de dezembro (Verão) (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

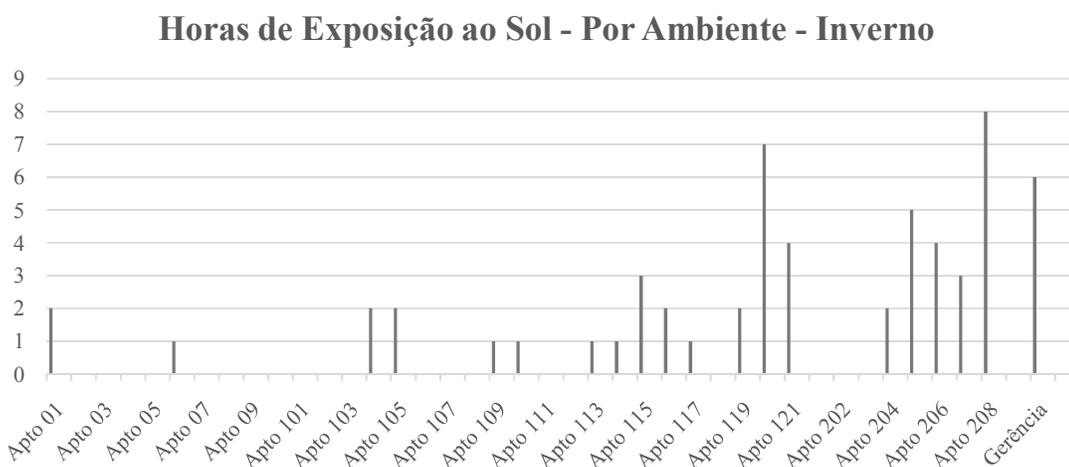


Gráfico 21- Exposição à radiação solar direta, por ambiente, tomando como base o dia 21 de junho (Inverno) (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

6.3 Composição dos ambientes e equipamentos instalados

Todos os apartamentos do hotel possuem instalados: televisão, frigobar, decodificador da TV a cabo, ar-condicionado (9000 ou 7000btu's, dependendo do tamanho da UH) e, pelo menos, duas lâmpadas de LED ou fluorescentes. O levantamento de todos os equipamentos existentes no estabelecimento foi realizado de forma a registrar quantidades e potências nominais de cada um deles, estimando o horário de funcionamento médio por dia.

A organização desses equipamentos, separados por ambiente e hierarquizados de acordo com o maior potencial de consumo mensal por metro quadrado, pode ser observado na tabela 16. A estimativa dos horários de funcionamento de cada equipamento está resumida no

Apêndice 5, realizada com base em entrevistas com funcionários, nas respostas dos questionários de opinião dos hóspedes e nas observações realizadas in loco pela autora. Contudo, é importante frisar que os dados exibidos nas tabelas 16 e 17 representam uma estimativa do consumo energético, desconsiderando a potência real consumida pelo aparelho e a ocupação média real do estabelecimento.

Tabela 16 - Tabela de consumos estimados dos equipamentos existentes no Hotel Ciribaí, organizados por ambiente.

| Local | Iluminação (kWh/mês) | AC (kWh/mês) | Equipamentos (kWh/mês) | Área (m²) - Piso- | Consumo Mensal (kWh/mês) | Consumo Mensal por Área (kWh/m²) | Ranking de Consumo mensal/m² |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Área Técnica | 0,4 | 0 | 547,3 | 10 | 547,8 | 54,8 | 1° |
| Apartamentos (UH's) | 99,6 | 9910,9 | 1022,9 | 528,5 | 11033,5 | 20,9 | 2° |
| Gerência | 4,8 | 120,9 | 208,8 | 16,4 | 334,5 | 20,4 | 3° |
| Administração | 10,9 | 104,7 | 143,1 | 16,8 | 258,6 | 15,4 | 4° |
| Recep. e Circulação Térreo | 33,3 | 0 | 437,6 | 37,3 | 470,9 | 12,6 | 5° |
| Restaurante | 13,5 | 421,9 | 185,1 | 83,0 | 620,5 | 7,5 | 6° |
| Cozinha | 21,6 | 0 | 150,1 | 32,3 | 171,7 | 5,3 | 7° |
| W.C's dos apartamentos | 28,8 | 0 | 73,6 | 141,3 | 102,4 | 0,7 | 8° |
| Circulação 1° e 2° Pavimentos | 30,1 | 0 | 3,6 | 88,6 | 33,7 | 0,4 | 9° |
| W.C's Sociais | 2,7 | 0 | 0 | 8,2 | 2,7 | 0,3 | 10° |
| Vestiário | 1,3 | 0 | 2,4 | 14,2 | 3,7 | 0,3 | 11° |
| W.C's dos Funcionários | 1,8 | 0 | 0 | 9,7 | 1,8 | 0,2 | 12° |
| Arquivo | 0,4 | 0 | 0 | 5,1 | 0,4 | 0,1 | 13° |
| Rouparia | 0,9 | 0 | 0 | 11,0 | 0,9 | 0,1 | 14° |
| W.C. Administração | 0,2 | 0 | 0 | 2,8 | 0,2 | 0,1 | 15° |
| Triagem (Área externa da cozinha) | 0,4 | 0 | 0 | 12,4 | 0,4 | 0,03 | 16° |
| Iluminação Externa | 3 | 0 | 0 | 169,5 | 3 | 0,02 | 17° |
| Dispensa | 0,2 | 0 | 0 | 15,3 | 0,2 | 0,01 | 18° |

Fonte: Adaptado de ORNSTEIN; BRUNA; ROMERO, 1995.

Conforme é possível observar na tabela 16, a área técnica é o ambiente com maior consumo de energia mensal por metro quadrado, devido a concentração de equipamentos que mantém o funcionamento de todo o hotel em uma área pequena. São eles: *switch*²¹, gravador do circuito de câmeras, decodificadores das televisões e o PABX (central telefônica). Desses, o que mais consome energia é o *Switch*: aproximadamente 318,0 kWh/mês. É importante ressaltar que a área técnica é ventilada naturalmente.

O conjunto de apartamentos é o segundo maior consumidor de energia por área, sendo o consumo total do ar-condicionado equivalente a quase 9 vezes o consumo dos demais equipamentos e iluminação. Ao hierarquizar os dados de acordo com o consumo estimado mensal é observada a seguinte classificação de consumo energético por setor, em ordem decrescente: apartamentos, restaurante, área técnica, recepção, gerência e administração, conforme pode ser observado na tabela 17.

²¹ Equipamento que possibilita a conexão dos computadores do estabelecimento em uma rede local.

Tabela 17 - Hierarquia do consumo estimado mensal em função dos ambientes.

| Local | Iluminação (kWh/mês) | AC (kWh/mês) | Equipamentos (kWh/mês) | Consumo Mensal (kWh/mês) | Hierarquia de Consumo Mensal Estimado |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Apartamentos (UH's) | 99,6 | 9910,9 | 1022,9 | 11033,5 | 1º |
| Restaurante | 13,5 | 421,9 | 185,1 | 620,5 | 2º |
| Área Técnica | 0,4 | 0 | 547,3 | 547,8 | 3º |
| Recep. e Circulação Térreo | 33,3 | 0 | 437,6 | 470,9 | 4º |
| Gerência | 4,8 | 120,9 | 208,8 | 334,5 | 5º |
| Administração | 10,9 | 104,7 | 143,1 | 258,6 | 6º |
| Cozinha | 21,6 | 0 | 150,1 | 171,7 | 7º |
| W.C's dos apartamentos | 28,8 | 0 | 73,6 | 102,4 | 8º |
| Circulação 1º e 2º Pavimentos | 30,1 | 0 | 3,6 | 33,7 | 9º |
| Vestiário | 1,3 | 0 | 2,4 | 3,7 | 10º |
| Iluminação Externa | 3 | 0 | 0 | 3 | 11º |
| W.C's Sociais | 2,7 | 0 | 0 | 2,7 | 12º |
| W.C's dos Funcionários | 1,8 | 0 | 0 | 1,8 | 13º |
| Rouparia | 0,9 | 0 | 0 | 0,9 | 14º |
| Arquivo | 0,4 | 0 | 0 | 0,4 | 15º |
| Triagem (Área externa da cozinha) | 0,4 | 0 | 0 | 0,4 | 16º |
| W.C. Administração | 0,2 | 0 | 0 | 0,2 | 17º |
| Dispensa | 0,2 | 0 | 0 | 0,2 | 18º |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

6.4 Consumo Energético Médio Mensal e Ocupação Média Mensal

Segundo o consumo medido pela concessionária de energia, tomando como referência os anos de 2015 e 2016, o consumo anual médio do hotel estudado foi 8.567,5 kWh/mês e 9.266 kWh/mês, respectivamente. Nesses anos, as taxas de ocupação média foram 58,1% e 61,3%. A análise de correlações entre consumo, ocupação e características do objeto de estudo e dos hotéis econômicos visitados encontram-se no capítulo 7.

6.5 Considerações finais do capítulo

Com base no exposto percebe-se que o objeto de estudo está inserido em uma área onde há uma predominância de edificações verticais que promovem sombreamento das superfícies da envoltória durante o verão e o inverno, diminuindo o ganho de calor proveniente da radiação solar direta. As estimativas dos consumos de energia mensal realizadas com base na potência dos equipamentos revelaram que os principais consumidores de energia do estabelecimento são os apartamentos, sendo esses responsáveis por 81,2% do consumo médio mensal estimado. É importante mencionar que os apartamentos correspondem a 82% da área dos ambientes condicionados artificialmente, sendo o restaurante, diretoria e gerência responsáveis por 12,9%, 2,6% e 2,5%, respectivamente.

Capítulo 6

“Simulação Computacional”

7 Simulação Computacional

Essa etapa da pesquisa tem como objetivo avaliar a influência de parâmetros construtivos da envoltória no consumo energético do hotel econômico de pequeno porte selecionado para o estudo. O modelo computacional representativo deste hotel é denominado aqui “Caso Base” (Figura 18). O programa utilizado para realização das simulações é o EnergyPlus 2.13, conjuntamente com o Plug-In para o SketchUp 2017, OpenStudio 2.1.0.



Figura 18- Modelo volumétrico do caso de referência (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Foram utilizados como dados de entrada do Caso Base as características construtivas reais do edifício de referência, respeitando as mesmas cargas térmicas observadas e a mesma potência instalada dos equipamentos existentes. Para representar o clima da cidade de Maceió, foi utilizado um arquivo climático retirado da página virtual do LabEEE²², no formato de extensão epw, para ser utilizado no software EnergyPlus.²³

7.1 Configuração do Caso Base (Modelo Real)

Reprodução fidedigna do modelo real, conforme descrito nas tabelas 18, 19 e 20. A configuração da temperatura de *setpoint* dos aparelhos ar-condicionado adotada foi de 22°C, conforme pesquisas anteriores; os padrões de uso e ocupação adotados estão descritos no item 5.1.7. A configuração do modelo de simulação do caso base seguiu os determinados parâmetros e materiais:

²² <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>.

²³ O aprendizado do EnergyPlus exige dedicação do pesquisador e meticulosidade na leitura dos manuais e aplicação das etapas e configurações sugeridas. Foram utilizados os seguintes materiais de estudo: Apostila tutorial OpenStudio (2010); Curso de Introdução ao EnergyPlus (2006), desenvolvidos pelo LabEEE sob coordenação do Prof. PhD. Roberto Lamberts, também foram utilizados os manuais de treinamento do software EnergyPlus 2.13 e o auxílio do fórum virtual de dúvidas do EnergyPlus (Unmet Hours Beta).

Tabela 18 - Descrição da tipologia predominante – Caso Base.

| Descrição da tipologia predominante – Caso Base | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| Transmitância térmica(W/m².K) | Paredes | 2,211 W/m².K |
| | Cobertura (Telha Cerâmica) | 2,12 W/m².K |
| | Cobertura (Laje Plana) | 1,65 W/m².K |
| Absortância | Parede Fachada Principal (Vermelho) | 0,7 |
| | Paredes Laterais (Verde Claro) | 0,4 |
| | Paredes Internas (Branca) | 0,2 |
| Vidro – Fachada Principal | Cor | Bronze Refletivo |
| | Espessura | 0,006 m |
| Vidro dos banheiros | Cor | Clear |
| | Espessura | 0,003 m |
| Vidro dos Quartos | Cor | Preto Opaco (película BlackOut) |
| | Espessura | 0,006 m |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Tabela 19 - Densidades de carga interna.

| Ambiente | Carga Térmica | Valor |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|
| Diretoria | Número de Pessoas (und.) | 1 |
| Gerência | Número de Pessoas (und.) | 2 |
| Recepção e Circulação | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,13 |
| Restaurante | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,44 |
| Área de Serviços | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,12 |
| UH Standard | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,16 |
| UH Luxo | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,05 |
| UH Superior | Pessoas por metro quadrado (und./m²) | 0,10 |
| Diretoria | Iluminação (W/m²) | 4,0 |
| Gerência | Iluminação (W/m²) | 1,1 |
| Recepção e circulação | Iluminação (W/m²) | 1,5 |
| Restaurante | Iluminação (W/m²) | 0,4 |
| Área de Serviço | Iluminação (W/m²) | 2,0 |
| UH Standard | Iluminação (W/m²) | 2,5 |
| UH Luxo | Iluminação (W/m²) | 2,5 |
| UH Superior | Iluminação (W/m²) | 2,2 |
| Diretoria | Equipamentos (W/m²) | 27,0 |
| Gerência | Equipamentos (W/m²) | 47,8 |
| Recepção e circulação | Equipamentos (W/m²) | 4,1 |
| Restaurante | Equipamentos (W/m²) | 22,5 |
| Área de Serviço | Equipamentos (W/m²) | 17,3 |
| UH Standard | Equipamentos (W/m²) | 8,3 |
| UH Luxo | Equipamentos (W/m²) | 7,8 |
| UH Superior | Equipamentos (W/m²) | 9,1 |
| Diretoria | Tipo do Sistema de Ar condicionado | Split |
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 9000 |
| | COP (W/W) | 3,24 |
| Gerência | Tipo do Sistema de Ar condicionado | Split |
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 7500 |
| | COP (W/W) | 3,21 |
| Restaurante | Tipo do Sistema de Ar condicionado | Split |
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 18000 |
| | COP (W/W) | 3,24 |
| Quarto#1 | Tipo do Sistema de Ar condicionado | Split |
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 9000 |
| | COP (W/W) | 3,24 |
| Quarto#2 | Tipo do Sistema de Ar condicionado | Split |

| | | |
|--|------------------------------------|------|
| | Capacidade de refrigeração (BTU/h) | 7000 |
| | COP (W/W) | 3,24 |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Tabela 20 - Configuração das propriedades térmicas dos materiais.

| Elementos | Espessura (cm) | Condutividade (W/m.k) | Densidade (Kg/m ³) | Calor Específico (J/kg.K) |
|--|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Paredes | | | | |
| Reboco | 5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Tijolo | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Resistência da câmara de ar | | | | |
| Tijolo | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Reboco | 5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Laje entre pavimentos (prédio antigo) | | | | |
| Cerâmica | 1 | 1,05 | 2000 | 920 |
| Argamassa de assentamento | 1 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Laje de concreto | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Laje entre pavimentos (prédio novo) | | | | |
| Cerâmica | 1 | 1,05 | 2000 | 920 |
| Argamassa de assentamento | 1 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Laje de concreto | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Placa de Gesso | 2 | 0,35 | 1000 | 840 |
| Piso do Térreo | | | | |
| Laje de concreto | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Argamassa de assentamento | 1 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Cerâmica | 1 | 1,05 | 2000 | 920 |
| Cobertura de Telha Cerâmica – Quartos | | | | |
| Telha Cerâmica | 1 | 1 | 1800 | 920 |
| Laje de Concreto | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Cobertura em Laje Plana | | | | |
| Argamassa | 5 | 1,15 | 1800 | 1000 |
| Impermeabilização | 1 | 0,23 | 1100 | 1460 |
| Laje de Concreto | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Placa de gesso | 2 | 0,35 | 1000 | 840 |

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005.

7.2 Zonas Térmicas

As zonas térmicas (ZT) foram definidas com base nas recomendações do RTQ-C. Segundo o regulamento, a zona térmica pode ser definida como: “Espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício condicionado que são suficientemente similares, onde as condições desejadas (temperatura) podem ser controladas usando um único sensor (termostato ou sensor de temperatura) ” (RTQ-C, 2012. p.58). Para ambientes condicionados artificialmente, o regulamento não determina que cada ar condicionado deva pertencer a uma única zona térmica. O documento expõe que: “No caso de simulações com ambientes condicionados, ambientes contíguos de um mesmo piso e com a mesma orientação costumam fazer parte de uma mesma zona térmica” (RTQ-C, 2012 p. 58).

Devido a característica específica dos meios de hospedagem, onde existem ar-condicionado por apartamento e esses são isolados uns dos outros para garantir a privacidade do cliente, optou-se nesse trabalho por isolar as zonas térmicas por apartamento (unidade habitacional) e modelar zonas térmicas em comum para ambientes sociais e de circulação. Ao todo foram modeladas 78 zonas térmicas, dessas 42 são condicionadas artificialmente, conforme pode ser observado nas figuras 19, 20 e 21.

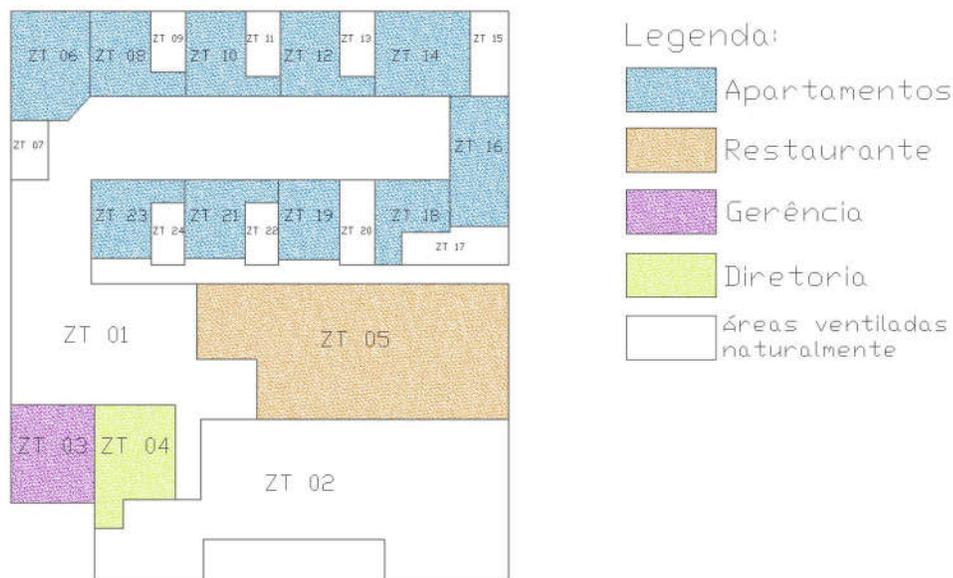


Figura 19 - Zonas térmicas do térreo - ZT 01 a ZT 24 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

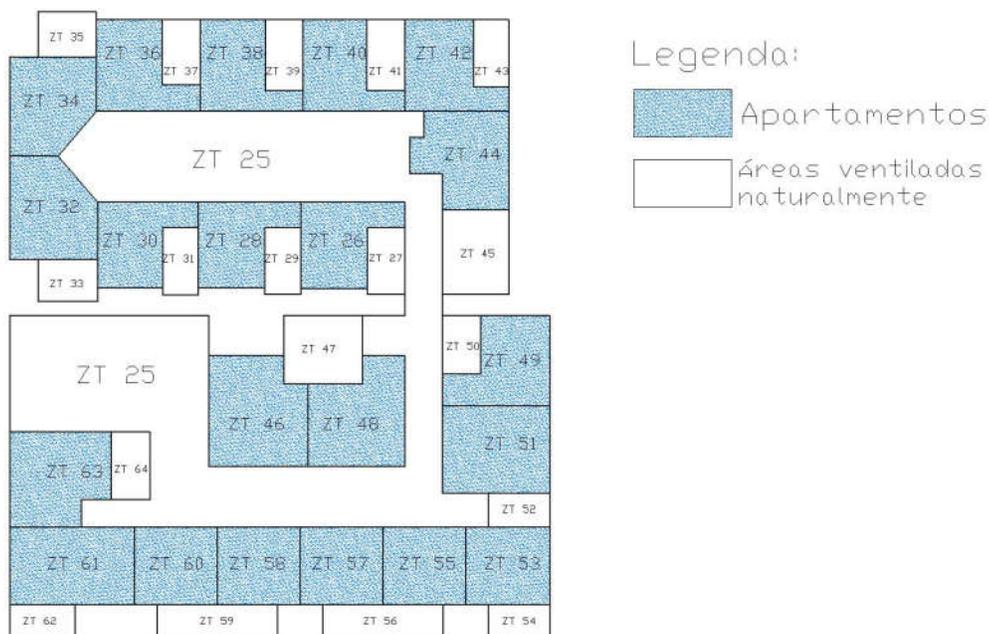


Figura 20 - Zonas térmicas do 1º Pavimento - ZT 25 a ZT 64 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

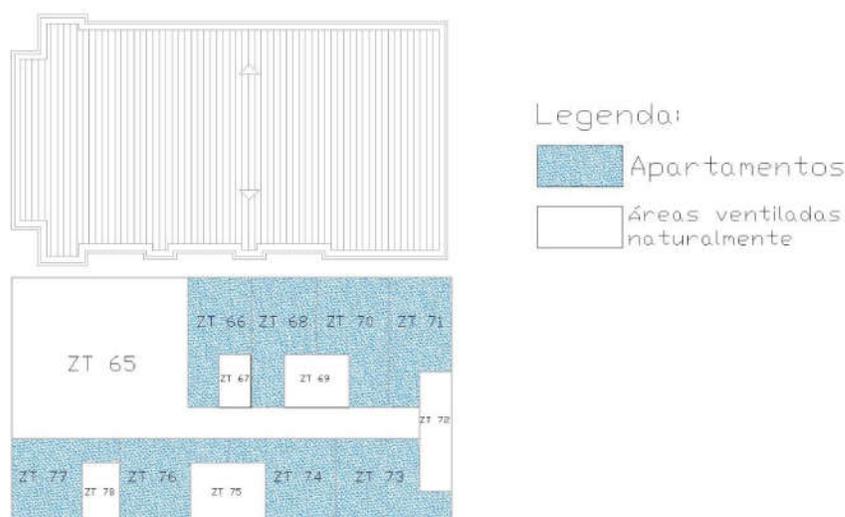


Figura 21 - Zonas térmicas do 2º pavimento - ZT 65 a ZT 78 (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

A configuração dos parâmetros construtivos do modelo do caso base foram descritas no Apêndice 4.

7.3 Parâmetrosfixos: padrão de uso e ocupação (*schedule*)

O consumo de energia do setor hoteleiro apresenta comportamento diferenciado em relação aos demais empreendimentos comerciais. Isso é resultado de uma estrutura de serviços vasta e variável (dependendo do porte, tipo, preço das diárias e público alvo pretendido). Os hotéis também possuem outros dois fatores de impacto em seu consumo energético: a sazonalidade, ou seja, períodos de maior ou menor ocupação e os hábitos de uso e ocupação dos usuários.

Com base nas observações em campo e nas entrevistas com os gestores dos empreendimentos hoteleiros, foi possível estipular rotinas representativas de cada tipo de usuário do hotel. Contudo, apenas as rotinas dos usuários que ocupam ambientes condicionados são relevantes a essa pesquisa; as demais serão mencionadas apenas com finalidade informativa. Foi percebido que os hóspedes de turismo geralmente se ausentam do estabelecimento às 7hs da manhã, devido aos horários dos passeios turísticos, e retornam ao hotel às 17hs. Devido à falta de refeições noturnas no empreendimento, os hóspedes se ausentam no período noturno retornando ao estabelecimento, geralmente, após duas horas e meia. O período do dia que concentra maior ocupação para esse tipo de usuário é entre 21hs e 6hs da manhã, período noturno e madrugada. Já a rotina dos hóspedes executivos é mais previsível devido aos horários de trabalho. Esse hóspede geralmente deixa o estabelecimento próximo das 8:00hs e retorna no fim do expediente às 18hs. Seu período de ausência para

refeição noturna também é mais curta, apenas uma hora e meia. O período de maior ocupação dos clientes hospedados e a trabalho vai de 20:30 até as 8:00hs. As rotinas de uso e ocupação podem ser observadas na figura 18, para os clientes de turismo, executivos e funcionários do setor administrativo. Já as rotinas dos demais funcionários podem ser observadas através do Apêndice 6.

Através da comparação entre as rotinas expostas na figura 22, nota-se que o cliente empresarial usufrui do hotel uma hora a mais do que o cliente turista. É importante mencionar que apesar dos motivos de viagem serem distintos, o padrão de ocupação dos clientes é muito parecido. Atribui-se esse resultado a falta de atrativos que essa tipologia de meio de hospedagem disponibiliza, levando os hóspedes a procurarem serviços de infraestrutura fora do estabelecimento. Dessa forma, o schedule dos hóspedes foi padronizado em 12 horas de

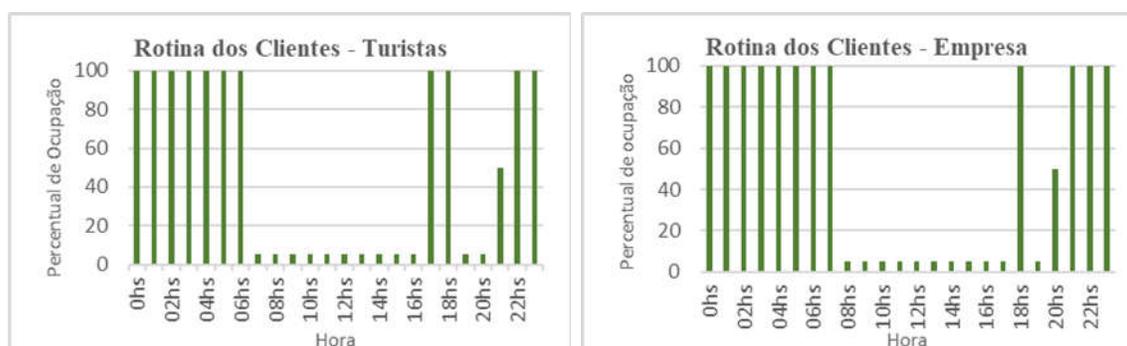


Figura 22 - Rotina de Ocupação dos Apartamentos Clientes – Turistas (à esquerda); rotina de ocupação dos apartamentos dos clientes executivos (à direita) (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

ocupação, conforme gráfico 22.



Os funcionários do setor administrativo e gerencial do hotel possuem rotina fixa ao longo do ano. O horário de trabalho e de ocupação dos respectivos ambientes, de segunda a sexta, corresponde aos períodos de 8:00 às 12:30hs e de 13:30hs às 18:00hs e, aos sábados, de 8:00hs às 12:00hs, conforme pode ser observado na figura 23. O setor receptivo (funcionários

da recepção) funciona 24hs no dia, com 3 trocas de turno. Por fim, o setor de serviços funciona 8hs por dia, iniciando suas atividades às 5:30hs da manhã e finalizando às 15:30hs. Todos os funcionários almoçam dentro do estabelecimento e possuem uma hora de almoço entre 12:30hs e 13:30hs.

As rotinas de uso e ocupação serão configuradas de acordo com o ambiente do estabelecimento e permanecerão inalteradas em todos os casos simulados. A respeito da atividade metabólica do usuário foi utilizada como referência a norma NBR16.401-2 (2016) que está em fase de revisão. Segundo a norma existem seis variáveis de conforto, são elas: Taxa metabólica, isolamento da vestimenta, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar. Contudo, a norma não é aplicável para situações onde o usuário está em conforto reclinado (na cama) ou dormindo, uma vez que “As condições ambientais e a vestimenta adequada ao sono e/ou descanso variam consideravelmente de pessoa para pessoa(...)” (ABNT projeto da NBR 16.401, p. 119, 2016). A norma também afirma que o contato do usuário com as roupas de cama pode proporcionar um isolamento térmico considerável, alterando as sensações térmicas. Para o cálculo de desconforto térmico dos usuários da presente pesquisa são relevantes as condições de conforto térmico dos usuários do objeto de estudo que usufruem de ambientes condicionados artificialmente, ou seja, hóspedes e funcionários administrativos, cuja atividades metabólicas são: 1,0 met (relaxamento, sentado) e 1,2 met (atividades de escritório para arquivamento, sentado), respectivamente. A respeito da vestimenta dos usuários, pode-se resumir que os funcionários dos estabelecimentos hoteleiros possuem a seguinte vestimenta: Calça + camisa de manga curta + roupas de baixo + meias médias + sapatos, o que resulta em um isolamento de 0,66 clo²⁴. Já para os hóspedes, em momento de descanso dentro do apartamento, será admitida uma vestimenta leve e descontraída: Shorts + camisa de manga curta + roupa de baixo, o que resulta em um isolamento de vestimenta de 0,4 clo.



Figura 23 - Rotina de Trabalho - Setor Administrativo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

²⁴ Valor obtido através do somatório dos valores de isolamento por tipo de vestimenta expostos no anexo B, tabela B.2 da NBR 16.401-2 (2016).

7.4 Configuração dos casos simulados – 1º Bloco de Simulações

As condições de entorno e o PAFT foram mantidas inalteradas para todos os casos variantes. Essa decisão foi fundamentada na consolidação da tendência construtiva do bairro em que o objeto de estudo está inserido, de forma que não se prevê uma modificação de adensamento construtivo para a região²⁵. Já a manutenção do PAFT foi estabelecida devido ao alto custo de sua alteração, necessitando a interdição do empreendimento por determinado período ou causando incomodo aos hóspedes (caso o gestor decida alterar as dimensões ou tipologia das aberturas com o estabelecimento funcionando), fatores que reduzem as possibilidades dessa recomendação ser executada.

7.4.1 Parâmetro 1- Fator solar dos vidros (aberturas):

No hotel de referência existem três tipos de esquadrias distintas: caixilho e vedação em madeira de jatobá, caixilho em alumínio bronze e vedação em vidro refletivo bronze e caixilho em alumínio preto com vedação em vidro simples com adição de película preta opaca. Para a variação desse parâmetro foi padronizado o tipo de esquadria para toda a edificação, formando as seguintes situações: esquadria com vidro simples(Caso 1, tabela 21) e esquadria com vidro Low-E (Caso 2, Tabela 22).

Tabela 21 - Características do vidro simples empregado no Caso 1.

| Vidro simples incolor de 3mm | |
|--|----------------|
| Caraterísticas | Valores |
| Espessura | 0,003 m |
| Transmitância solar em incidência normal | 0,77 |
| Refletância solar frontal em incidência normal | - |
| Refletância solar posterior em incidência normal | 0,07 |
| Transmitância visível em incidência normal | 0,88 |
| Refletância visível frontal em incidência normal | 0,08 |
| Refletância visível posterior em incidência normal | 0,08 |
| Transmitância infravermelha em incidência normal | - |
| Emissividade infravermelha frontal | - |
| Emissividade infravermelha posterior | - |
| Condutividade | 1 |
| Correção de sujeira | Padrão |
| Difusão Solar | Não |

²⁵ O entorno imediato do objeto de estudo é composto, predominantemente, por edificações residenciais multifamiliar verticais e não possuem terrenos disponíveis para construção de novas edificações. Segundo legislação municipal o bairro está zoneado como sendo zona residencial do tipo 4, com características condizentes com a realidade descrita, caracterizando uma região consolidada e sem previsão de modificações morfológicas.

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005.

Tabela 22 - Características do vidro Low-E empregado no Caso 2.

| Vidro Low-E (Double-pane unit with 1 pane of Low-E Glass and argon gas) | |
|--|----------------|
| Caraterísticas | Valores |
| Espessura | 0,006 m |
| Transmitância solar em incidência normal | 0,14 |
| Refletância solar frontal em incidência normal | - |
| Refletância solar posterior em incidência normal | 0,26 |
| Transmitância visível em incidência normal | 0,18 |
| Refletância visível frontal em incidência normal | 0,30 |
| Refletância visível posterior em incidência normal | 0,30 |
| Transmitância infravermelha em incidência normal | - |
| Emissividade infravermelha frontal | - |
| Emissividade infravermelha posterior | - |
| Condutividade | 0,9 |
| Correção de sujeira | 1 |
| Difusão Solar | Não |

Fonte: Adaptado de CEBRACE, S/D.

7.4.2 Parâmetro 2: Absortância das fachadas e coberturas

Parte da cobertura do caso base é composta por telhas cerâmicas não esmaltadas e parte em laje impermeabilizada. Contudo, para a construção dos casos a absortância de ambas coberturas foi padronizada com a finalidade de simplificar a análise dos resultados, adotando-se a pintura na cor branca ($\alpha=20\%$), com o propósito de melhorar o desempenho térmico do modelo, sendo o modelo assim configurado denominado caso 3.

Os valores adotados para a absortância das fachadas corresponderam a: 20% (referente à cor branca, valor mínimo encontrado durante a investigação da tipologia predominante, denominado caso 4) e 57% (adotado para o caso base), sendo este o valor ponderado das absortâncias do objeto de estudo, vermelho $\alpha=74\%$ e verde $\alpha=40\%$. Valores de absortância mais altos do que os do caso base não foram adotados, uma vez que não são representativos da tipologia de hotéis econômicos em Maceió. No caso 4, a absortância das coberturas foi mantida igual ao caso base: telha cerâmica ($\alpha = 70\%$) e laje impermeabilizada ($\alpha = 70\%$).

7.4.3 Parâmetro 3: Temperatura de Set Point do ar-condicionado

Com base nos questionários aplicados aos hóspedes do hotel, foi percebido que o valor médio utilizado como temperatura de funcionamento do ar condicionado é de 22°C, sendo essa temperatura utilizada para configuração do *setpoint* dos condicionadores de ar do caso base. Contudo, pesquisas anteriores como a de Carlo (2008), adotam a temperatura *desetpoint* de 24°C para a realização de estudos com simulação termoenergética. Dessa forma,

o caso 5 foi criado para ser semelhante ao caso base, modificando apenas a configuração de temperatura de *setpoint* dos aparelhos ar-condicionado para 24°C.

7.4.4 Parâmetro 4: Transmitância Térmica das Superfícies verticais e horizontais

Melo (2007, p. 25) afirma que “(...) a utilização de isolantes térmicos no envelope da edificação origina uma redução do consumo de energia em razão da diminuição da utilização do sistema de condicionamento de ar”. A autora ainda completa afirmando que a redução do consumo energético, pelo isolamento das superfícies opacas (paredes, cobertura e piso), está relacionada com a diminuição da carga térmica interna dos ambientes, uma vez que isolantes térmicos reduzem a quantidade de fluxo de calor que atravessa essas superfícies.

A partir do parâmetro 4 foram criados os casos 6 e 7. O primeiro deles é semelhante ao Caso Base com inclusão de isolamento térmico nas superfícies de envoltória. A escolha do tipo e da aplicação do isolamento das superfícies internas levou em consideração sua facilidade de implementação em uma reforma (*retrofit*) predial, sendo composto por uma placa de poliestireno (espessura de 8cm) e um revestimento de MDF (espessura de 1,8cm)²⁶, aplicados no interior da edificação, conforme pode ser observado na figura 24. A configuração adotada para as superfícies externas está descrita na tabela 23, os detalhes dos materiais podem ser observados no apêndice 7.

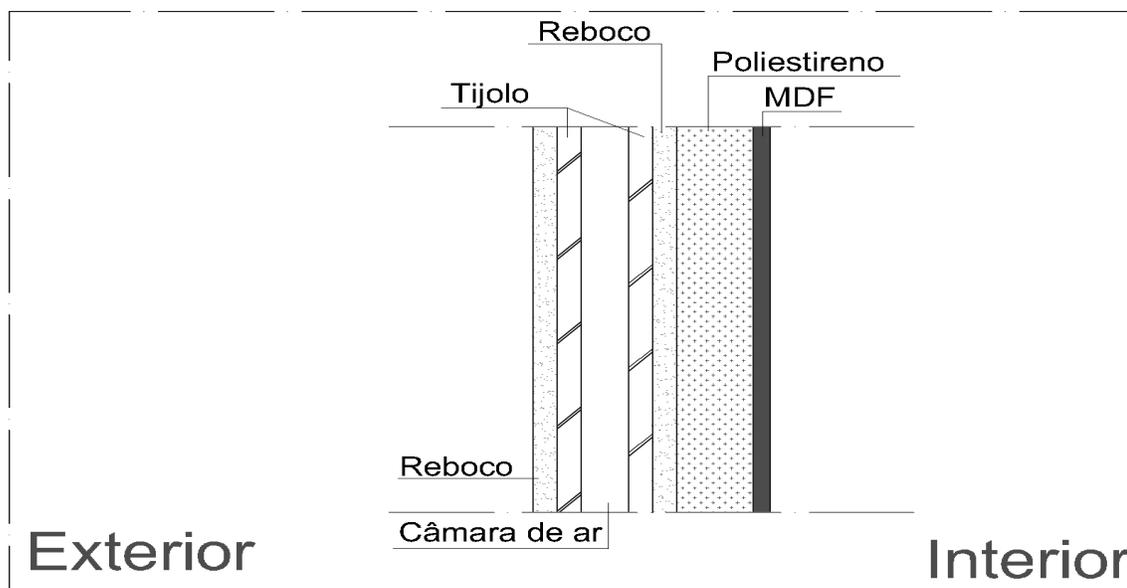


Figura 24 - Ilustração da parede de envoltória do caso 6 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

²⁶ A escolha do tipo de isolamento foi realizada conforme modelo contido no anexo V do RTQ-C.

Tabela 23 – Propriedades termo físicas das superfícies externas do caso 6.

| Propriedades termo físicas das paredes de envoltória do caso 6 | | |
|---|--|------------------------|
| Transmitância (W/m².K) | Capacidade térmica (kJ/m².k) | Absortância (%) |
| 0,391 | 148,40 | 57% |

Já o caso 7 é semelhante ao caso base, diminuindo-se a transmitância das paredes externas das áreas condicionadas com inclusão de isolamento externo. O tipo, posição e espessura do material de isolamento foi embasado em pesquisas anteriores como a de Ozel e Pihtili (2006) apud Melo (2007), onde foi observado que a configuração de isolamento térmico de paredes que traz melhor atraso térmico é através da inserção de material isolante em camada tripla da estrutura (no interior, no meio e no exterior da mesma). Contudo, essa situação não é viável para uma edificação já construída. Os autores também concluíram que o pior (menor) atraso térmico observado se deu através da disposição do isolante térmico aplicado internamente à edificação.

A partir do exposto, o caso 7 tem como objetivo verificar se a disposição do isolamento térmico externo à superfície de envoltória resulta em uma melhor redução nos ganhos de calor dos ambientes e, conseqüentemente, em um menor consumo de energia nas áreas condicionadas artificialmente. É importante mencionar que devido aos recuos obrigatórios da legislação municipal da cidade de Maceió, foram escolhidos materiais isolantes cuja espessura não acarretasse na impossibilidade da reforma predial.

A configuração de parede com isolamento térmico empregada para a simulação termo energética foi a seguinte: parede de alvenaria convencional, reboco interno e externo (espessura de 2,5cm) e aplicação de placas de poliestireno expandido na face externa do bloco cerâmico, resultando em um acréscimo de 3cm à espessura original da parede, conforme pode ser observado na figura 25.

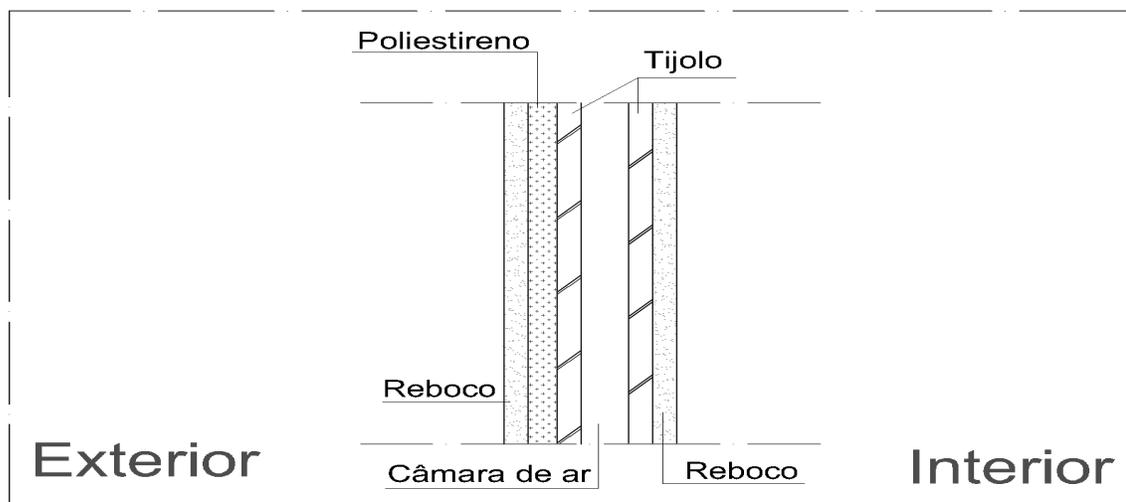


Figura 25 - Ilustração da parede de envoltória do caso 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Tabela 24 - Propriedades termo físicas das superfícies externas do caso 7.

| Propriedades termo físicas das paredes de envoltória do caso 7 | | |
|--|---|-----------------|
| Transmitância (W/m ² .K) | Capacidade térmica (kJ/m ² .k) | Absortância (%) |
| 0,832 | 150,30 | 57% |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

Para configuração da transmitância das coberturas foram utilizadas as recomendações do RTQ-C para obtenção do nível A de etiquetagem e a análise dos resultados das simulações dos casos base e 3 (alteração da absortância das coberturas). O caso 8 foi criado modificando a transmitância da cobertura do prédio antigo e novo. Para tal foi utilizado o método prescritivo do regulamento, onde foi constatado a necessidade de alteração da transmitância da laje de cobertura do 2º pavimento do prédio novo para $U_{cob} \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Para isso foi incluído o sistema de telhas metálicas com isolamento térmico em poliestireno acima da laje mencionada.

Entretanto, conforme descrição das análises dos resultados (expostas no capítulo 8) percebeu-se que o sistema de cobertura composto por telhas cerâmicas ao ser configurado com baixa absortância, representa fonte de perda de calor. Já a modificação da absortância do sistema de cobertura de laje impermeabilizada diminui sua transmissão de calor, contudo o sistema continua se destacando como fonte de ganho de calor. A partir do exposto foi criado o caso 9, semelhante ao caso base e ao caso 8, porém modificando apenas a cobertura do prédio novo do hotel (laje impermeabilizada) através da adição de telhas metálicas com sanduiche de poliestireno expandido. As especificações do caso 8 e 9 estão descritas na tabela 25.

Tabela25 - Propriedades termo físicas da cobertura dos casos 8 e 9.

| Propriedades termo físicas das coberturas do hotel – Caso 8 | | | |
|--|--|--|------------------------|
| Cobertura | Transmitância (W/m².K) | Capacidade térmica (kJ/m².k) | Absortância (%) |
| Prédio Antigo | 0,684 | 232 | 5% |
| Prédio Novo | 0,451 | 230 | 5% |
| Propriedades termo físicas da cobertura do prédio novo – caso 9 | | | |
| Cobertura | Transmitância (W/m².K) | Capacidade térmica (kJ/m².k) | Absortância (%) |
| Prédio Antigo | 2,120 | 238 | 70% |
| Prédio Novo | 0,451 | 230 | 5% |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

É importante mencionar que as cores e absortâncias das fachadas foram mantidas conforme configuração do caso base.

Capítulo 7

“Resultados e Discussão”

8 Simulações – Análise dos Resultados

Conforme explanado na metodologia, todas as simulações foram realizadas nas áreas condicionadas artificialmente do objeto de estudo. As análises das simulações foram divididas em três blocos. No primeiro bloco de simulações foi realizada uma análise comparativa entre os casos de 1 a 8, variando apenas parâmetros individualmente e observando seu impacto no consumo energético da edificação; no segundo bloco de simulações foram analisados comparativamente os casos 9 a 14, realizando combinações entre os parâmetros (absortância e transmitância das superfícies opacas) utilizando como base os casos cuja densidade de consumo energético, simulados no bloco 1, apresentaram menor consumo; por fim, no terceiro bloco de simulações foram realizadas análises comparativas dos resultados dos casos 15 (caso eficiente) e 16 (caso ineficiente).

8.1 Análise do primeiro bloco de simulações

As análises do primeiro bloco serão apresentadas em duas etapas, a primeira contém a análise dos indicadores de consumo de energia elétrica pela área da edificação (kWh/m²) para cada caso analisado. Já a segunda etapa é composta por uma análise comparativa entre os casos 1 a 9 para os seguintes dados de saída: consumo por uso final (%), consumo energético total mensal (kWh), cargas de pico de resfriamento (W), consumo do compressor do sistema de ar condicionado (kWh), tempo de *setpoint* não alcançado (%) e, por fim, percentual de desconforto dos usuários.

8.1.1 Análise Caso Base – Real

Observando o consumo energético anual e mensal simulado e comparando-os com as contas de energia da edificação real observou-se comportamento análogo, conforme pode ser observado no gráfico 23. Através do gráfico também é possível perceber que os meses de novembro, dezembro e janeiro foram os que tiveram maior diferença percentual de comportamento entre os casos analisados, essa diferença variou de 22% (em novembro) a 14% (em dezembro). Essas diferenças de comportamento, entre o caso base (simulado) e a edificação real, são possivelmente causadas devido aos imprevisíveis (e não padronizáveis) comportamentos de consumos energéticos (à exemplo: falta de energia, configurações individualizadas do *setpoint* nos aparelhos condicionadores de ar, entre outros) e também devido a variação entre as condições de temperatura reais (ano de 2016) e a temperatura registrada no arquivo climático utilizado, afetando a carga térmica do ambiente e, consequentemente, o consumo energético do ar condicionado. O indicador de consumo anual

por área do caso base foi de 74,38 kWh/m², 3,9% menor do que o índice da edificação real (77,40 kwh/m²).

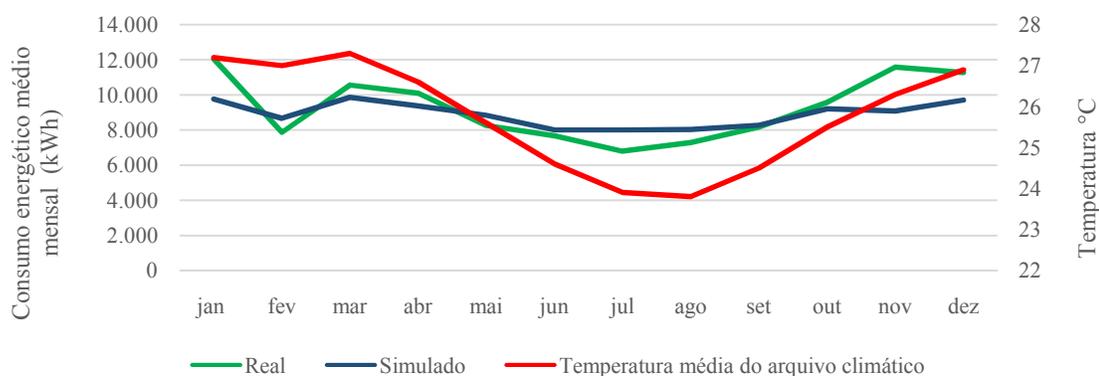


Gráfico 23 - Comparação entre o consumo de energia do caso base e da edificação real e a temperatura média mensal do arquivo climático (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.2 Análise Caso 1 – Padronização para esquadrias simples

Nessa variação paramétrica foram simuladas características semelhantes à edificação do caso base com exceção da configuração dos vidros das esquadrias, que foram substituídos por vidro simples de 3mm. Conforme pode ser observado no gráfico 24 é possível perceber que o índice de consumo anual por área da edificação passou a ser 75,34 kWh/m², 1,3% a mais do que o caso base. Era esperando que, com a troca das esquadrias de madeira e de vidro refletivo para esquadrias simples, o consumo energético aumentasse. Contudo, o resultado da simulação apontou uma diferença de consumo percentual pequena, provavelmente, vinculada ao fato da edificação possuir sombreamento proveniente das edificações de entorno combinado ao fato do PAFT ser igual a 7,08%.

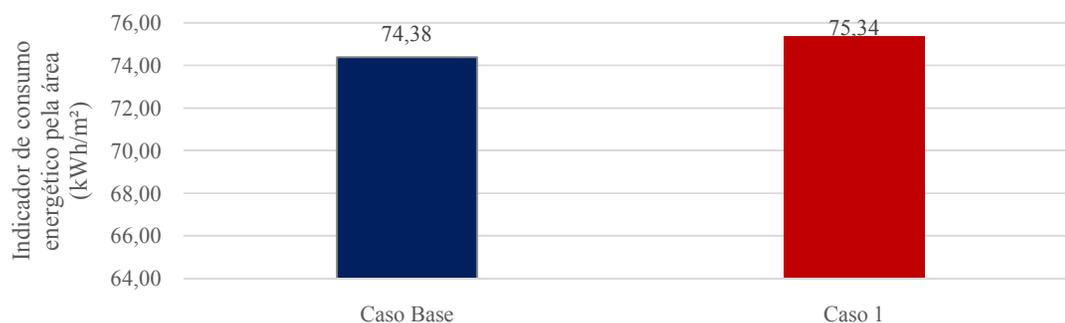


Gráfico 24 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 1 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.3 Análise Caso 2 – Padronização para esquadrias Low-E

O caso 2 é semelhante ao caso base, alterando a configuração dos vidros das esquadrias para vidros Low-E, ou seja, de baixa emissividade, conforme especificação

descrita na página 79. Foi possível perceber que o índice de consumo anual por área da edificação passou a ser 73,82 kWh/m², 0,76% a menos do que o caso base e 2,02% a menos do que o caso 1 (padronização das esquadrias para vidro simples de 3mm), conforme pode ser observado no gráfico 25.

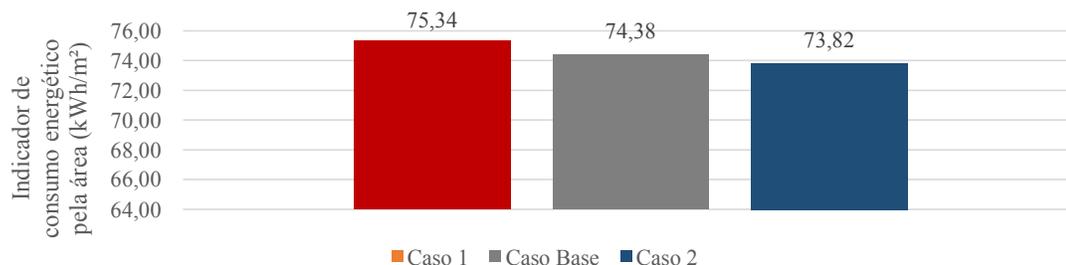


Gráfico 25 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 1 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.4 Análise do Caso 3 – Coberturas pintadas de branco (Telhas e Laje impermeabilizada)

O caso 3 foi configurado de forma semelhante ao caso base, com exceção da absorvância da laje impermeabilizada e das telhas cerâmicas, em que foi diminuída de 70% (argamassa de cimento e barro) para 20% (pintada de branco). Em relação ao consumo anual foi observada uma diminuição em relação caso base, o índice de consumo anual por área passou a ser 72,85 kWh/m², 2,1% a menos do que o caso base (74,38 kWh/m²), conforme pode ser observado no gráfico 26.

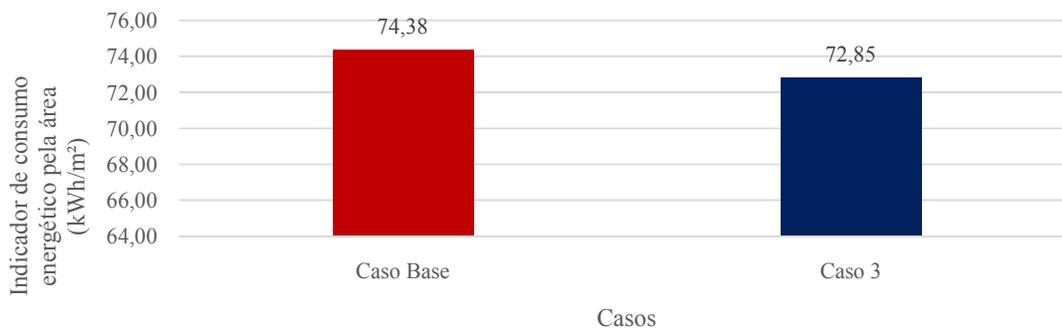


Gráfico 26 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 3 (Fonte: Acervo das autoras, 2018).

8.1.5 Caso 4 – Superfícies externas da edificação pintadas de branco

O caso 4 é semelhante ao caso base, variando e padronizando as superfícies externas da edificação para a pintura branca, com absorvância de 20%. Em relação ao caso base foi

observada uma diminuição percentual de 1,17% no indicador de consumo energético, passando de 74,38 kWh/m² para 73,51 kWh/m², conforme demonstrado no gráfico 27.

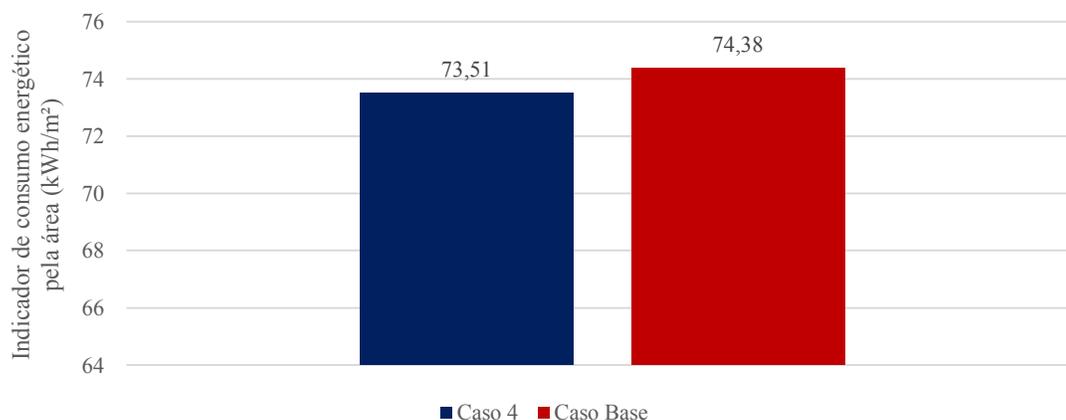


Gráfico 27 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 4 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.6 Caso 5 – Temperatura de configuração de *setpoint* do ar condicionado a 24°C

O modelo do caso 5 foi configurado semelhante ao caso base, modificando apenas a temperatura de acionamento do ar-condicionado para 24°C. A temperatura escolhida foi 24°C, pois a maioria dos estudos utilizam essa temperatura como padrão.

Ao diminuir a temperatura do ar-condicionado foi observado uma diminuição expressiva no consumo energético anual, passando de 74,38 kWh/m² (caso base) para 65,37 kWh/m², redução de 12,11%, conforme pode ser observado no gráfico 28.

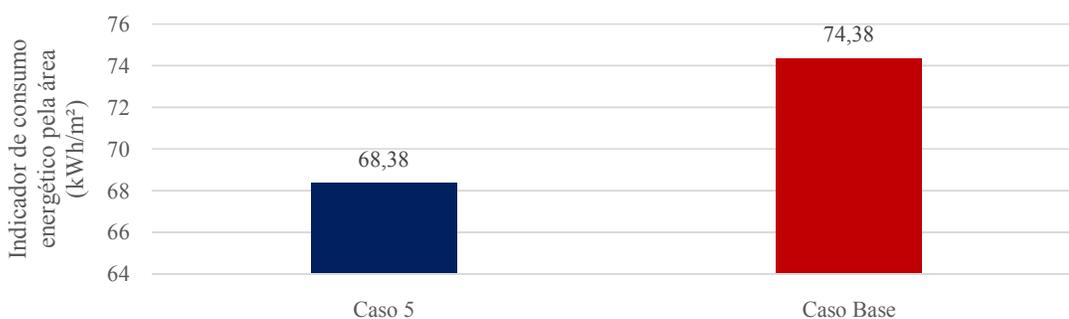


Gráfico 28 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 5 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.7 Caso 6 – Adição de isolamento térmico nas superfícies verticais da envoltória (interna à edificação)

O caso 6 é semelhante ao caso base com adição de isolamento térmico à superfície interna da parede, resultando em uma transmitância de: $U_{par.} = 0,391 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. O isolamento se deu através da adição de poliestireno expandido com 8cm de espessura e uma placa de

MDF de 1,8cm, conforme modelo contido no anexo V do RTQ-C. Ao comparar os indicadores de consumo energética pela área entre os casos base e 6 percebe-se uma diminuição de 1,78% entre eles, passando de 74,38 kWh/m² (caso base) para 73,06 kWh/m² (caso 6), conforme pode ser observado no gráfico 29.

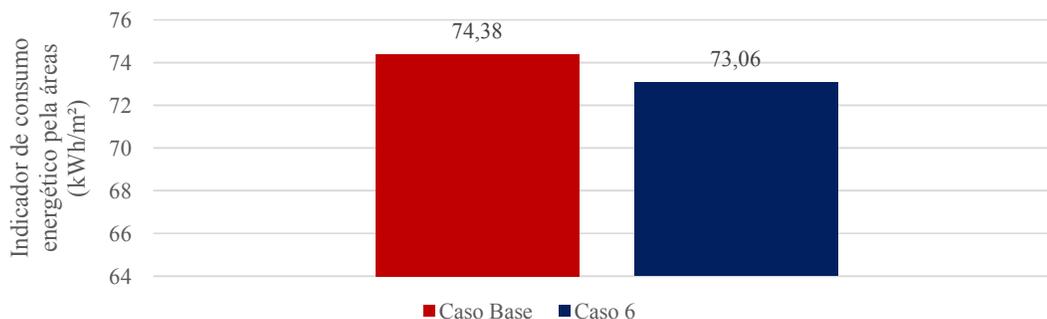


Gráfico 29 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base e 6 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.8 Caso 7 - Adição de isolamento térmico nas superfícies verticais da envoltória (externa à edificação)

O caso 7 é semelhante ao caso base com adição de isolamento à superfície externa da parede. Ele se difere do caso 6 pois a camada de poliestireno expandido foi menos espessa do que a do caso 6, devido as limitações de recuo lateral definidas pela legislação municipal. Dessa forma a transmitância térmica resultante para o caso 7 foi de $upar = 0,832 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (53% maior do que o caso 6). O isolamento se deu através da adição de poliestireno expandido de 3cm de espessura revestido por reboco de 2,5cm. Foi percebido uma diminuição de 1,12% em relação ao indicador de consumo de energia pela área da edificação do caso base e um aumento de 0,7% em relação ao caso 6, conforme pode ser observado no gráfico 30.

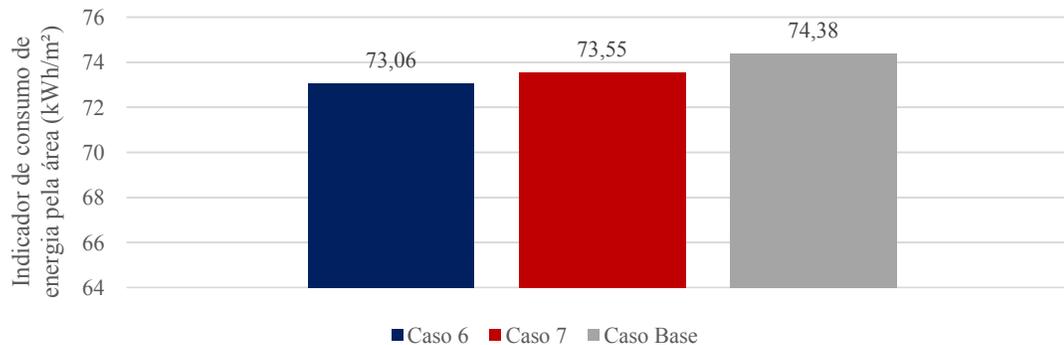


Gráfico 30 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 6 e 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Com a finalidade de analisar a influência do posicionamento (interna ou externa) do isolamento térmico no consumo energético da edificação, foi criado um caso 6.1 replicando as condições do caso 7, contudo com posicionamento do isolamento interno à edificação, ou seja, aplicação de poliestireno expandido com 3 cm de espessura entre o tijolo e o reboco interno. A realização dessa simulação teve como objetivo apenas a verificação da melhor estratégia para inserção do isolamento térmico como medida de conservação de energia. Pôde-se concluir que não houve diferenças no consumo energético total da edificação. Ou seja, independente do posicionamento do isolamento (interno ou externo), para a mesma transmitância resultante o consumo energético da edificação se manteve inalterado.

Contudo, é importante observar que o isolamento interno em casos de reforma possui a vantagem da flexibilidade em relação a espessura dos materiais empregados, uma vez que ele possui maior versatilidade por não ter limitações aplicadas aos recuos obrigatórios advindos do código de edificações do município.

Ao comparar a variação entre as transmitâncias das paredes externas e o indicador do consumo energético entre os casos base, 6 e 7 conclui-se que ao diminuir 82,3% da transmitância da parede entre os casos base e 6 há uma diminuição de 1,8% no indicador de consumo de energia. Já ao diminuir 37,6% da transmitância da parede entre os casos base e 7, há uma diminuição no indicador de consumo na ordem de 1,1%. A partir do exposto pode-se concluir que o caso 6 apresentou uma maior redução no indicador de consumo e também um maior custo benefício. Ao analisar o desempenho de consumo mês a mês percebeu-se que o caso 6 apresentou menor consumo energético em todos os meses do ano, em comparação ao caso 7, sendo a maior variação de consumo mensal entre eles na ordem de 1%.

8.1.9 Caso 8 – Diminuição das transmitâncias térmicas das cobertas

O caso 8 é semelhante ao caso base, contudo diminuindo as transmitâncias das cobertas. Para tal, foram substituídas as telhas cerâmicas por um sanduíche de telhas de metálicas de alumínio com poliestireno expandido e inserido uma cobertura de telhas metálicas acima da (já existente) cobertura de laje impermeabilizada, conforme configuração na tabela 25 (página 85).

O indicador de consumo de energia pela área teve uma diminuição de 0,2% em relação ao caso base, passando de 74,38 kWh/m² para 74,21 kWh/m², conforme pode ser observado no gráfico 31. Já em relação ao caso 3 (diminuição da absorvância das coberturas) houve uma diminuição na densidade de consumo de energia elétrica na ordem de 1,8%. O

comportamento das cargas térmicas dos casos analisados no bloco 1 de simulações estão dispostos no item 8.2.3 (página 96).

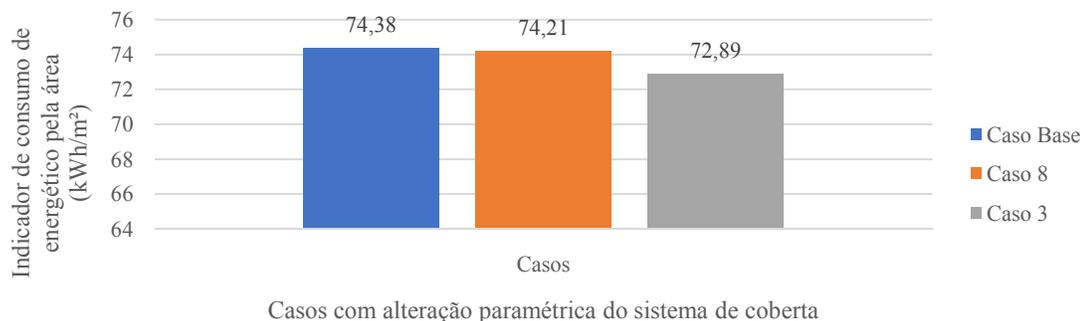


Gráfico 31 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 3 e 8 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.1.10 Caso 9 – Diminuição da transmitância térmicas da cobertura de laje impermeabilizada

O caso 9 possui características de envoltória semelhante ao caso base, contudo com modificações no sistema de cobertura da edificação nova. Para isso foi simulado a adição de um telhado metálico (na cobertura da edificação nova) por um sistema de cobertura composto por um sanduiche de telhas de metálicas de alumínio com poliestireno expandido, sendo a escolha desse tipo baseada nas recomendações do RTQ-C. Com a alteração paramétrica, a transmitância da cobertura do prédio novo diminuiu de $1,651 \text{ W/m}^2\text{K}$ para $0,451 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Observou-se uma diminuição do indicador de consumo energético na ordem de 2,2%, em relação ao caso base, e de 2,0% em relação ao caso 8. Já em relação ao caso 3 (padronização da absorvância da cobertura para 20%), a variação do consumo foi de 0,2%, sendo o caso 9 o de menor indicador, conforme pode ser observado no gráfico 32.

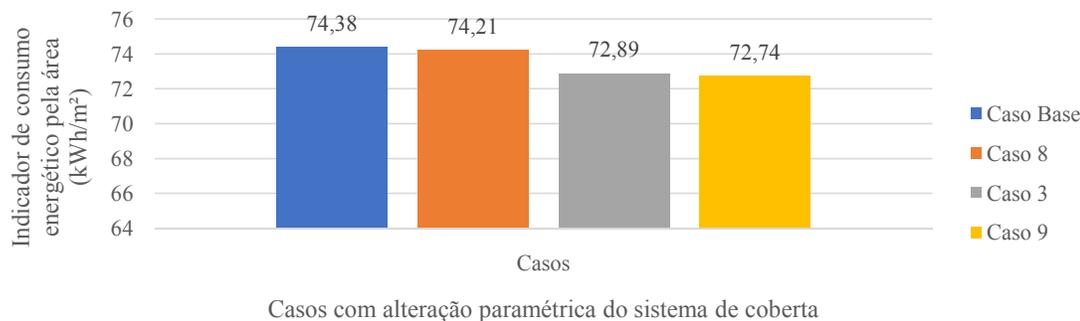


Gráfico 32 - Comparação do indicador de consumo de energia da edificação por unidade de área entre os casos base, 3, 8 e 9 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Através da análise comparativa entre os indicadores de consumo energético dos casos que envolvem o sistema de cobertura (casos base, 3 e 8), pode-se concluir que a medida de

conservação de energia que obteve melhor resultado foi a diminuição da transmitância térmica da cobertura do prédio novo. Contudo, ao comparar os indicadores do caso 3 e do caso 9 percebeu-se uma variação percentual muito pequena, e devido à complexidade e custo financeiro (implícito) de implementação do caso 9 (inserção de um novo sistema de cobertura), pode-se presumir que o caso 3 possui um melhor custo benefício de implementação.

8.1.11 Conclusões acerca das análises da primeira parte do primeiro bloco de simulações

Conforme pode ser observado no gráfico 33, a maior variação de consumo anual por área foi de 13,78%, e foi resultado da diminuição da configuração de temperatura dos sistemas de climatização artificial (caso 5), medida dependente do comportamento dos usuários e/ou da administração do estabelecimento. Dentre as medidas de conservação de energia cujas variações paramétricas envolvem modificações arquitetônicas testadas, a que teve maior redução de consumo foi o caso 9 (com 2,3% de redução), ou seja, diminuindo a transmitância da cobertura do prédio novo através da adição de um sistema de cobertura de telhas metálicas sanduíche.

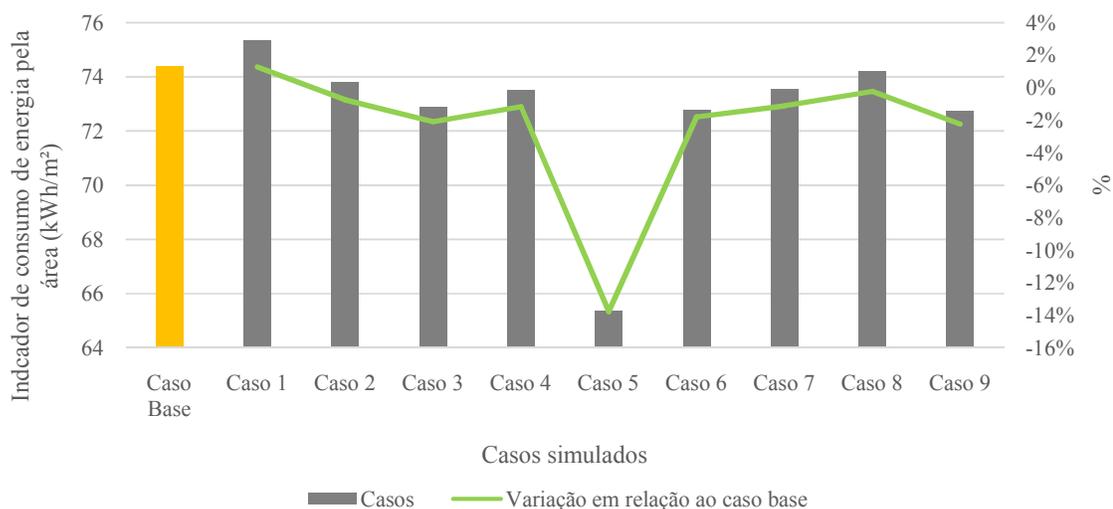


Gráfico 33 - Comparação e variação dos indicadores de consumo anual por área entre os casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Dentre as medidas de conservação de energia ativas, além da diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo, os casos 3 (diminuição da absorvância das coberturas) e 6 (diminuição da transmitância das superfícies verticais da envoltória) foram os que obtiveram maior variação percentual de economia de energia por unidade de área. Através do exposto pode-se concluir que os casos que obtiveram os indicadores de consumo energético

mais baixos são aqueles cujas variações paramétricas estão relacionadas às superfícies opacas, principalmente a coberta.

A padronização das janelas para vidro de baixa emissividade (caso 2) foi a medida ativa que obteve menor variação percentual do consumo de energia por unidade de área, em relação ao caso base. Logo, percebe-se que a modificação das esquadrias, para essa edificação em que o PAFt é de 7,08%, é uma medida que gera pouca economia de energia, na ordem de 0,8%.

Ao comparar o resultado de variação entre os indicadores de consumo pela área total útil da edificação percebe-se que a diminuição da transmitância da cobertura do segundo pavimento (caso 9) acarreta em uma maior economia do consumo energético do que a diminuição da transmitância de todas as paredes de envoltória (caso 6 e 7), mesmo considerando que as áreas das zonas térmicas condicionadas artificialmente, do segundo pavimento, correspondem a 9,8% da área de piso útil total do hotel climatizada artificialmente. Também foi possível perceber, ao comparar os casos 8 e 9, que o sistema de telhas cerâmicas apresentou melhor resultado no consumo energético da edificação do que o sistema com telhas metálicas com sanduiche de EPS.

Por fim, ao comparar a economia do consumo de energia entre os casos 3 (diminuição da absorvância das coberturas) e 4 (diminuição da absorvância das paredes de envoltória), observou-se que a economia resultante da diminuição da absorvância das paredes de envoltória é 0,92% menor do que a economia resultante da diminuição da absorvância das coberturas.

8.2. Análise comparativa entre os casos do primeiro bloco de simulações

Nesse subcapítulo serão descritas sínteses comparativas entre os resultados das simulações de todos os casos do primeiro bloco. Serão comparados os seguintes resultados da simulação: consumo por uso final, consumo total mensal, balanço térmico no dia de pico, consumo do compressor do SAC, percentual de horas nas quais a temperatura interna não atingiu o *setpoint* configurado para o SAC e o percentual de desconforto dos usuários.

8.2.1 Consumo por uso final

Conforme pode ser observado no gráfico 34, em todos os casos o ar-condicionado foi o principal responsável pelo uso final de energia, exceto no caso 5, onde o consumo do condicionamento artificial foi igual ao consumo advindo dos equipamentos

eletrodomésticos²⁷. Para esse último essa diminuição do percentual por uso final do sistema de ar-condicionado está explicada pelo aumento da temperatura de configuração do *setpoint* e, conseqüentemente, na diminuição de consumo advindo dos compressores dos climatizadores artificiais.

Em relação ao caso base, os demais casos apresentaram redução na participação percentual do consumo de energia elétrica por uso final do sistema de ar condicionado, excetuando-se o caso 1 e o caso 8, onde a distribuição foi semelhante ao do caso base. Já em relação aos equipamentos eletrodomésticos foi observado que, com as medidas de conservação de energia, em todos os casos sua participação no consumo de eletricidade percentual por uso final foi igual ou superior ao do caso base. Através do exposto pode-se concluir que 7 das 9 medidas simuladas no primeiro bloco resultam em uma menor participação percentual por uso final do sistema de ar condicionado.

Dentre os 9 casos simulados, 8 demonstraram que o ar-condicionado foi responsável por mais de 50% do consumo energético da edificação. Em todos os casos os equipamentos são responsáveis entre 40% e 47% do consumo energético e a iluminação por 5%. Resultado compatível com o encontrado em pesquisas anteriores (DENG; BURNETT, 2002; VELOSO; ELALI, 2004).

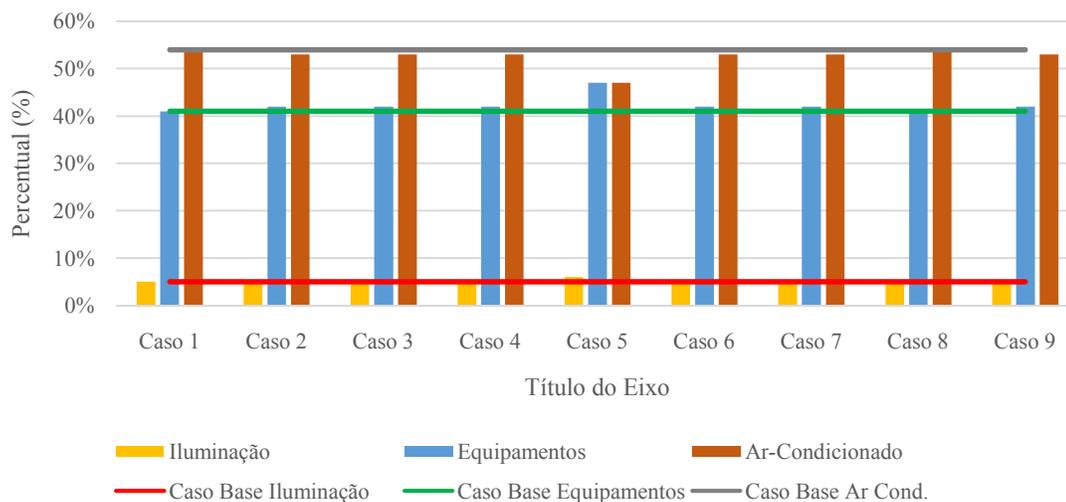


Gráfico 34 - Comparação do consumo por uso final entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.2.2 Consumo energético mensal

²⁷ Os equipamentos eletrodomésticos referem-se a todos os equipamentos eletrônicos disponíveis no objeto de estudo, excetuando-se os aparelhos ar condicionado.

Conforme pode ser observado no gráfico 35, percebe-se que em todos os casos os meses de maior consumo energético foram janeiro, março e dezembro. Já os meses de menor consumo foram junho, julho e agosto. Ao comparar a média de consumo mensal entre os casos analisados com os dados climáticos referentes a temperatura média mensal da cidade de Maceió, nota-se que o comportamento do consumo energético acompanha o comportamento da temperatura média mensal, exceto nos meses de fevereiro e novembro. Logo, pode-se concluir que independente da medida de conservação de energia proposta, não há mudança nos meses que apresentam maior e menor consumo de energia.

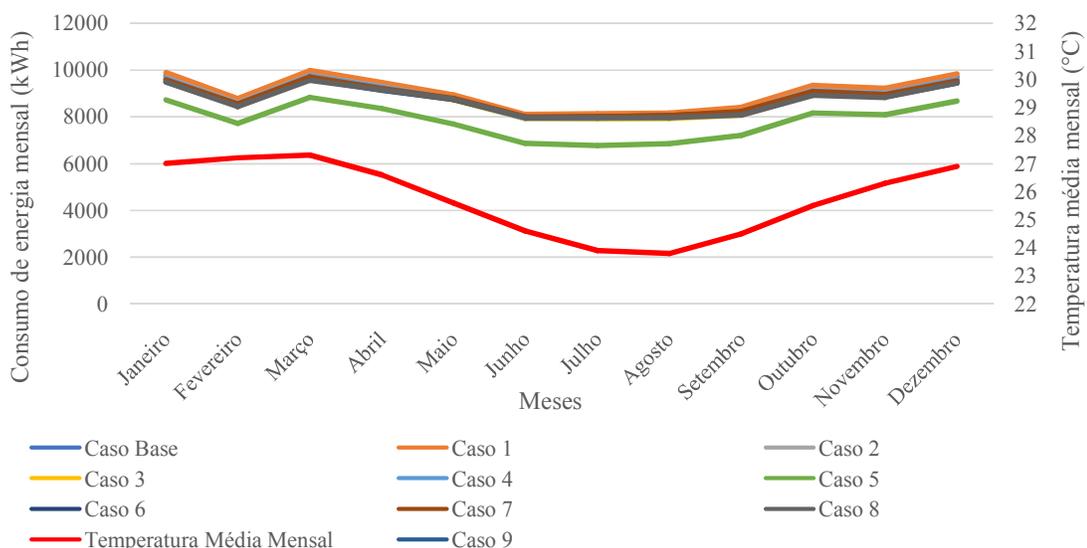


Gráfico 35 - Consumo energético mensal dos casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.2.3 Ganho de calor

A análise do comportamento das cargas térmicas dos ambientes condicionados artificialmente foi realizada através do relatório de “Componentes da carga de pico de resfriamento” fornecido como resultado da simulação pelo software EnergyPlus. O relatório fornece uma estimativa das cargas máximas de resfriamento por zona, dividida em diversos componentes, determinando quais componentes da carga têm o maior impacto no ganho de calor, considerando as condições de configuração do modelo para o horário de pico de resfriamento. Em todos os casos simulados, o dia de pico de resfriamento foi em 21/01, já o horário de pico variou de acordo com as zonas térmicas, sendo essa variação similar para todos os casos.

É importante destacar que para os dados de carga térmica os valores positivos representam ganho de calor e os valores negativos representam perda de calor do ambiente. Através do exposto na descrição dos casos pode-se perceber que as superfícies opacas são as

principais provedoras de ganho de calor por uso final (percentual) dos ambientes internos, independente do caso analisado, conforme pode ser observado no gráfico 36.

Observa-se também que apenas nos casos onde as janelas foram padronizadas para vidro simples (caso 1) e low-e (caso 2) o componente “janela” apresentou maior participação de fonte de calor por ganho final. Conseqüentemente, as portas opacas tiveram sua menor participação para esses dois casos. É importante destacar que no caso base (e nos demais casos, excetuando-se os casos 1 e 2) 18,5% das esquadrias são de madeira e 16,1% são de vidro simples com aplicação de película preta opaca.

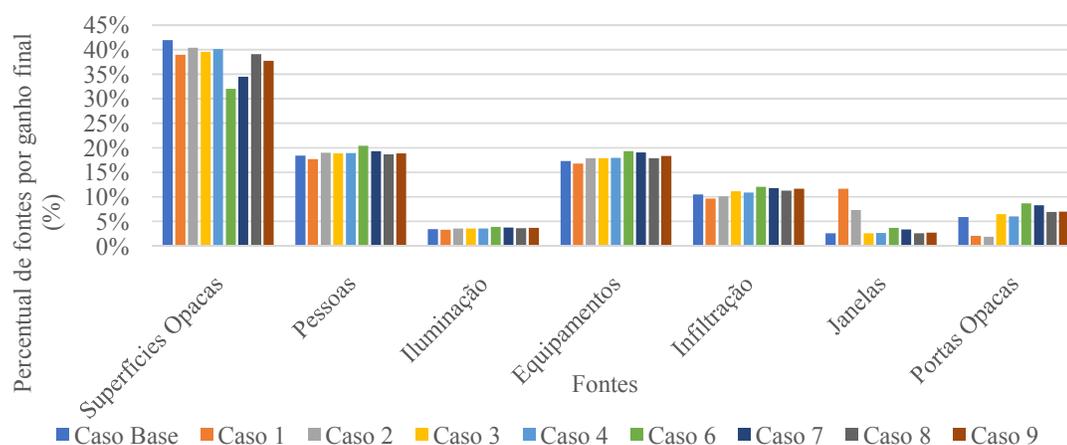


Gráfico 36 - Comparação da distribuição percentual das principais fontes de ganho de calor entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Já ao analisar os componentes das superfícies opacas, observa-se que as maiores contribuições para o ganho de calor variam de acordo com o caso analisado, sendo as paredes externas nos casos base, 1, 2, 3, 4, 8 e 9 e as paredes internas e o piso em contato com o solo nos casos 6 e 7 (menor transmitância das paredes), conforme pode ser verificado no gráfico 37.

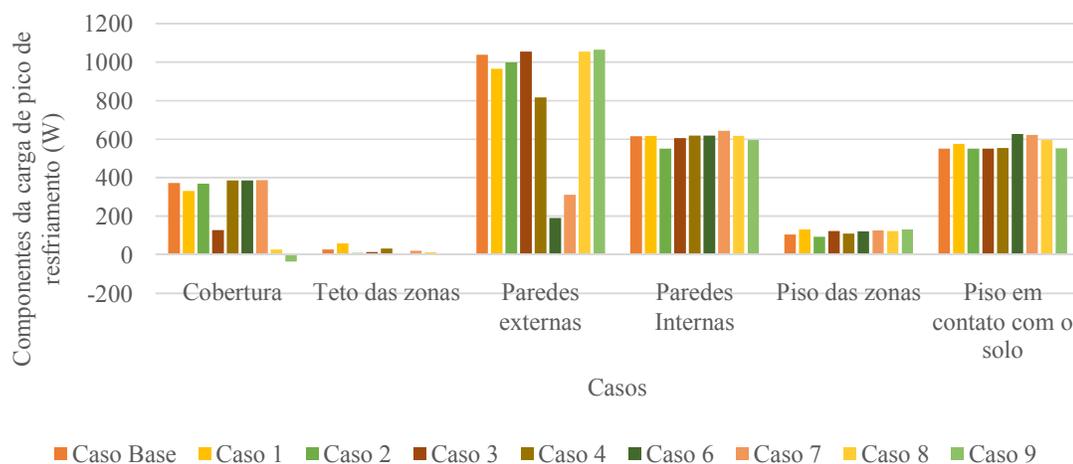


Gráfico 37 - Comparação dos componentes de ganho de calor das superfícies opacas entre os casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Ao comparar o comportamento das cargas térmicas proveniente da cobertura dos casos 8 (diminuição da transmitância da cobertura de toda a edificação) e 9 (diminuição da transmitância da cobertura do segundo pavimento do prédio novo) percebe-se que enquanto no caso 8 as cargas térmicas provenientes da cobertura são pequenas (na ordem de 28W) no caso 9 a cobertura dissipa calor da edificação, o que justifica o fato do indicador de consumo de energia do caso 9 ter sido 2,3% menor do que o caso 8.

É importante mencionar que em relação ao demais casos simulados no primeiro bloco, o caso 8 apresentou uma diminuição de ganho de calor média, proveniente da cobertura, de 90%. Já ao comparar o ganho de calor proveniente da cobertura entre os casos 8 e 3 (diminuição da absorvância das coberturas) a diminuição percentual foi de 78%.

Já ao comparar o ganho ou perda de calor proveniente das coberturas do objeto de estudo entre os casos do primeiro bloco de simulações, percebe-se que em todos os casos configurados com laje impermeabilizada (independente da absorvância), a cobertura ganha calor para as zonas térmicas situadas no segundo pavimento. Já nos casos configurados com telha cerâmica (independente da absorvância) foi observado uma perda de calor proveniente da cobertura.

Por fim, para o caso 8, em que a telha cerâmica foi substituída por telhas metálicas com sanduiche de poliestireno expandido, observou-se um pequeno ganho de calor proveniente das coberturas, explicando o maior consumo de energia do caso 8 em relação a quase todos os casos do bloco 1, excluindo-se apenas o caso 1. Já no caso 9, em que foram adicionadas telhas metálicas com sanduiche de poliestireno expandido acima da laje

impermeabilizada do segundo pavimento, o sistema de cobertura dissipou calor das zonas térmicas situadas no segundo pavimento, conforme pode ser observado no gráfico 38.

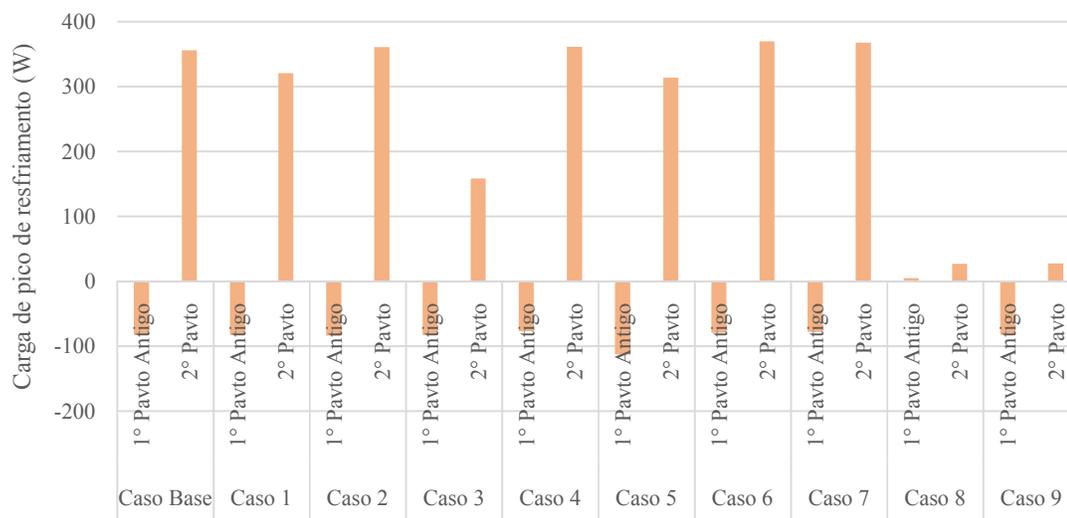


Gráfico 38 - Comparação das cargas de pico de resfriamento do sistema de cobertura entre os casos do primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Percebe-se também que o ganho ou perda de calor proveniente dos tetos das zonas térmicas é abaixo de 100W em todos os casos, sendo que o único caso em que esse componente perdeu calor foi o caso 6 (parede com baixa transmitância térmica). Já o ganho ou perda de calor proveniente dos pisos das zonas térmicas possui variação na ordem de 14% entre os casos, sendo o caso de maior ganho de calor proveniente desse componente o 1, e o de menor ganho o caso 2. Isso acontece, pois, o ganho de calor proveniente de radiação solar da janela é minimizado devido as propriedades termo físicas do vidro *Low-E*.

Ao analisar o fluxo das trocas térmicas entre as regiões do hotel, para cada caso do primeiro bloco de simulações, percebe-se que nos casos base, 1, 2, 4, 5, 6 e 7, conforme pode ser observado na figura 26, há ganho de calor pelo piso em contato com o solo nas zonas térmicas situadas no térreo, pelas paredes da envoltória de todas as regiões e pela cobertura do segundo pavimento do prédio novo (laje impermeabilizada). Existe uma troca de calor entre o teto e o piso das regiões do térreo e do primeiro pavimento do prédio novo. Também é possível perceber que os ambientes do térreo do prédio antigo perdem calor pelo teto para os do primeiro pavimento, e os ambientes situados no primeiro pavimento do prédio antigo perdem calor através da laje de cobertura (telha cerâmica). Por fim, os ambientes do primeiro pavimento ganham calor através do piso dos ambientes do 2º pavimento.

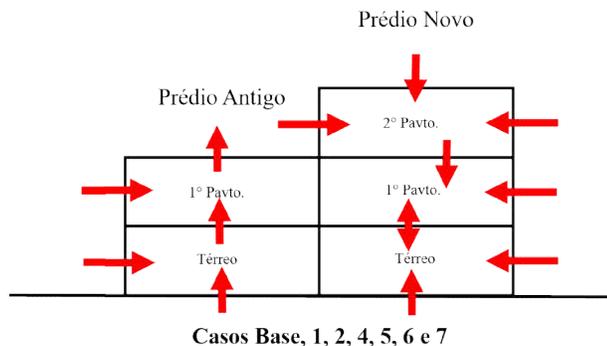


Figura 26 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo dos casos base, 1, 2, 4, 5, 6 e 7 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

No caso 8 houve uma modificação no fluxo de calor do primeiro pavimento de ambos edifícios (novo e antigo) e no segundo pavimento do prédio novo. Ao modificar a laje de cobertura do prédio antigo, a cobertura passa a ganhar calor, ao invés de perder. Também foi verificado a existência de uma troca de calor entre o teto e o piso das regiões entre o térreo e o primeiro pavimento, e entre o primeiro pavimento e segundo do prédio novo, conforme pode ser observado na figura 27.

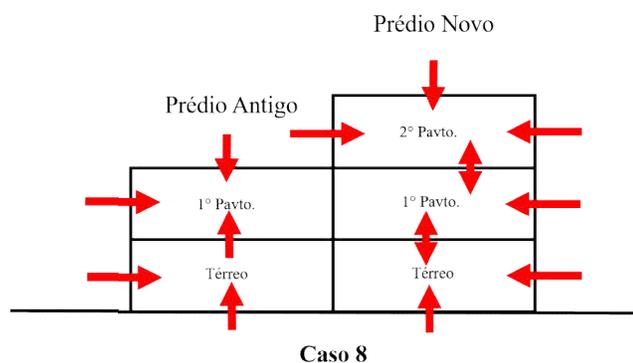


Figura 27 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo do caso 8 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Os casos 3 e 9 tiveram modificação no fluxo de calor em relação ao caso base. Foi verificada a existência de uma troca de calor entre o teto e o piso das regiões entre o térreo e o primeiro pavimento, e entre o primeiro pavimento e segundo do prédio novo, conforme figura 28.

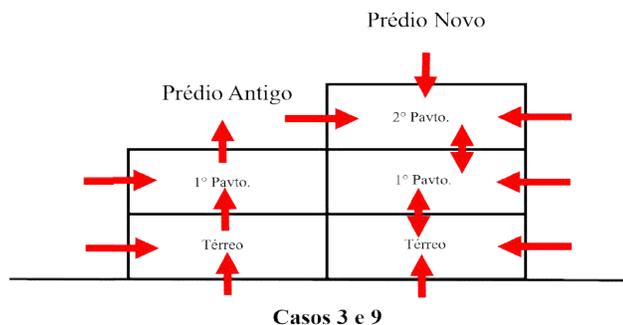


Figura 28 - Esquema de fluxo de calor das regiões do objeto de estudo dos casos 3 e 9 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Através dos esquemas de fluxo de calor analisados percebe-se que houveram modificações no comportamento dos fluxos apenas quando foram modificados parâmetros construtivos (absortância ou transmitância) do (s) sistema (s) de cobertura (s). A substituição das telhas cerâmicas por telhas metálicas com sanduiche de poliestireno expandido modifica o comportamento de fluxo de calor na laje de cobertura do 1º pavimento do prédio antigo, que passa a ganhar calor (caso 8) ao invés de perder calor (demais casos).

8.2.4 Consumo do compressor do sistema de ar condicionado

Através da análise do consumo energético dos compressores por região do hotel e comparação entre os casos foi possível observar que em todos os casos a região que apresenta o menor consumo de eletricidade é o térreo do prédio novo, pois o mesmo possui apenas três ambientes com climatização artificial. Nos casos base, 1, 2, 4, 6 e 7 a região que apresentou maior consumo foi o 1º pavimento do prédio novo. Já para os demais casos a região de maior consumo foi o pavimento térreo da edificação antiga, conforme pode ser observado no gráfico 39.

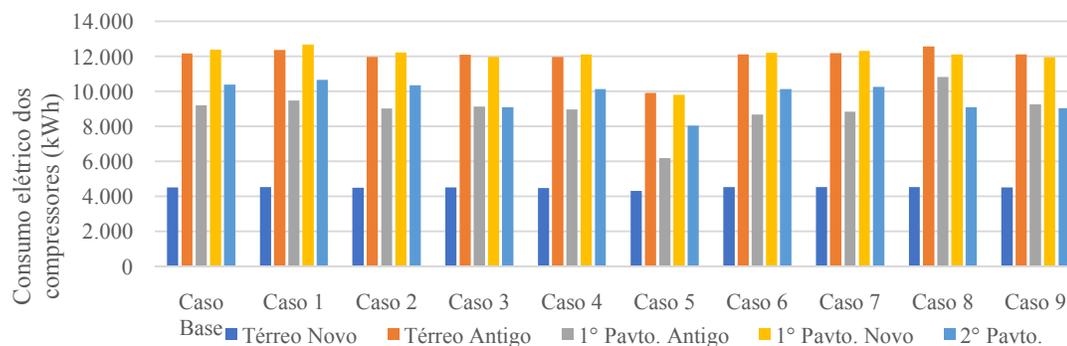


Gráfico 39 – Consumo de energia dos compressores dos climatizadores artificiais por região do objeto de estudo – comparação entre casos simulados no primeiro bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Através do gráfico 39 percebe-se também que ao comparar os casos 1 e 2 (modificação do FS dos vidros) percebe-se que o consumo dos compressores é maior no caso

1 (vidro simples) do que no caso 2 (vidro *Low-E*) em todas as regiões. Isso acontece, pois, o vidro *Low-E* minimiza o ganho de calor proveniente da radiação solar das janelas.

Ao comparar os casos 3 e 4 (diminuição da absorvância das cobertas e das paredes, respectivamente) nota-se que o consumo dos compressores foi menor no 2º pavimento para o caso 3, nas demais regiões o consumo dos compressores manteve-se praticamente inalterado. Isso é explicado devido ao fato do sistema de cobertura composto por telhas cerâmicas já apresentar desempenho térmico satisfatório, independente de sua absorvância, sendo a diminuição da absorvância do sistema de cobertura de telhas cerâmica responsável por apenas 7,3% do ganho de calor nos ambientes em contato direto com ela, no horário de pico de resfriamento. Já a diminuição da absorvância da laje impermeabilizada diminui 56,1% do ganho de calor dos ambientes situados em contato direto com ela (no horário de pico de resfriamento).

Já ao comparar os casos 6 e 7 (diminuição das transmitâncias das paredes de envoltória) percebe-se que não há mudanças significativas no consumo dos compressores entre os dois casos. Por fim, ao comparar os casos 8 e 9 (diminuição das transmitâncias das coberturas de toda a edificação e do 2º pavimento do prédio novo, respectivamente) percebe-se que os compressores situados no térreo e no primeiro pavimento do prédio antigo do caso 8 (baixa transmitância das cobertas) consomem mais energia do que os compressores do caso 9 (baixa transmitância apenas da cobertura do 2º pavimento), pois, a cobertura de telhas cerâmicas atua como dissipadora de calor dos ambientes em contato direto com ela, enquanto que as telhas metálicas são responsáveis apenas por um pequeno ganho de calor desses ambientes, conforme explicado no item anterior.

Através do exposto pode-se concluir que a diminuição da absorvância das coberturas afeta, principalmente, o consumo energético relacionado aos aparelhos de ar condicionado dos ambientes situados no 2º pavimento do prédio novo. A modificação de telhas cerâmicas por telhas sanduiche metálicas acarreta em um aumento do consumo de energia dos compressores do SAC dos ambientes situados no térreo e no primeiro pavimento do prédio antigo. Já apenas a diminuição da transmitância da cobertura do segundo pavimento acarreta numa diminuição do consumo dos compressores dos ambientes em contato direto com a cobertura.

Tabela 26 - Consumo dos compressores por zona térmica do caso base.

| | Caso Base (kW) | Regiões |
|-------|----------------|------------------|
| ZT 26 | 782,0 | 1º Pavto. Antigo |
| ZT 28 | 825,2 | |
| ZT 30 | 826,1 | |
| ZT 40 | 839,5 | |
| ZT 42 | 868,8 | |

| | | |
|-------|--------|------------------|
| ZT 57 | 921,8 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 55 | 936,7 | |
| ZT 36 | 938,4 | 1° Pavto. Antigo |
| ZT 58 | 946,9 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 60 | 953,4 | |
| ZT 38 | 962,5 | 1° Pavto. Antigo |
| ZT 18 | 990,8 | Térreo Antigo |
| ZT 19 | 990,9 | |
| ZT 34 | 1011,8 | 1° Pavto. Antigo |
| ZT 32 | 1053,5 | |
| ZT 53 | 1085,3 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 44 | 1091,8 | 1° Pavto. Antigo |
| ZT 21 | 1097,0 | Térreo Antigo |
| ZT 12 | 1115,9 | |
| ZT 49 | 1121,9 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 48 | 1130,4 | |
| ZT 10 | 1142,9 | Térreo Antigo |
| ZT 08 | 1144,7 | |
| ZT 23 | 1165,4 | |
| ZT 04 | 1244,2 | Térreo Novo |
| ZT 68 | 1248,7 | 2° Pavto. |
| ZT 66 | 1255,8 | |
| ZT 46 | 1267,6 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 77 | 1276,4 | 2° Pavto. |
| ZT 74 | 1289,9 | |
| ZT 71 | 1296,9 | |
| ZT 51 | 1298,4 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 76 | 1324,7 | 2° Pavto. |
| ZT 70 | 1327,9 | |
| ZT 73 | 1353,7 | |
| ZT 63 | 1362,6 | 1° Pavto. Novo |
| ZT 61 | 1373,6 | |
| ZT 03 | 1373,9 | Térreo Novo |
| ZT 14 | 1445,5 | Térreo Antigo |
| ZT 06 | 1509,4 | |
| ZT 16 | 1564,6 | |
| ZT 05 | 1894,9 | Térreo Novo |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

Ao analisar o consumo dos compressores, do caso base, por zona térmica dos apartamentos percebe-se que as unidades que devem ser alugadas prioritariamente, com a finalidade de diminuição de custos operacionais, estão situadas principalmente no primeiro pavimento do prédio antigo, independente do caso analisado, sendo esses ambientes situados em contato direto com o sistema de cobertura de telhas cerâmicas. Logo, atribui-se o melhor desempenho dos compressores do primeiro pavimento do prédio antigo à dissipação de calor oriunda do sistema de cobertura, conforme pode ser observado na tabela 26, que expõe o consumo dos compressores do caso base em ordem crescente.

8.2.5 Tempo de configuração do *setpoint* não encontrado (Time Setpoint Not Met)

Essa análise teve como objetivo avaliar se os condicionadores de ar instalados no objeto de estudo estão dimensionados corretamente para atingir a temperatura de *setpoint* configurada. Resultados em que a temperatura não é alcançada em boa parte do horário de

funcionamento significam um subdimensionamento do sistema, sendo a solução a troca dos aparelhos de condicionamento artificial. Através da análise dos resultados das simulações pode-se perceber que os únicos dois ambientes que demonstraram subdimensionamento no sistema de condicionamento artificial foram o restaurante e a diretoria, sendo que o primeiro nunca atendeu ao *setpoint* de configuração (22°C) e o segundo teve percentual de não atendimento da temperatura configurada de 62,5%, média para todos os casos simulados. A temperatura atingida internamente nesses ambientes foi de 28,4°C (restaurante) e 23,3°C (gerência), média para todos os casos do primeiro bloco. Para as demais zonas térmicas o percentual de horas de *setpoint* não atendidas durante funcionamento foi abaixo de 10%.

8.2.6 Desconforto dos usuários

O percentual de desconforto dos usuários é variável e depende de diversos fatores, dentre eles a vestimenta. Segundo a normativa ASHRAE 55 (2013) é considerado aceitável uma taxa de desconforto de até 20%. Conforme pode ser observado no gráfico 40 e considerando as taxas metabólicas para as atividades exercidas nas regiões do hotel, descritas anteriormente, pode-se observar que apenas o setor administrativo, os apartamentos do térreo e do segundo pavimento do caso 5 estão dentro do limite aceitável pela normativa. Esse resultado demonstra que para uma configuração de temperatura do ar condicionado de 22°C vestimentas de verão são inadequadas, já para o ar condicionado configurado a 24°C (caso 5) roupas de verão foram consideradas aceitáveis para a maioria das zonas térmicas do hotel. É importante mencionar que o restaurante não atingiu níveis de conforto para nenhuma das vestimentas devido ao fato da temperatura de configuração do *setpoint* não ter sido atingida em nenhum dos casos, variando entre 27,71°C (caso base) e 28,89°C (caso 5, referente a diminuição da temperatura de configuração de *setpoint* dos SAC).

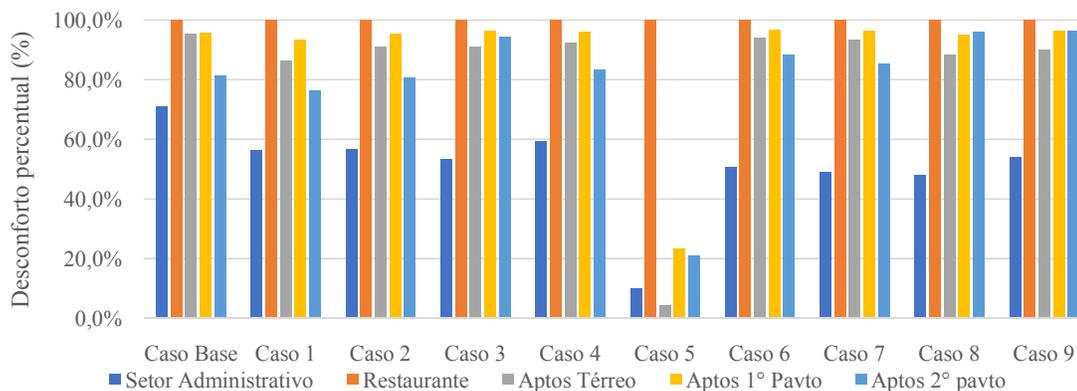


Gráfico 40 - Desconforto dos usuários para vestimenta de verão, comparativo entre as regiões do hotel e dos casos simulados (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.2.7 Conclusões das Análises do Primeiro Bloco de Simulações

A partir da observação dos consumos de energia por unidade de área, foi possível perceber que os casos 3, 6 e 8 (respectivamente: diminuição da absorvância da cobertura, menor transmitância térmica na parede e na cobertura do prédio novo) foram os que apresentaram menor consumo energético. É importante mencionar que apesar desses parâmetros terem apresentado uma redução de consumo anual por área da edificação pequena (na média de -2,05%), conforme pode ser observado no gráfico 33, eles ainda representam as medidas de conservação de energia que apresentaram maior economia de consumo energético, considerando o *retrofit* de características arquitetônicas da edificação estudada.

Já ao analisar o consumo por uso final do estabelecimento foi possível concluir que, em todos os casos, o ar-condicionado foi considerado protagonista no consumo de energia da edificação, seguido pelos equipamentos eletrodomésticos e, por último, pelo sistema de iluminação. Logo, medidas de gerenciamento (diminuição da temperatura de *setpoint* do SAC) e de modificação de elementos da envoltória que colaborem para a diminuição do consumo dos condicionadores artificiais são de fundamental importância para a eficiência energética da tipologia estudada.

Dentre as medidas de conservação de energia que colaboram para a diminuição do consumo energético dos aparelhos de ar-condicionado, foram propostas alterações de características arquitetônicas de fácil implementação e de um sistema de gestão que visa a diminuição das temperaturas de configuração de *setpoint* dos ar-condicionado. Finalmente, após a realização das simulações e análises comparativas entre os oito casos do primeiro bloco foi possível perceber que as variações paramétricas que obtiveram maiores diminuições do consumo energético foram advindas de medidas arquitetônicas voltadas ao aumento do isolamento das paredes e cobertura e alteração da absorvância térmica das superfícies opacas verticais e horizontais (paredes e coberturas). Logo, esses dois parâmetros (transmitância e absorvância) foram selecionados para serem combinados entre si, com a finalidade de analisar se a combinação entre eles potencializa os resultados de economia energética.

Por fim, após a simulação e análise das medidas de conservação de energia do primeiro bloco, atribui-se o baixo resultado de economia energética à situação de entorno em que o hotel está inserido, uma vez que o mesmo possui sombreamento em boa parte do dia, ao longo de todo ano. Dessa forma o ganho de calor é reduzido e, conseqüentemente, as medidas de conservação de energia que envolvem modificações arquitetônicas da envoltória diminuem seu potencial de redução.

8.3 Análise Comparativa do 2º Bloco de Casos

A criação dos casos do segundo bloco de simulações se deu através da combinação simples entre os parâmetros que obtiveram melhores resultados de consumo energético no primeiro bloco. Para análise dos casos 10 a 15 foram realizadas comparações entre eles com a finalidade de identificar qual combinação resulta em um melhor desempenho energético da edificação. De forma sintética a tabela 31 expõe as características termo físicas de cada um dos casos analisados nesse bloco.

Tabela 27 - propriedades termo físicas dos casos do segundo bloco de simulações.

| Propriedades termo físicas dos casos do 2º bloco de simulações | | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-----------------------------|--|--|
| Casos | Transmitância da parede (W/m².K) | Transmitância da cobertura (Prédio Antigo) (W/m².K) | Transmitância da cobertura (Prédio Novo) (W/m².K) | Absortância das paredes (%) | Absortância da cobertura (Prédio Antigo) (%) | Absortância da cobertura (Prédio Novo) (%) |
| Caso 10 | 2,211 | 2,120 | 1,651 | 20 | 20 | 20 |
| Caso 11 | 0,391 | 2,120 | 1,651 | 20 | 70 | 70 |
| Caso 12 | 0,391 | 2,120 | 1,651 | 20 | 20 | 20 |
| Caso 13 | 2,211 | 2,120 | 0,451 | 20 | 70 | 0,05 |
| Caso 14 | 0,391 | 2,120 | 0,451 | 20 | 70 | 0,05 |
| Caso 15 | 0,391 | 2,120 | 0,451 | 20 | 20 | 0,05 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

8.3.1 Indicador de consumo de energia por unidade de área (kWh/m²)

Ao comparar os indicadores de consumo de energia por unidade de área (gráfico 41) observou-se que o caso que obteve menor indicador foi o caso 15, cujo indicador foi de 70,54 kWh/m², seguido pelo caso 14 com 70,62 kWh/m² e pelo caso 12 com 70,81 kWh/m². Ao comparar os casos 15 e 14 observa-se uma diferença de 0,11% entre os indicadores de consumo energético. É importante destacar que a única diferença entre eles é a diminuição da absortância da cobertura do prédio antigo. Já a diferença entre os casos 12 e 14 é a configuração do sistema de cobertura. No caso 12 a cobertura é semelhante ao caso base com diminuição da absortância para 20%. Já no caso 14 a cobertura do prédio antigo é idêntica ao caso base e a cobertura do prédio novo teve sua transmitância diminuída através da inserção de telha metálica sanduíche com poliestireno.

Ao comparar o caso 13 com o caso 10 percebe-se que diminuir a transmitância da cobertura do prédio novo ou diminuir a absorvância das coberturas (telhas e laje impermeabilizada) tem como resultado indicadores de consumo energético similares, apresentando diferença entre eles de apenas 0,23%, sendo o caso 13 o de melhor desempenho. Através do exposto, pode-se concluir que a diminuição da absorvância das coberturas possui efeito de economia de consumo energético semelhante a diminuir apenas a transmitância da cobertura do prédio novo.

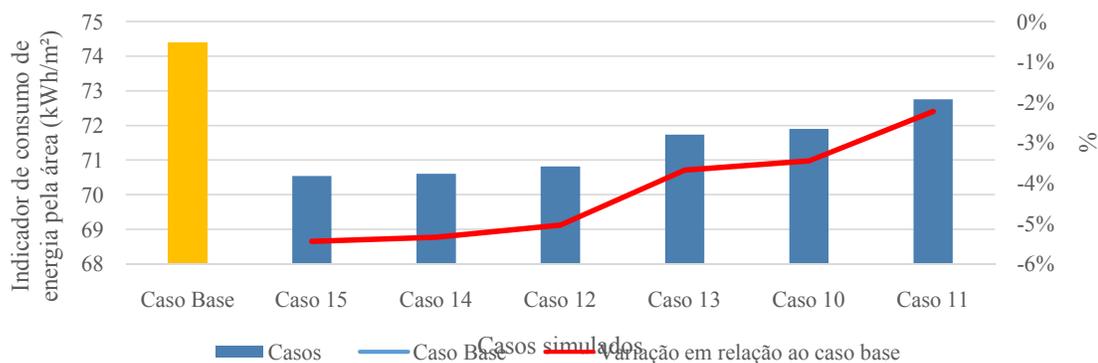


Gráfico 41 - Consumo de energia por unidade de área e variações percentuais entre os casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Entre todos os casos do segundo bloco o que obteve maior indicador de consumo energético e pior desempenho energético foi o caso 11, o único caso que não possui alterações nas coberturas em relação ao caso base. Ao compará-lo com o caso 10 percebe-se que é mais vantajoso, do ponto de vista da economia de energia elétrica, diminuir a absorvância das coberturas do que aplicar isolamento térmico nas paredes de envoltória. Pode-se concluir com isso que o tratamento das coberturas do objeto de estudo é de fundamental importância para a obtenção de um melhor desempenho termo energético da edificação.

Ao comparar os resultados das simulações do segundo bloco com o caso base observou-se que a variação mínima entre os indicadores de consumo energético foi de 2,18% (caso 11), e a máxima de 5,17% (caso 15). Isto significa que, na hipótese de implementação do caso 15, haveria uma economia de consumo anual de ordem de 5.520,50 kWh.ano, o que equivale a uma economia de R\$ 3.125,49²⁸, no mínimo. A tabela 28 sintetiza a economia de energia anualmente, bem como a economia monetária para cada caso do bloco 2, tendo como comparação o caso base.

²⁸ Considerando o preço do kWh à R\$ 0,56616 para consumidores do tipo B3 de baixa tensão, sem encargos e sem bandeiras adicionais, conforme resolução de número 2.306 da ANEEL de 26/09/2017.

Tabela 28 - Economias alcançadas em cada caso do segundo bloco, em relação ao caso base.

| Economia energética e financeiro de cada caso do 2º bloco em relação ao caso base | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Economia | Caso 10 | Caso 11 | Caso 12 | Caso 13 | Caso 14 | Caso 15 |
| kWh.ano | 3.555,39 | 2.327,51 | 5.126,00 | 3.797,01 | 5.405,16 | 5.520,50 |
| Monetária | R\$ 2.012,92 | R\$ 1.317,74 | R\$ 2.902,14 | R\$ 2.149,72 | R\$ 3.060,18 | R\$3.125,49 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

8.3.2 Variação de Consumo energético mensal

Através da análise do consumo de energia elétrica mensal entre os casos do 2º bloco e o caso base nota-se que as maiores diferenças de consumo energético aconteceram nos meses de verão. Já as menores diferenças ocorreram nos meses de inverno, conforme pode ser observado no gráfico 42 que expõe o valor bruto da economia energética em kWh com a temperatura média mensal do arquivo climático.

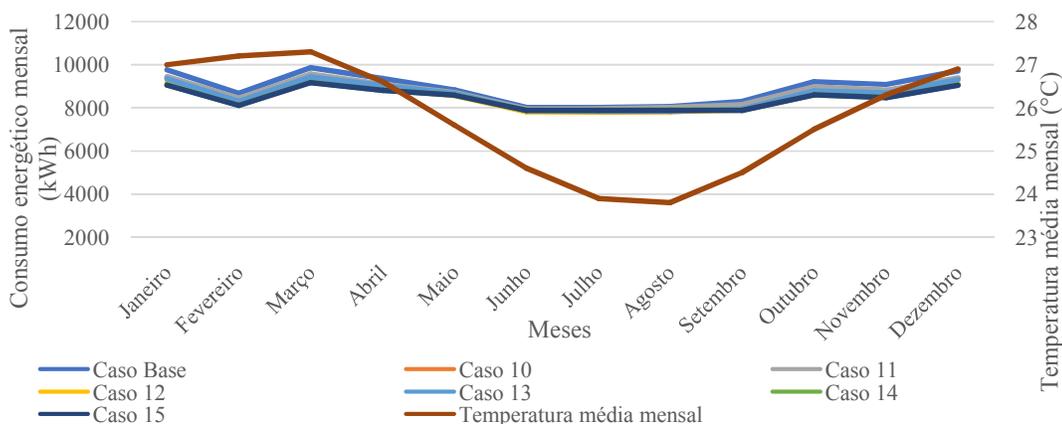


Gráfico 42 – Diferença de consumo energético mensal entre cada caso do 2º bloco de simulações e o caso base, valores em kWh (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.3.3 Consumo por uso final

Ao comparar os percentuais dos consumos por uso finais observou-se que o sistema de iluminação continuou responsável por 5% do gasto energético da edificação em todos os casos. Já os equipamentos variaram sua participação como consumidor final entre 41% e 43%. Foi também percebido que em todos os casos do segundo bloco o consumo por uso final dos equipamentos foi superior ao do caso base. Atribui-se esse comportamento à diminuição da participação por uso final do SAC, sendo esse último, resultado das medidas de conservação de energia simuladas. Por fim, o consumo por uso final proveniente do sistema de ar-condicionado variou entre 51% e 53%, sendo observado um percentual de participação de gasto energético inferior ao caso base para todos os casos do 2º bloco de simulações, conforme pode ser observado no gráfico 43.

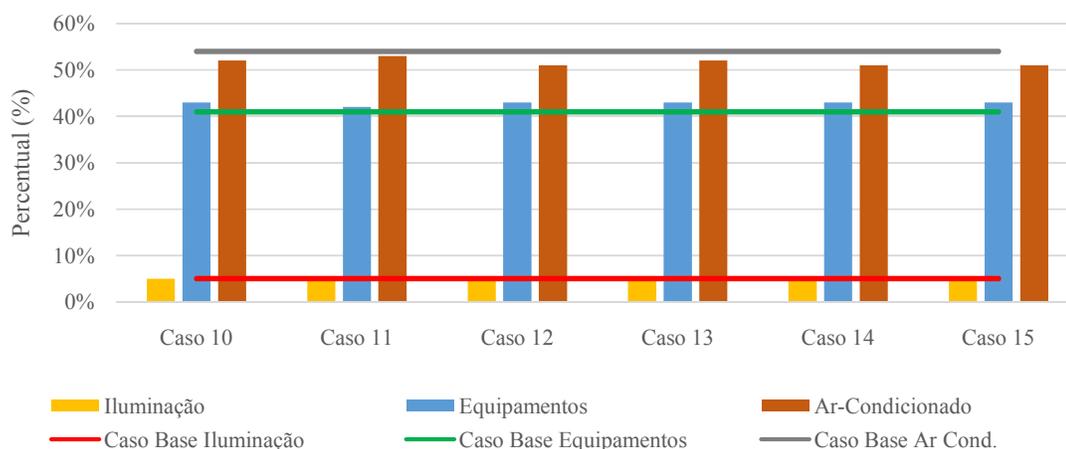


Gráfico 43 - Comparação dos consumos por uso final entre os casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

8.3.4 Balço Térmico

Através da análise do gráfico 44 percebe-se que os componentes que mais contribuem para o ganho de calor nos casos 10 a 15 são as superfícies opacas, seguido pelas pessoas e pelos equipamentos eletrodomésticos. Também é possível notar que o caso 10 (diminuição das absorções das paredes e coberturas), dentre os casos do segundo bloco de simulações, é o que possui maior percentual por ganho final proveniente das superfícies opacas (com 37,4%).

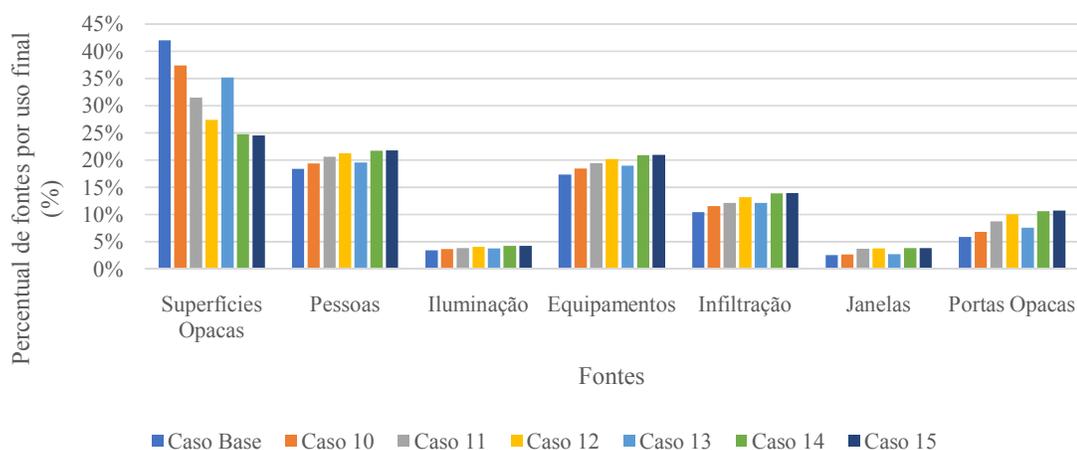


Gráfico 44 - Comparação da distribuição percentual das principais fontes de ganho de calor entre os casos simulados no segundo bloco e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Também é possível notar que os casos 14 e 15 tiveram menor participação de ganho de calor proveniente das superfícies opacas, cerca de 24,8% e 24,5%, respectivamente, uma vez que ambos possuem baixa absorção das paredes de envoltória, baixa transmitância térmica das paredes de envoltória e da cobertura do segundo pavimento. É possível perceber

também que como houve uma redução da participação percentual do consumo por ganho final proveniente das superfícies opacas, nos casos 10 a 15, houve um aumento da participação percentual de ganho de calor das seguintes fontes: 2,3% (pessoas), 2,5% (equipamentos), 2,4% (infiltração), 3,2% (portas opacas), 0,9% (janelas) e 0,6% (iluminação), sendo esses valores relativos ao aumento percentual médio entre os casos do segundo bloco de simulações. Conforme já explicado anteriormente isso acontece pois ao se tratar de participação percentual por ganho final, ao diminuir o percentual de participação de uma fonte de calor, as demais aumentam sua participação para equilibrar a perda.

Conforme pode ser observado no gráfico 45, nota-se que para os casos base, 10 e 13, as paredes externas são os componentes das superfícies opacas que representam maior ganho de calor. Já para os demais casos, o ganho de calor proveniente das paredes externas possui redução entre 501% e 524%, pois nos casos em que as paredes externas se destacam como componente de ganho de calor não foram aplicadas medidas de isolamento térmico nas superfícies de envoltória.

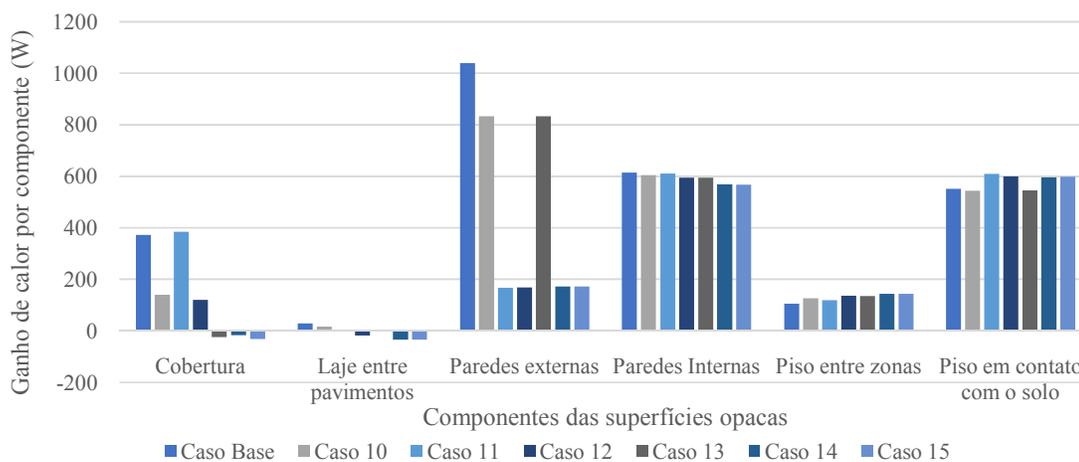


Gráfico 45 - Comparação do ganho de calor por componente das superfícies opacas entre os casos do segundo bloco e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Para os casos 11, 12, 14 e 15 os principais componentes de ganho de calor foram o piso em contato com o solo e as paredes internas (gráfico 45). O caso 11 apresentou ganho térmicos proveniente das coberturas superior aos demais casos entre 64% (caso 10) a 108% (caso 15). Isso é devido ao fato do caso 11 não apresentar isolamento térmico na cobertura do segundo pavimento e possuir alta absorvância térmica nas coberturas ($\alpha_{cob.} = 70\%$).

Em todos os casos em que houve diminuição da transmitância na cobertura do segundo pavimento do prédio novo (casos 13, 14 e 15) observou-se uma mudança no

comportamento do balanço térmico proveniente das coberturas. Nesses casos a cobertura passa a perder calor ao invés de ganhar calor.

O gráfico 46 expõe a comparação da soma do ganho de calor proveniente de todas as fontes, para o horário de pico, entre os casos simulados no segundo bloco. Observa-se que o caso que obteve menor ganho de calor total foi o caso 15, seguido pelo caso 14, sendo a diferença entre eles de apenas -0,2%. Pode-se concluir então que a diminuição da absorvância da cobertura, em edificações com transmitância da cobertura baixa, mantém praticamente inalterado seu ganho de calor total.

Ao comparar o caso que diminui a transmitância da cobertura do segundo pavimento (caso 13) com o caso que teve apenas diminuição da absorvância das coberturas (caso 10) percebe-se que o caso que teve diminuição na transmitância apresentou ganho de calor total 3,7% menor do que o caso que teve diminuição na absorvância. Logo, pode-se concluir que, considerando o presente estudo, a diminuição da transmitância da cobertura, mesmo em uma edificação cuja área diretamente afetada é de apenas 9,8% da área útil total da edificação, é mais eficiente (do ponto de vista térmico) do que a diminuição da absorvância das coberturas de toda a edificação.

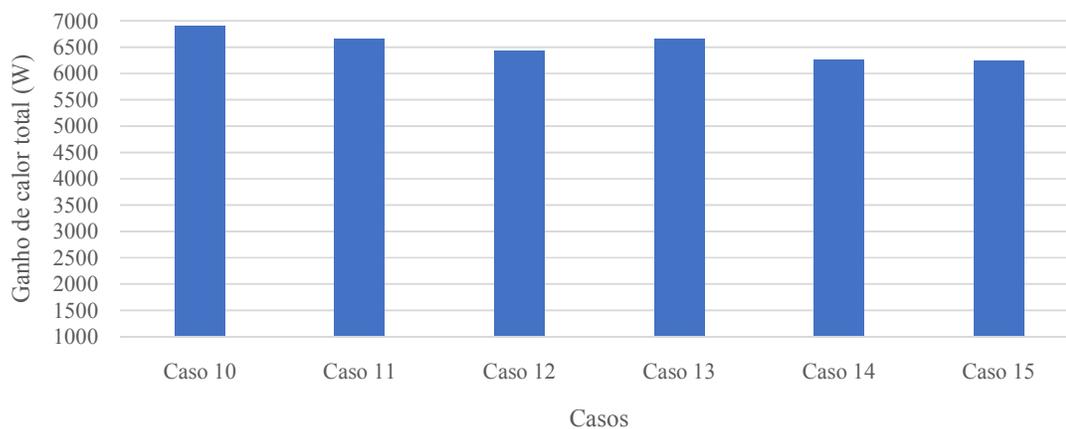


Gráfico 46 - Ganho de calor total para o horário de pico dos casos 10 a 15 (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Ao comparar o caso 11 (diminuição da transmitância e absorvância das paredes de envoltória) com o caso 13 (diminuição da transmitância da cobertura e da absorvância das paredes de envoltória) observa-se que a variação entre o ganho de calor entre esses dois casos é nula. Logo, é possível concluir que diminuir a transmitância das paredes de envoltória de toda a edificação, resulta em um ganho de calor total semelhante ao modificar a transmitância da cobertura da laje impermeabilizada (responsável por 9,8% da área útil total da edificação), conforme pode ser observado no gráfico 46.

Por fim, ao comparar o caso 11 com o caso 12, observa-se que considerando que a edificação simulada possui transmitância e absorptância das paredes de envoltória baixa e transmitância da cobertura alta, ao modificar apenas a absorptância da cobertura resulta e uma diminuição do ganho de calor total de -3,7%.

8.3.5 Variação de consumo dos compressores dos condicionadores de ar por região

Através do gráfico 47, observa-se que a região do hotel que possui maior consumo de ar condicionado é o primeiro pavimento do prédio novo (com 11 zonas térmicas) e a região que possui menor consumo é o pavimento térreo (com 3 zonas térmicas). Percebe-se também que, em relação ao caso base, independente do caso analisado, o consumo proveniente dos compressores sofreu uma diminuição. Contudo, a variação de consumo de energia referente aos compressores do pavimento térreo se manteve praticamente inalterada (variando menos que 0,9%).

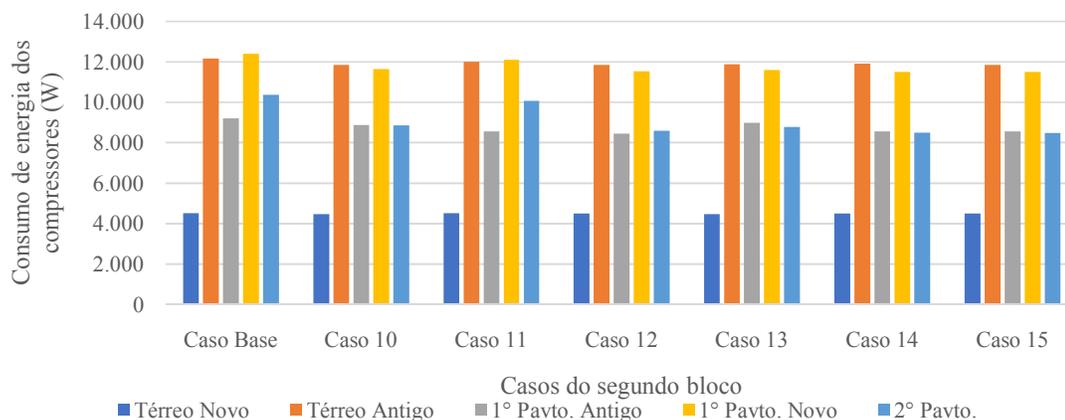


Gráfico 47 - Comparação entre o consumo energético dos compressores entre os casos do segundo bloco de simulações e o caso base por regiões do hotel (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Ao observar o gráfico nota-se que o consumo dos compressores das zonas térmicas situadas no segundo pavimento dos casos base e 11 se destacaram em relação aos demais casos, tendo esses casos em comum a alta absorptância da cobertura de laje impermeabilizada ($\alpha_{cob.} = 70\%$). Logo, é possível concluir que manter altas absorptâncias na laje impermeabilizada pode resultar em um prejuízo de consumo de até 17,1% (comparação de consumo dos compressores do segundo pavimento entre os casos base 11 e 12, que possuem de diferente entre eles apenas a absorptância das coberturas). Também é possível perceber através da análise dos casos base e 11 que a diminuição da absorptância da cobertura de telha cerâmica não altera significativamente (abaixo de 2%) o consumo de energia proveniente dos

compressores situados no primeiro pavimento do prédio antigo (região em contato direto com a laje de cobertura).

Ao comparar o consumo dos compressores entre os casos 10 e 12 (que diferem apenas pela transmitância das paredes) percebe-se que, para as zonas térmicas situadas no pavimento térreo e primeiro pavimento do prédio novo, o consumo energético dos compressores variou abaixo de 1%. Já para o primeiro pavimento do prédio antigo e o segundo pavimento do prédio novo a variação de consumo dos compressores foi de 5,01% e 2,95%, sendo o caso 10 o de maior consumo em ambas regiões.

Comparando os casos 11 e 12 (divergindo entre eles apenas a absorvância da cobertura) percebe-se que praticamente não houve diminuição do consumo dos compressores no pavimento térreo o no primeiro pavimento do prédio antigo. Já no primeiro pavimento do prédio novo foi observada uma diminuição de -4,96% no consumo dos compressores do caso 12 ($\alpha_{cob.} = 20\%$) e no segundo pavimento uma diminuição de -17,08%. A diminuição de consumo dos compressores foi decorrente do menor ganho de calor proveniente da diminuição da absorvâncias das coberturas do primeiro e segundo andar, do prédio antigo e novo, respectivamente.

Por fim, ao comparar os casos 12 e 15 (divergindo entre eles apenas a transmitância da cobertura do segundo pavimento) percebe-se que a variação de consumo energético entre os compressores foi menor do que 1,4%, independente da região analisada. Logo, conclui-se que ao diminuir apenas a transmitância térmica da cobertura, quando a edificação já possui transmitância e absorvância baixa nas paredes de envoltória, não diminui o consumo energético proveniente dos compressores dos condicionadores de ar, mesmo para aqueles situados no segundo pavimento do prédio novo.

8.3.6 Tempo de *setpoint* não alcançado

A análise de tempo de *setpoint* não alcançado dos casos do segundo bloco teve como objetivo identificar se ao combinar medidas de conservação de energia, altera-se de alguma forma a performance dos climatizadores artificiais. Foi identificado nas simulações do primeiro bloco que dois sistemas de ar-condicionado não estavam alcançando a temperatura de configuração de *setpoint* em mais de 60% do tempo de funcionamento, independente da medida de conservação adotada. Foram eles: o restaurante, que não alcançou a temperatura de configuração de resfriamento em 100% do tempo de funcionamento; e a gerência, cuja média

de tempo de *setpoint* não alcançado foi de 62,5%, sendo esses resultados um indicador de subdimensionamento dos aparelhos desses ambientes.

Contudo, também foi constatado no primeiro bloco de simulações que o alcance da temperatura de *setpoint* está associado com um menor funcionamento do compressor do ar-condicionado e com isso, uma menor demanda da potência nominal do aparelho. Logo, pode-se deduzir que combinando duas ou mais medidas de conservação de energia, diminui-se o ganho calor dos ambientes condicionados artificialmente, diminuindo também o trabalho dos compressores e, conseqüentemente, reduzindo a necessidade de potência dos mesmos. Por fim, espera-se que com essas medidas, o percentual de tempo de *setpoint* não alcançado também tenha uma redução.

Ao analisar os resultados das simulações do segundo bloco observou-se que houve diminuições percentuais no tempo de *setpoint* não alcançado dos casos 10 a 15 em comparação com o caso base, exceto para a zona térmica relativa ao restaurante, onde o tempo de *setpoint* não alcançado continuou sendo de 100% em todos os casos do segundo bloco. Já para a zona térmica equivalente a gerência houve uma diminuição dessa variável, na ordem de 5,0% em relação ao caso base, resultando em um percentual médio de *setpoint* não alcançado de 62,0%, entre os casos do segundo bloco. Através do exposto, pode-se concluir que as combinações das medidas de conservação de energia realizadas no segundo bloco de simulações não tiveram um impacto significativo sobre o trabalho dos climatizadores da gerência e do restaurante.

8.3.7 Desconforto dos usuários

Considerando vestimentas de verão, conforme mencionado na análise de simulações do primeiro bloco, percebe-se que nos casos do segundo bloco de simulações o desconforto por frio diminuiu no setor administrativo entre -16,6% (caso 11) e -8,0% (caso 13), em relação ao caso base. Já no segundo pavimento, as medidas de conservação de energia aplicadas, relacionadas à diminuição da absorvância e transmitância da cobertura, impactaram na redução do ganho de calor dos ambientes da região, ampliando o desconforto dos usuários, nos momentos em que a temperatura de *setpoint* não foi alcançada (abaixo de 10% do tempo de funcionamento do SAC). A variação de desconforto entre os casos do segundo pavimento foi entre 7,4% (caso 10) e 17,3% (casos 14 e 15), em relação ao caso base, conforme pode ser observado no gráfico 48.

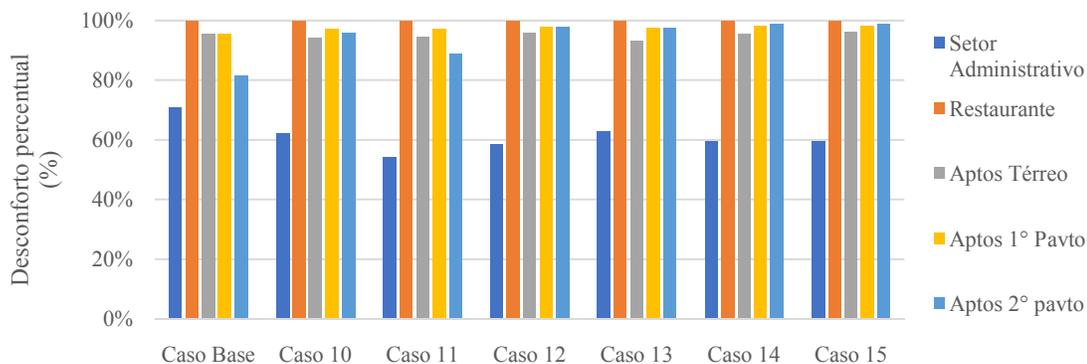


Gráfico 48 - Desconforto dos usuários para vestimenta de verão, comparativo entre as regiões do hotel e dos casos simulados no segundo bloco (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Considerando que a cidade de Maceió é reconhecida pelo seu turismo de sol e mar e pelo seu clima quente e úmido, o tipo de vestimenta indicado para os visitantes da cidade são, geralmente, vestimentas leves (de verão). Logo, pode-se concluir que pelo modelo gráfico da ASHRAE 55 (2004), as vestimentas de verão são desconfortáveis para a temperatura de *setpoint* de 22°C (temperatura escolhida pelos usuários).

A temperatura média dos ambientes climatizados artificialmente dos casos do segundo bloco de simulações pode ser observado na tabela 29, que expõe que em todos os apartamentos a temperatura média anual foi de 22,0°C. Já a temperatura média da diretoria foi de 22,1°C, da gerência de 23,0°C e a do restaurante de 28,4°C. É ainda importante mencionar que em ambientes de descanso, como o quarto, as vestimentas não são bem definidas devido as roupas de cama e os hábitos de sono dos usuários. Logo, a análise do tipo de vestimenta e da taxa de desconforto dos usuários é imprecisa para esses ambientes.

Tabela 29 - Temperatura média interna anual das zonas térmicas condicionadas artificialmente - segundo bloco de simulações.

| Temperatura interna média anual das zonas térmicas (°C) | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| | Caso 10 | Caso 11 | Caso 12 | Caso 13 | Caso 14 | Caso 15 | Média entre os casos |
| Gerência | 22,87 | 23,2 | 23,12 | 22,85 | 23,1 | 23,1 | 23,0 |
| Diretoria | 22,08 | 22,11 | 22,1 | 22,08 | 22,09 | 22,09 | 22,1 |
| Restaurante | 28,19 | 28,62 | 28,52 | 28,13 | 28,44 | 28,44 | 28,4 |
| Apartamentos | 22,01 | 22,01 | 22,01 | 22,01 | 22 | 22 | 22,0 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

8.3.8 Conclusões acerca do 2º bloco de simulações e criação dos Casos eficiente e ineficiente

A síntese das propriedades termo físicas e os indicadores de consumo de energia dos casos do segundo bloco de simulações podem ser observadas na tabela 31 (página 117). Através da análise dos indicadores de consumo de energia por unidade de área (kWh/m²) pode-se concluir que a diminuição da absorvância das coberturas (do prédio novo e do prédio antigo) possui efeito semelhante, na redução dos indicadores de consumo energético, à diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. Também foi possível perceber que

medidas de conservação de energia que visem a diminuição da absorvância e da transmitância das coberturas são as que garantem as maiores reduções dos indicadores de consumo energético, mesmo as coberturas dos ambientes climatizados artificialmente representando 31,72% da área útil total da edificação. Atribui-se esse resultado ao entorno do objeto de estudo, composto por edificações multifamiliares verticais com média de 9 pavimentos, sombreando o objeto de estudo, principalmente as superfícies verticais da envoltória, em boa parte do dia, diminuindo assim o alcance e eficácia da aplicação de medidas de conservação de energia simuladas na presente pesquisa.

Ao combinar diversas medidas de conservação de energia, relacionadas às superfícies opacas, nos casos 10 a 15 constatou-se que o consumo de energia percentual por uso final do sistema de ar-condicionado sofreu uma redução em relação ao caso base. Contudo, também foi observado que mesmo após a aplicação de medidas para redução de ganhos térmicos e, conseqüentemente, redução do consumo do SAC, a climatização artificial continua sendo responsável por mais de 50% do consumo energético da edificação.

Através da análise do balanço térmico da edificação para o horário de pico pode-se concluir que, independente da combinação entre as medidas de conservação de energia aplicada, as superfícies opacas continuam sendo a principal fonte de calor da edificação. Também foi possível concluir que diminuir a transmitância térmica do sistema de cobertura do prédio novo é mais eficiente (do ponto de vista térmico) do que diminuir a absorvância das coberturas de toda edificação, mesmo considerando que a área direta de influência entre esses dois parâmetros não é a mesma. Por fim foi possível notar que diminuir a transmitância das paredes da envoltória ou diminuir a transmitância da laje de cobertura do segundo pavimento, possui o mesmo resultado em relação ao fluxo de calor total da edificação.

Através da análise de consumo de energia dos compressores, separados por região do hotel, foi percebido que a combinação de medidas de conservação de energia propostas, relacionadas à diminuição de absorvância e transmitância das superfícies de envoltória, afetaram pouco o consumo energético dos compressores situados no pavimento térreo da edificação nova. Também pode-se concluir que a diminuição da absorvância da laje impermeabilizada (sem isolamento térmico) acarreta em uma economia de energia na ordem de 17,1% para os compressores situados no segundo pavimento. Já o efeito da diminuição da absorvância das telhas cerâmicas no consumo energético dos compressores do primeiro pavimento do prédio antigo é pequeno (abaixo de 2%), pois o sistema de cobertura de telhas cerâmicas dissipa calor das zonas térmicas situadas no primeiro pavimento do prédio antigo,

independentemente da alteração (diminuição) de sua absorvância. Assim conclui-se que diminuir apenas a absorvância das telhas cerâmicas não traz uma redução significativa no consumo energético dos compressores em contato direto com a laje de cobertura.

Por fim, acerca do consumo energético dos compressores dos aparelhos de ar-condicionado, pode-se concluir que ao diminuir apenas a transmitância térmica da cobertura, quando a edificação já possui transmitância e absorvância baixa nas paredes de envoltória, não resulta em uma maior diminuição do consumo energético proveniente dos compressores dos condicionadores de ar, mesmo para aqueles situados no segundo pavimento do prédio novo, pois, a área de influência da cobertura do segundo pavimento representa menos de 10% da área útil do objeto estudo.

Acerca do percentual de temperatura de *setpoint* não alcançada pode-se concluir que as combinações das medidas de conservação de energia realizadas no segundo bloco de simulações não tiveram impacto sobre o trabalho dos aparelhos de ar-condicionado. Por fim, através da análise das simulações realizadas pode-se constatar as medidas de conservação mais eficientes e as menos eficientes. Comparando os 14 casos simulados com o caso base pode-se concluir que o caso que obteve pior desempenho energético e maior ganho de calor foi o Caso 1, sendo esse configurado como caso ineficiente, conforme pode ser observado no gráfico 49.

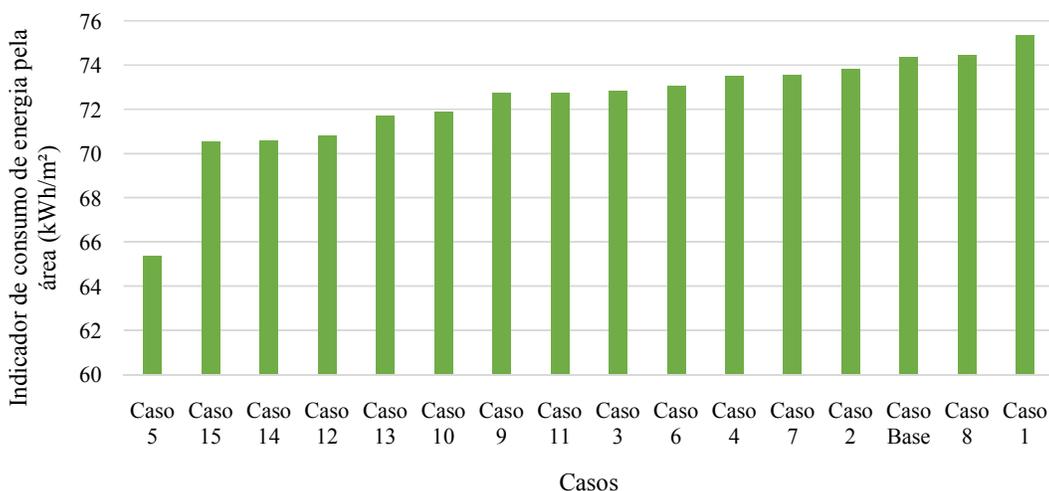


Gráfico 49 - Relação entre os indicadores de consumo energético dos 16 casos simulados e o caso base (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Observando o gráfico 31, nota-se que o caso mais eficiente simulado foi o caso 15, que une baixa transmitância das paredes de envoltória, da cobertura do prédio novo, baixa absorvância das paredes de envoltória e da cobertura do prédio antigo. Contudo, o caso 15 não

possui modificações nas esquadrias do objeto de estudo. Foi constatado através do 1º bloco de simulações que janelas *Low-E* são mais eficientes termo energeticamente do que a configuração de esquadrias original do objeto de estudo. Dessa forma, esse tipo de esquadria foi selecionada para configurar o caso mais eficiente. A configuração termo energética dos casos eficiente e ineficiente (caso 16 e 17) está exposta na tabela 30.

Tabela 30 - Propriedades termo físicas dos casos 16 e 17 - casos eficiente e ineficiente, respectivamente.

| Propriedades termo físicas dos casos 16 e 17 (Eficiente e Ineficiente) | | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------|--|--|--------------------------|
| Casos | U_{par} (W/m².K) | U_{cob} (Prédio Antigo) (W/m².K) | U_{cob} (Prédio Novo) (W/m².K) | α_{par}(%) | α_{cob} (Prédio Antigo) (%) | α_{cob} (Prédio Novo) (%) | FS das esquadrias |
| Caso 16 – Eficiente | 0,391 | 2,120 | 0,451 | 20 | 20 | 0,05 | 0,278 |
| Caso 17 – Ineficiente (caso 1) | 2,211 | 2,120 | 1,651 | 57 | 70 | 70 | 0,816 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

Tabela 31 - Síntese das propriedades termo físicas, indicadores de consumo energético e ganho de calor total dos casos do 2º bloco de simulações.

| Síntese - Propriedades termo físicas, indicador de consumo energético e ganho de calor total dos casos do 2º bloco | | | | | | | |
|---|--|---|---|------------------------------------|---|---|--|
| Casos | Transmitância da parede (W/m².K) | Transmitância da cobertura (Prédio Antigo) (W/m².K) | Transmitância da cobertura (Prédio Novo) (W/m².K) | Absortância das paredes (%) | Absortância da cobertura (Prédio Antigo) (%) | Absortância da cobertura (Prédio Novo) (%) | Indicador de consumo energético (kWh/m²) |
| Caso 10 | 2,211 | 2,120 | 1,651 | 20 | 20 | 20 | 71,91 |
| Caso 11 | 0,391 | 2,120 | 1,651 | 20 | 70 | 70 | 72,76 |
| Caso 12 | 0,391 | 2,120 | 1,651 | 20 | 20 | 20 | 70,81 |
| Caso 13 | 2,211 | 2,120 | 0,451 | 20 | 70 | 0,05 | 71,74 |
| Caso 14 | 0,391 | 2,120 | 0,451 | 20 | 70 | 0,05 | 70,62 |
| Caso 15 | 0,391 | 2,120 | 0,451 | 20 | 20 | 0,05 | 70,54 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

8.4 Análise comparativa Caso Base x Caso Eficiente x Caso Ineficiente

A criação dos casos eficiente e ineficiente teve como objetivo demonstrar o quanto decisões arquitetônicas podem afetar no consumo energético da edificação. Ao comparar os indicadores de consumo de energia entre os casos base, eficiente e ineficiente percebe-se que ao realizar o conjunto de medidas de conservação de energia indicados no primeiro e segundo bloco de simulações, a economia energética anual pode ser de até 6,36% (em relação ao caso base) e de 7,6% (em relação ao caso ineficiente), o equivalente a cerca de 6.795,71 kWh.ano e 8.169,24 kWh.ano, respectivamente. Ao comparar os resultados é possível concluir que apenas ao modificar as esquadrias da edificação para vidro simples o impacto no consumo energético da edificação sobe em 1,27% (1.373,53 kWh.ano). Os dados de indicadores de consumo energético dos casos mencionados podem ser observados no gráfico 50.

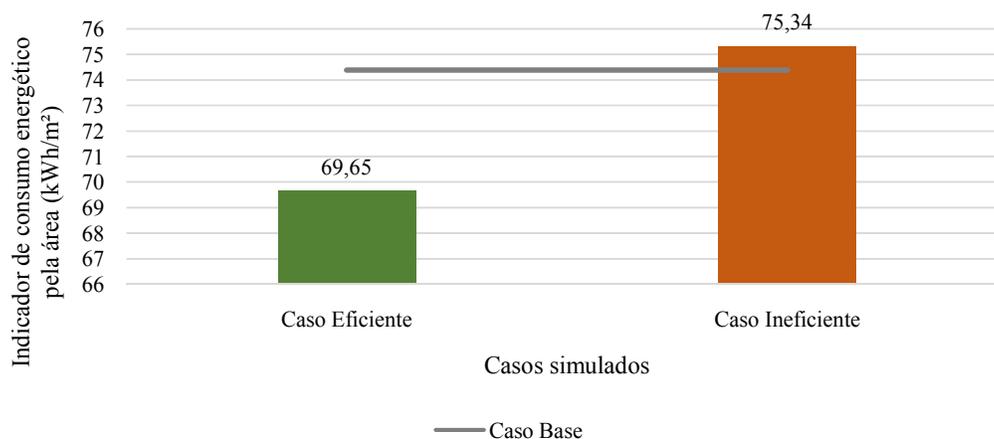


Gráfico 50 - Indicador de consumo energético por unidade de área entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Através da análise do segundo bloco de simulações foi constatado que as maiores economias de energia acontecem nos meses em que a temperatura média são mais elevadas (meses de verão), ou seja, quanto maior a temperatura média mensal da região maior a diferença de consumo entre o caso base e os casos simulados com medidas de conservação de energia. Ao comparar a economia média mensal entre os casos base, eficiente e ineficiente percebe-se que a economia mensal entre os casos eficiente e ineficiente chegam no máximo a 9,8% mensal (nos meses de janeiro e março) e no mínimo 3,4% (no mês de junho), já entre o caso eficiente e o caso base essa variação é entre 8,7% (no mês de março) e 2,3% (no mês de junho). Por fim, observa-se que a economia entre os casos base e ineficiente, variou entre 1% (no mês de maio) e 1,5% (no mês de setembro), sendo essa variação percentual pequena

devido a semelhança entre os dois casos (que possuem de diferente apenas a padronização dos vidros da esquadria), conforme pode ser observado no gráfico 51.

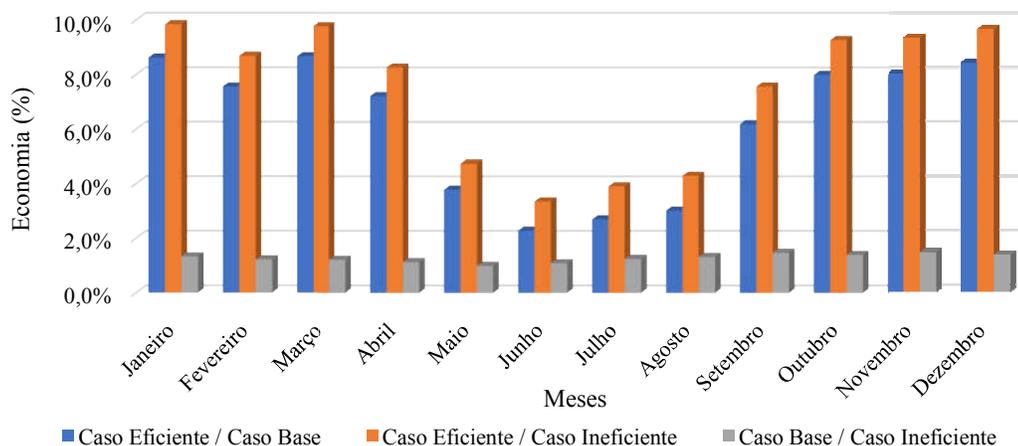


Gráfico 51 - Economia de consumo médio mensal entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Já ao comparar o consumo energético percentual por uso final entre os três casos observa-se que ao aplicar medidas de conservação de energia a participação percentual final dos condicionadores artificiais decresce. Já ao substituir e padronizar as esquadrias do caso base para vidro simples, a participação percentual final do SAC aumenta. O sistema de iluminação manteve seu percentual de participação inalterado, em todos os 16 casos simulados, com participação por uso final de 5%, conforme pode ser observado no gráfico 52.

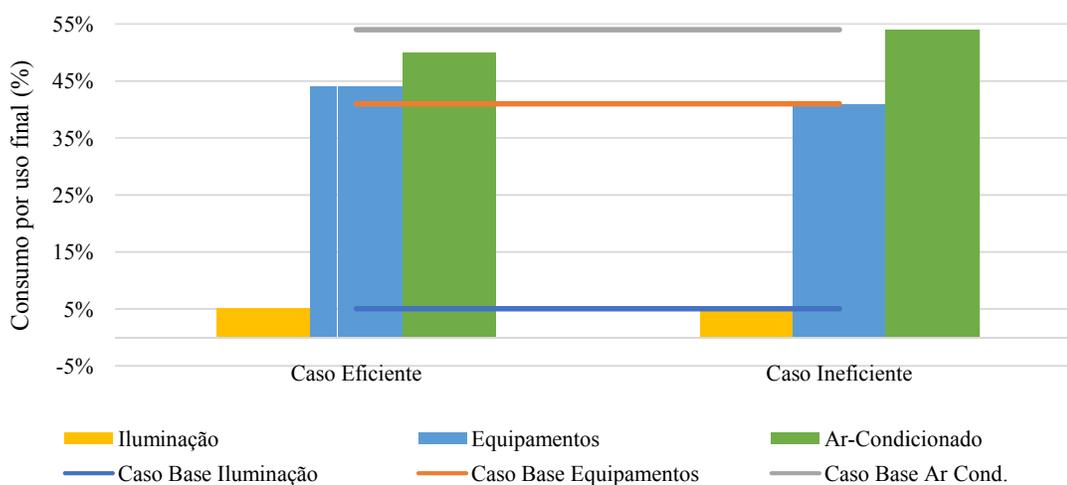


Gráfico 52 - Comparação entre consumos percentuais por uso final entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Ao comparar o ganho de calor total da edificação no horário de pico percebe-se que o caso eficiente é o que apresenta o menor ganho e o caso ineficiente o maior ganho de calor,

sendo a diferença entre eles de 20,5%, já o caso base apresenta ganho de calor 2,7% inferior ao caso ineficiente e 18,3% superior ao caso base. O comportamento de ganho de calor entre os casos pode ser observado no gráfico 53.

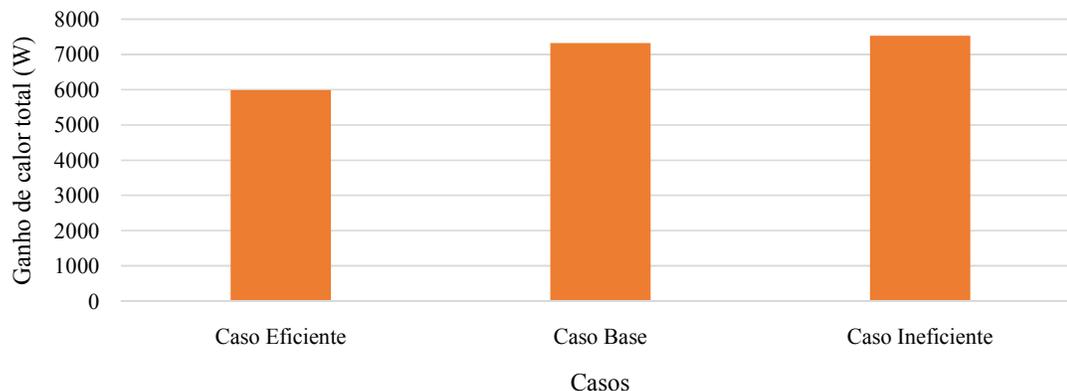


Gráfico 53 - Comparação entre o ganho de calor total no horário de pico do objeto de estudo entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Já ao observar o percentual final por fontes de ganho de calor entre os três casos percebe-se que após aplicar diversas medidas de conservação de energia para evitar o ganho de calor (caso eficiente), as principais fontes de calor percentual por ganho final passam a ser as pessoas (com 22,5%), os equipamentos (com 21,8%) e as superfícies opacas (com 21,7%). Já nos casos ineficiente e base as principais fontes de calor percentual por ganho final são as superfícies opacas, as pessoas e os equipamentos, em ordem decrescente de participação, conforme pode ser observado no gráfico 54.

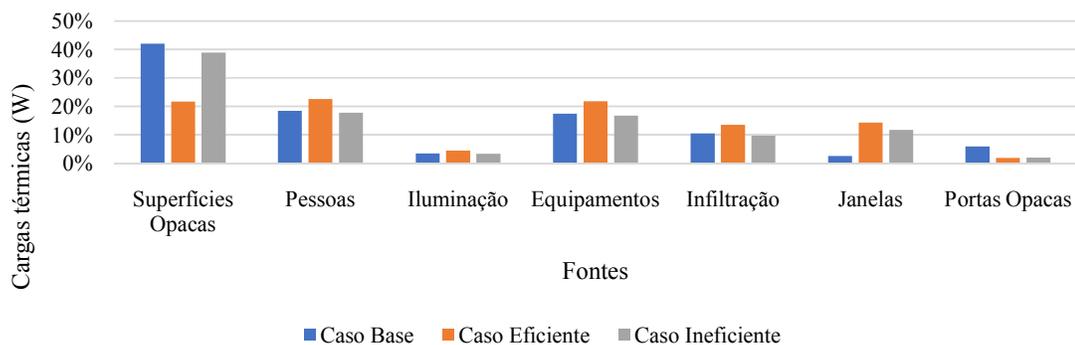


Gráfico 54 - Comparação entre o percentual final das fontes de ganho de calor no horário de pico entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

O gráfico 55 expõe a comparação do balanço térmico proveniente dos componentes da edificação entre os casos base, eficiente e ineficiente. Através da análise dos dados do gráfico percebe-se que dentre os componentes das superfícies opacas (cobertura, laje entre

pavimentos, paredes externas, paredes internas e piso entre zonas, piso em contato com o solo) o que representa maior fonte de calor para a edificação são as paredes externas (casos base e ineficiente) e as paredes internas (caso eficiente), sendo essa diferença entre os casos devido à diminuição da absorvância das paredes de envoltória e das coberturas do objeto de estudo.

A variação de ganho de calor proveniente das paredes externas é de -607% (entre o caso eficiente e o caso base), de -558% (entre o caso eficiente e o caso ineficiente) e 7% (entre o caso ineficiente e o caso base). Já a variação de ganho de calor proveniente das paredes internas é de -29% (entre o caso eficiente e o caso base), de -30% (entre o caso eficiente e o caso ineficiente) e -0,2% (entre o caso base e o caso ineficiente).

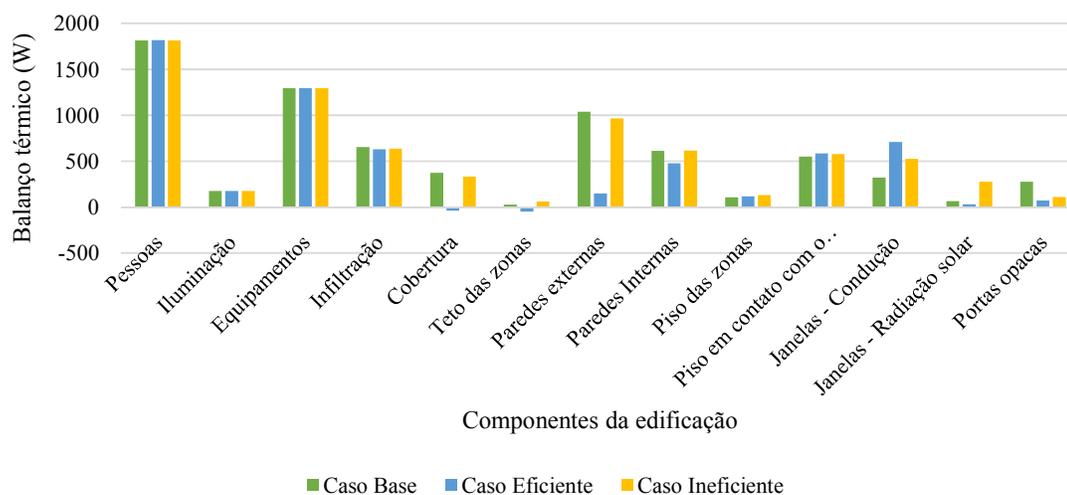


Gráfico 55 – Comparação do ganho de calor proveniente dos componentes da edificação, para o horário de pico, entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

O ganho de calor por infiltração e pelo piso em contato com o solo mantém-se praticamente inalterados para os três casos, uma vez que não há medidas de conservação de energia que atinjam diretamente esses componentes. Já o comportamento de fluxo de calor proveniente da cobertura passa de absorver calor (nos casos base e ineficiente) para dissipar calor (caso eficiente), sendo que essa alteração de comportamento acontece devido a inserção de isolamento térmico na cobertura do prédio novo, bem como devido a diminuição da transmitância da cobertura do prédio antigo (telhas cerâmicas).

O ganho de calor proveniente da condução das esquadrias é maior no caso eficiente (vidro de baixa emissividade) e menor no caso base (esquadrias de madeira, de vidro refletivo e vidro simples com aplicação de película preta opaca). Já o ganho de calor proveniente pela

radiação solar das esquadrias é menor no caso eficiente e maior no caso ineficiente (vidro simples).

A figura 29 representa uma síntese do comportamento do fluxo de calor dos casos eficiente, ineficiente e base. Através de sua análise observa-se que, em todos os casos, a cobertura do 1º pavimento do prédio antigo (telhas cerâmicas) retira calor do ambiente. Já a cobertura do 2º pavimento adiciona calor aos ambientes, variando entre eles apenas a intensidade do ganho de calor, sendo o caso eficiente o de menor ganho de calor.

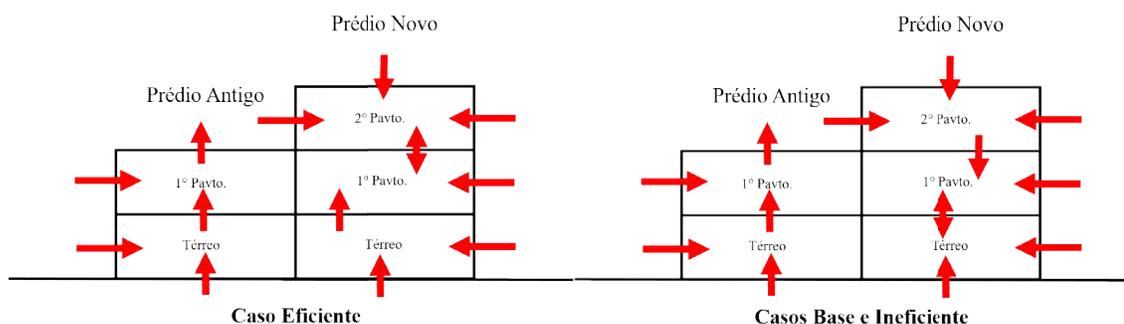


Figura 29 - Esquema ilustrativo dos fluxos de calor nos casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Através da análise do gráfico 56 nota-se que as medidas de conservação de energia propostas produzem impactos diferentes a depender da região a ser considerada do objeto de estudo. Ao analisar a diferença de consumo de cada região entre os três casos pode-se notar que o consumo anual dos compressores do pavimento térreo novo mantém-se praticamente inalterado (sendo a diferença entre eles abaixo de 1,4%). Observando o consumo dos compressores do térreo do prédio antigo nota-se que os do caso eficiente possuem menor consumo energético e o do caso ineficiente maior consumo, sendo a diferença entre eles de 6,6%. Pode-se concluir, através do exposto, que a redução da transmitância e absorvância das paredes, bem como a inserção de janelas Low-E tiveram pouco impacto no consumo dos aparelhos de ar-condicionado do pavimento térreo.

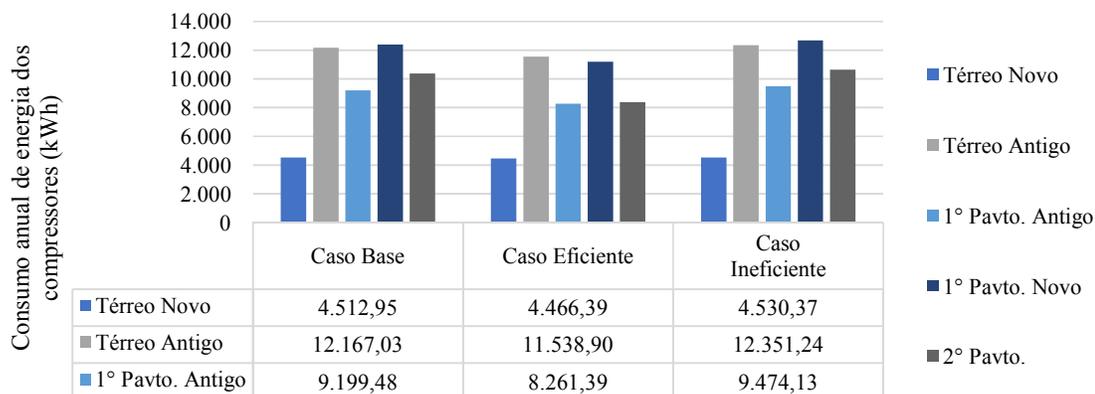


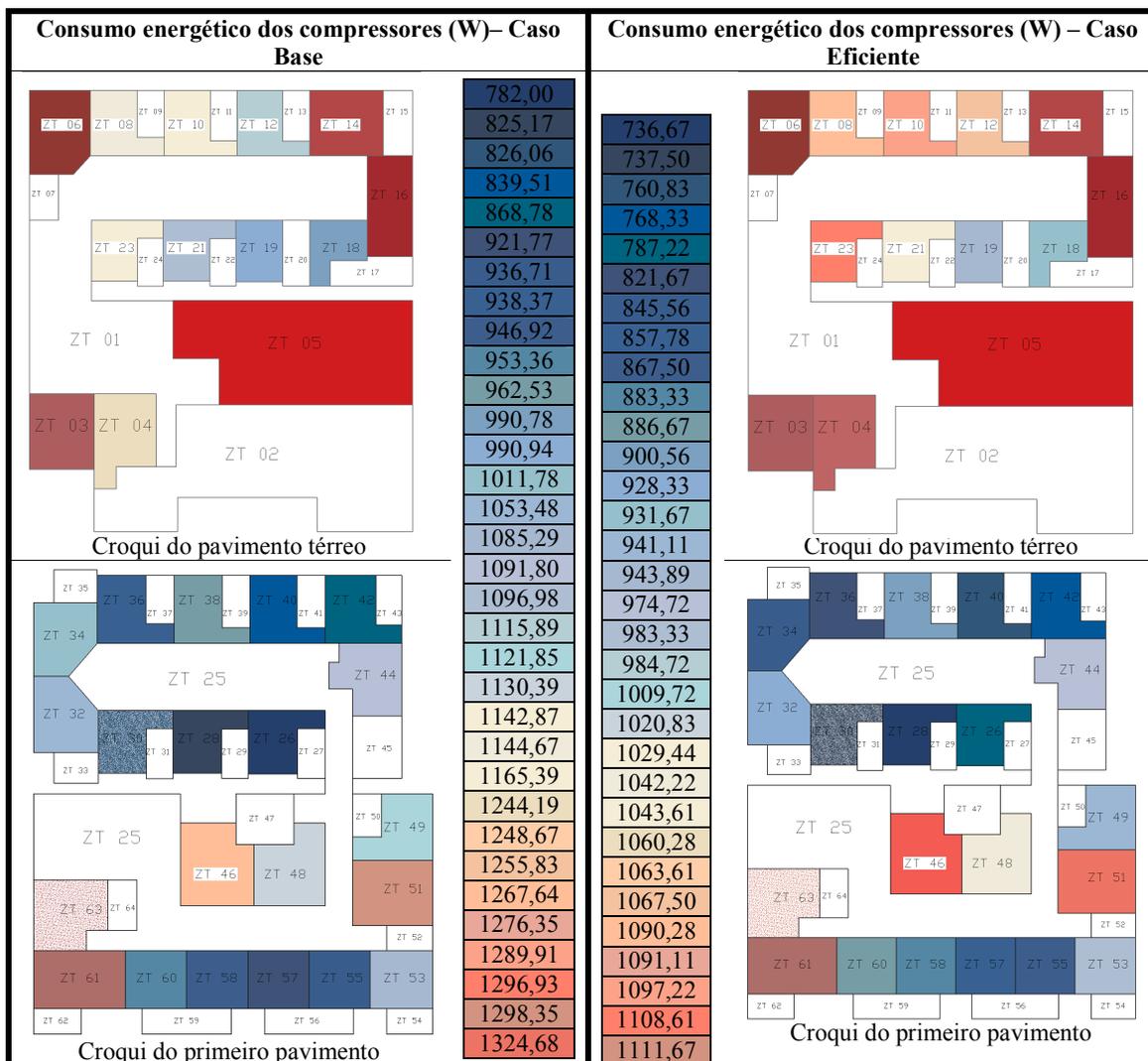
Gráfico 56 - Comparação dos consumos de energia anual dos compressores dos ar-condicionado entre os casos base, eficiente e ineficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

No primeiro pavimento do prédio antigo e novo a diferença de consumo entre os compressores do caso eficiente e ineficiente foi de 12,8% e 11,8%, respectivamente, sendo o caso eficiente o de menor consumo. Já a diferença entre o caso de maior e o de menor consumo de energia, proveniente dos compressores, do segundo pavimento foi de 21,4%. A diferença de variação, entre o consumo de energia dos compressores das zonas térmicas do primeiro e do segundo pavimento, é explicada devido ao fato da diminuição da transmitância da cobertura do segundo pavimento possuir maior impacto na redução do consumo de eletricidade do que a diminuição da absorvância das telhas cerâmicas, uma vez que esta última já possui um bom desempenho térmico.

Com a finalidade de identificar quais apartamentos consomem mais e menos energia elétrica proveniente dos compressores do sistema de ar-condicionado foi criado um mapa apresentando o consumo energético total anual dos compressores, dos casos base (real) e do caso eficiente (figura 30). Para a criação do mapa foram consideradas 21 ambientes que apresentaram menores consumos energéticos (gradação de azul) e 21 ambientes com os maiores consumos (gradação de vermelho), totalizando as 42 zonas térmicas condicionadas artificialmente.

Ao comparar os dois mapas pode-se identificar quais ambientes são mais beneficiados devido as medidas de conservação de energia. Logo, Através da análise da figura 30 percebe-se que em ambos os casos os ambientes com maior consumo energético dos compressores estão situados no pavimento térreo, sendo o restaurante o ambiente com maior consumo de energia entre todos compressores de ambos os casos, devido a sua área, potência e carga interna.

Também pode-se observar que com as medidas de conservação de energia aplicadas no caso eficiente, os compressores do segundo pavimento passam a consumir menos energia do que os compressores situados no pavimento térreo, devido a diminuição da transmitância térmica da cobertura daquele. Por fim pode-se observar que o primeiro pavimento do prédio antigo possui o conjunto de compressores, dos aparelhos de ar condicionado, que menos consomem energia, sendo esse fato atribuído ao contato direto com o sistema de cobertura de telhas cerâmicas, que dissipa calor dos ambientes, conforme pode ser observado na tabela 32.



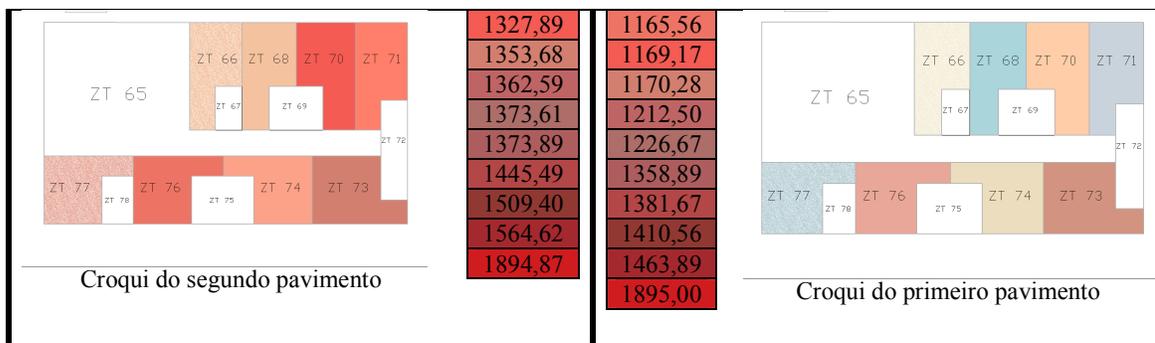


Figura 30 - Mapas de consumo energético total anual dos compressores, comparativo entre os casos base e eficiente (Fonte: Acervo da Autora, 2018).

Tabela 32 - Comparação entre a variação percentual de consumo energético total anual dos compressores dos condicionadores artificiais de ar de todas as zonas térmicas entre os casos base e eficiente.

| Apartamentos | Caso Base (kWh) | Caso Eficiente (kWh) | Diferença de consumo |
|--------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Apto 01 | 1509,40 | 1410,56 | 6,5% |
| Apto 02 | 1144,67 | 1090,28 | 4,8% |
| Apto 03 | 1142,87 | 1097,22 | 4,0% |
| Apto 04 | 1115,89 | 1067,50 | 4,3% |
| Apto 05 | 1445,49 | 1381,67 | 4,4% |
| Apto 06 | 1564,62 | 1463,89 | 6,4% |
| Apto 07 | 990,78 | 931,67 | 6,0% |
| Apto 08 | 990,94 | 943,89 | 4,7% |
| Apto 09 | 1096,98 | 1043,61 | 4,9% |
| Apto 10 | 1165,39 | 1108,61 | 4,9% |
| Apto 101 | 782,00 | 787,22 | -0,7% |
| Apto 102 | 825,17 | 736,67 | 10,7% |
| Apto 103 | 826,06 | 737,50 | 10,7% |
| Apto 104 | 1053,48 | 928,33 | 11,9% |
| Apto 105 | 1011,78 | 845,56 | 16,4% |
| Apto 106 | 938,37 | 821,67 | 12,4% |
| Apto 107 | 962,53 | 900,56 | 6,4% |
| Apto 108 | 839,51 | 760,83 | 9,4% |
| Apto 109 | 868,78 | 768,33 | 11,6% |
| Apto 110 | 1091,80 | 974,72 | 10,7% |
| Apto 111 | 1267,64 | 1169,17 | 7,8% |
| Apto 112 | 1130,39 | 1042,22 | 7,8% |
| Apto 113 | 1121,85 | 941,11 | 16,1% |
| Apto 114 | 1298,35 | 1165,56 | 10,2% |
| Apto 115 | 1085,29 | 983,33 | 9,4% |
| Apto 116 | 936,71 | 867,50 | 7,4% |
| Apto 117 | 921,77 | 857,78 | 6,9% |
| Apto 118 | 946,92 | 883,33 | 6,7% |
| Apto 119 | 953,36 | 886,67 | 7,0% |

| | | | |
|-------------|---------|---------|-------|
| Apto 120 | 1373,61 | 1226,67 | 10,7% |
| Apto 121 | 1362,59 | 1170,28 | 14,1% |
| Apto 201 | 1255,83 | 1029,44 | 18,0% |
| Apto 202 | 1248,67 | 1009,72 | 19,1% |
| Apto 203 | 1327,89 | 1063,61 | 19,9% |
| Apto 204 | 1296,93 | 1020,83 | 21,3% |
| Apto 205 | 1353,68 | 1111,67 | 17,9% |
| Apto 206 | 1289,91 | 1060,28 | 17,8% |
| Apto 207 | 1324,68 | 1091,11 | 17,6% |
| Apto 208 | 1276,35 | 984,72 | 22,8% |
| Diretoria | 1244,19 | 1212,50 | 2,5% |
| Gerência | 1373,89 | 1358,89 | 1,1% |
| Restaurante | 1894,87 | 1895,00 | 0,0% |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

9 Paralelo entre os indicadores de consumo energético e a Classificação da envoltória segundo o método prescritivo do RTQ-C dos casos simulados

A aplicação do método prescritivo para a envoltória dos casos simulados teve como objetivo identificar a relação entre o comportamento do consumo energético e o nível de eficiência energética obtido. Os resultados podem ser observados na tabela 33.

Tabela 33 - Análise comparativa entre o nível de etiquetagem os indicadores de consumo de energia dos casos simulados.

| Caso | Descrição | ENCE | Indicador de consumo (kWh/m ²) |
|------------------|---|------|--|
| Caso Base | - | E | 74,38 |
| Caso 1 | Padronização das esquadrias para vidro simples incolor | E | 75,34 |
| Caso 2 | Padronização das esquadrias para vidro Low-E | E | 73,82 |
| Caso 3 | Padronização da absorvância das coberturas ($\alpha=0,20$) | E | 72,85 |
| Caso 4 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=0,20$) | E | 73,51 |
| Caso 6 | Diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (Adição de isolamento interno) | E | 73,06 |
| Caso 7 | Diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (Adição de isolamento externo) | E | 73,55 |
| Caso 8 | Diminuição da transmitância das coberturas conforme recomendações para nível A do RTQ-C | A | 74,48 |
| Caso 9 | Diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo conforme recomendações para nível A do RTQ-C | A | 72,74 |
| Caso 10 | Padronização da absorvância das coberturas e das fachadas ($\alpha=20\%$) | E | 71,91 |
| Caso 11 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (adição de isolamento interno) | E | 72,76 |
| Caso 12 | Padronização da absorvância das paredes externas e da cobertura ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância das paredes externas das áreas condicionadas artificialmente (adição de isolamento interno) | E | 70,81 |

| | | | |
|-------------------------|--|---|-------|
| Caso 13 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$) e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo para o nível A do RTQ-C | A | 71,74 |
| Caso 14 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$), diminuição da transmitância das paredes externas através da adição de isolamento interno à edificação e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. | A | 70,62 |
| Caso 15 | Padronização da absorvância das paredes externas ($\alpha=20\%$), diminuição da absorvância do prédio antigo ($\alpha=20\%$), diminuição da transmitância das paredes externas através da adição de isolamento interno à edificação e diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. | A | 70,54 |
| Caso Eficiente | Melhores resultados de economia energética | A | 69,65 |
| Caso Ineficiente | Piores resultados de economia energética | E | 75,34 |

Fonte: Acervo da Autora, 2017.

Conforme pode ser observado na tabela 33 todos os casos que tiveram nível E não tiveram alterações na transmitância da cobertura. Já todos os ambientes que tiveram nível de eficiência energética A, possuem em comum a modificação da transmitância da cobertura. Logo, pode-se concluir que a única medida de conservação de energia, dentre as propostas, que modifica o nível de eficiência da edificação é a diminuição da transmitância da cobertura do prédio novo. É importante destacar que o caso 5 foi excluído dessa análise uma vez que para o mesmo não houveram variações paramétricas relacionadas a envoltória da edificação.

Já comparando o resultado dos indicadores de consumo com o nível de eficiência, pode-se perceber que os casos com menor consumo energético possuem nível A, são eles: caso eficiente, caso 15 e caso 14. Contudo, percebe-se também que os caso 11, 12 e 10 (nível E), possuíram menores indicadores de consumo do que os casos 8, 9 e 13 (nível A). O caso 8 possui maior consumo energético devido a alteração da cobertura do primeiro pavimento da edificação antiga (de telhas cerâmicas para telhas metálicas sanduíche) e, conforme explicado anteriormente, aquela promove a perda de calor das zonas térmicas em contato direto com ela, enquanto que esta promove pequeno ganho de calor, na hora de pico de resfriamento.

Já os casos 9 e 13, ambos, possuem baixa absorvância da cobertura, enquanto que os casos 12 e 10 apresentam alta absorvância das coberturas. Por fim, pode-se concluir que para obtenção de menores consumos energéticos, do objeto de estudo, é necessário a diminuição da absorvância ou da transmitância do sistema de coberturas, enquanto que para obtenção de melhores níveis de certificação é necessário apenas a diminuição da transmitância das coberturas. Logo, para o caso 10 e 12, nos quais apenas a absorvância das coberturas foram reduzidas (mantendo-se as transmitâncias similares ao caso base) o consumo energético da edificação sofreu redução enquanto que o nível de eficiência se manteve em “E”.

Capítulo 8

“Conclusões”

10 Conclusões

Pesquisas voltadas a compreensão, conservação e otimização da eficiência energética do setor hoteleiro contribuem para o desenvolvimento econômico e sustentável regional e nacional. Dessa forma, com o intuito de contribuir para a criação de informações acerca da eficiência energética nos meios de hospedagem, este trabalho possuiu como objetivo geral identificar medidas de conservação de energia que permitissem a redução do consumo energético de um hotel econômico de pequeno porte situado na cidade de Maceió. Para isso foram realizados: um estudo de caso a respeito dos meios de hospedagem da cidade de Maceió, uma avaliação pós ocupação e simulações computacionais do objeto de estudo.

A partir da pesquisa de referencial teórico, etapa inicial do estudo de caso, foi possível perceber que estudos sobre a eficiência energética, conservação de energia e padrões de consumo energético ainda estão em fase inicial de desenvolvimento no Brasil. O continente europeu destaca-se pelo desenvolvimento de pesquisas voltadas à eficiência energética do setor hoteleiro e a parametrização de diretrizes para otimização do consumo de energia. No Brasil os estudos realizados são geralmente desenvolvidos pelos cursos de graduação e pós-graduação em arquitetura e urbanismo e engenharia civil, tendo como foco principal a identificação da influência entre os elementos do espaço edificado no consumo energético.

Santamouris et. al. (1995) através de pesquisas em 158 hotéis na Grécia concluíram que medidas de conservação de energia e retrofit predial podem reduzir em até 20% o consumo energético da tipologia. Semelhante ao trabalho de Santamouris et. al. (1995) são as conclusões do trabalho de Lima (2007). O autor, estudando medidas de conservação e retrofit predial em edificações hoteleiras situadas na cidade de Natal – RN, concluiu que melhorando a eficiência energética de aparelhos ar-condicionado poder-se-ia reduzir o consumo energético da tipologia em até 28%.

O presente estudo concluiu que, com a combinação de medidas de conservação de energia testadas, a economia pode chegar a 15,5%. Contudo, dentre as medidas pesquisadas por Santamouris et. al. (1995) e Lima (2007) estava a troca de equipamentos de iluminação, aquecimento e resfriamento por equipamentos de maior eficiência energética, medidas que não foram testadas na presente pesquisa.

Através da pesquisa de campo, foi possível identificar as tipologias construtivas da amostra do estudo, revelando a predominância de edificações hoteleiras em Maceió com forma retangular da projeção horizontal, com 3 pavimentos, orientados à leste e percentual de abertura de fachada principal (PAFp) entre 10,1% e 20%. As fachadas principais possuem,

predominantemente, coloração com absorvâncias médias, variando entre 0,5 e 0,75. Os estabelecimentos da amostra também possuem entre 25 e 39 unidades habitacionais e consomem entre 5.327 kWh/mês e 9.627 kWh/mês. A identificação das características predominantes dos meios de hospedagem de uma região é informação fundamental para estudos cujo objetivo é a investigação do desempenho termo energético de edificações. A partir dessas informações foram definidas as tipologias predominantes e a partir delas foi criado o caso base para as simulações computacionais termo energéticas.

Em relação ao consumo de energia real por unidade de área da edificação (kWh/m²) observou-se que o objeto de estudo possui um consumo energético muito inferior ao identificado na pesquisa de referencial teórico. Enquanto o objeto de estudo (real) possui um consumo energético de 74,38 kWh/m², no referencial foi identificado que o consumo da tipologia hoteleira pode variar entre 168,7 kWh/m² a 688,7 kWh/m², em hotéis gregos (SANTAMOURIS et. al., 1995) e em uma média de 126,22 kWh/m², em hotéis situados no nordeste brasileiro (LIMA, 2007). As diferenças encontradas são advindas da diversidade das tipologias hoteleiras estudadas, conforme foi exposto ao longo do referencial teórico os meios de hospedagem, apesar de abrigarem a mesma função, possuem tamanhos, serviços, equipamentos, ocupações e ambientes diversos o que influenciam diretamente em seu consumo de energia.

Através da avaliação pós-ocupação foi possível caracterizar o objeto de estudo e construir o modelo de simulação computacional. Dentre os resultados da avaliação pós-ocupação foi percebido que o comportamento do consumo de energia mensal do objeto de estudo acompanha a taxa de ocupação média mensal. Além disso, foi identificado que os meses de maior ocupação, para o ano de 2016, foram: novembro, dezembro e janeiro, meses em que a temperatura média mensal é acima da média anual da cidade. Logo, pode-se afirmar que, para o objeto de estudo, os meses de maior potencial de economia de energia coincidem com os meses de maior taxa de ocupação.

Mediante a análise dos resultados das simulações é possível perceber que o comportamento do consumo de energia médio mensal acompanha o comportamento da temperatura média do arquivo climático local, resultado compatível com os dados reais levantados na avaliação pós-ocupação. Com base nos resultados das simulações pode-se concluir que o consumo energético do objeto de estudo é intensificado nos meses de maior temperatura média mensal (dezembro à março) tanto devido ao aumento da carga térmica da edificação como pela alta taxa de ocupação identificada nesse período. Resultado semelhante

ao encontrado por Bohdanowicz, Churie-Kallhauge e Martinac (2002), que identificaram forte influência entre o consumo de energia da edificação e a temperatura média externa.

Também foi possível concluir que devido ao percentual de abertura da fachada total (PAFt) do objeto de estudo ser de apenas 7,08%, as medidas de conservação de energia aplicadas às esquadrias possuem pouco efeito sobre os indicadores de consumo de energia, sendo esse atenuado também devido ao entorno da edificação, que produz sombreamento nas superfícies de envoltória em boa parte do dia. Contudo, maiores investigações são necessárias para avaliar o impacto das configurações de entorno no consumo energético do objeto de estudo.

Signor, Westphal e Lamberts (2001) observaram que o sistema de cobertura representa grande influência no consumo energético da edificação, resultado semelhante ao identificado no presente trabalho. Acerca das medidas de conservação de energia testadas foi observado que ao substituir as telhas cerâmicas por telhas metálicas sanduíche houve um aumento no consumo de energia devido ao fato do sistema de cobertura de telhas cerâmicas atuar como dissipador de calor dos ambientes e o sistema de telhas metálicas sanduíche atuar como um provedor de ganho de calor, mesmo esse ganho sendo pequeno (na ordem de apenas 5,01W, no horário de pico de consumo). Dessa forma, nos compressores dos aparelhos de ar-condicionado, situados no primeiro pavimento do prédio antigo (em contato direto com a cobertura de telhas), foi observado um aumento de consumo energético na ordem de 15%, em relação ao caso base. Pode-se concluir então que mesmo a telha metálica sanduíche tendo uma transmitância mais baixa do que a telha cerâmica, as propriedades termo físicas desta são mais adequadas às condições climáticas e configurações arquitetônicas do objeto de estudo.

É importante destacar que segundo o RTQ-C a transmitância ponderada do sistema de cobertura deve estar abaixo de $1,0\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, para obtenção do nível “A” de etiquetagem da envoltória. Contudo, foi observado no presente trabalho que, para o objeto de estudo, a diminuição da absorvância ou transmitância da cobertura tem efeitos semelhantes no consumo energético. Todavia, quando apenas a absorvância é reduzida, a envoltória da edificação é classificada com nível “E”. Isto revela uma incoerência entre o comportamento do consumo energético, resultante da presente pesquisa, e o nível de desempenho resultante da etiquetagem da envoltória. Logo, sugere-se que sejam realizados estudos complementares que investiguem, a partir da variação de parâmetros construtivos, a relação entre o consumo energético e o nível de eficiência, resultante de cada variação.

Com base no consumo energético do sistema de ar condicionado, foi possível identificar que os apartamentos situados no primeiro pavimento do prédio antigo são os que menos consomem energia (devido ao contato direto com o sistema de cobertura de telhas cerâmicas) e os apartamentos do segundo pavimento os que mais consomem energia (devido ao contato direto com a cobertura em laje impermeabilizada). Logo, uma das medidas de gerenciamento resultante do presente trabalho consiste na hierarquia de locação dos quartos, baseada no consumo energético dos mesmos. Dessa forma deve-se priorizar, inicialmente, a reserva dos quartos situados no primeiro pavimento da edificação antiga.

Através da comparação entre os resultados das simulações dos blocos de simulações 1 (medidas individuais) e 2 (medidas combinadas) foi possível concluir que diminuir a transmitância da cobertura do prédio novo ou diminuir a absorvância das coberturas (telhas e laje impermeabilizada) têm como resultado indicadores de consumo energético similares, conforme pode ser constatado através dos resultados dos casos 3, 8 e 9. Considerando que o objeto de estudo possui dois tipos de coberturas diferentes, e que cada uma delas são responsáveis por áreas diversas, resultando em diferentes extensões de atuação das medidas de conservação de energia diferentes, não é possível deduzir qual possui o melhor custo benefício, sendo necessário uma análise financeira mais aprofundada.

Devido ao sombreamento proveniente das edificações de entorno, grande parte das superfícies verticais da envoltória são sombreadas durante o dia, uma vez que o objeto de estudo, que é predominantemente horizontal, está inserido em uma configuração urbana onde as edificações de entorno possuem, em média, 9 pavimentos. Dessa forma, pode-se concluir que, considerando as características do objetivo de estudo, do ponto de vista da economia no consumo energético anual, aplicar medidas de conservação de energia nas coberturas da edificação acarreta em uma melhor economia energética do que aplicar medidas de conservação nas superfícies verticais de envoltória.

A respeito do potencial de economia de energia foi observado que a medida que obteve maior redução de consumo foi a diminuição de temperatura de configuração do sistema de ar-condicionado, podendo reduzir em até 15,5% o consumo energético mensal e em até 12,2% o consumo médio anual. Resultado semelhante ao identificado por Bohdanowicz e Martinac (2002) que observaram uma economia energética de 10% ao diminuir 1°C da temperatura interna do ambiente.

Já analisando apenas as medidas de retrofit de características arquitetônicas, através da análise entre os casos eficiente e ineficiente, pode-se concluir que a economia de consumo

energético médio anual pode chegar a até 7,6% e a economia do consumo de energia mensal a até 9,8%. É relevante ressaltar que para a escolha das medidas de conservação de energia, adotadas no presente trabalho, foi utilizado como pré-requisito a mínima interferência possível à rotina do estabelecimento, pois foi considerada a viabilidade da implementação delas em um meio de hospedagem em pleno funcionamento, sendo essa uma das limitações do presente trabalho. Destaca-se também que, em edifícios já construídos, soluções de adequação bioclimática e de melhoria termo energéticas possuem resultados menos eficazes e maior custo de implementação do que em edificações novas. Portanto, frisa-se a importância da adoção de estratégias de adequação climáticas ainda na fase de concepção projetual.

Finalmente, pode-se recomendar, para o objeto de estudo e edificações em condições de configuração arquitetônica, climática e morfológica semelhantes, a adoção de medidas de conservação de energia gerencial que incentivem os hóspedes e funcionários a manter seus aparelhos de ar condicionados em temperaturas superiores a 22°C. Areladas a essas, também se propõe que sejam adotadas medidas de conservação de energia relacionadas à envoltória da edificação, sendo essas medidas simples que podem ser realizadas durante a manutenção periódica da edificação sem custos adicionais ao orçamento do empreendimento, e que trazem uma redução mensal do consumo de energia de até 3,2% (representadas pelo caso 10): redução da absorvância das paredes de envoltória e do sistema de coberturas, ou seja, a realização de pintura com cor clara.

10.1 Sugestões de trabalhos futuros

Com base nos resultados do presente trabalho, sugere-se para trabalhos futuros:

- a) Analisar quantitativamente o impacto econômico das medidas de conservação de energia e verificar a viabilidade de implementação das mesmas.
- b) Analisar a variação da taxa de ocupação da edificação para quantificar seu impacto no consumo energético da edificação.
- c) Analisar a variação do percentual de aberturas na fachada da tipologia no consumo energético.
- d) Simular a variação gradual das temperaturas de *setpoint* analisar a relação entre o conforto térmico dos usuários e o comportamento do consumo energético resultante.
- e) Analisar a variação do COP (coeficiente de performance) e das potências nominais do sistema de ar condicionado no consumo energético das tipologias.

- f) Realizar maiores variações de entorno do objeto de estudo, com a finalidade de quantificar o impacto da configuração morfológica do entorno no comportamento do consumo energético e no impacto das medidas de conservação de energia em meios de hospedagem.
- g) Realizar estudo semelhante para as demais tipologias de meios de hospedagem existentes (hotéis de grande e médio portes, resorts, albergues e etc.).
- h) Realizar estudo semelhante para os diversos climas existentes no território brasileiro e comparar o impacto das medidas de conservação de energias propostas.

Referências:

ALAGOAS. Secretaria de estado do turismo. **Plano estratégico de desenvolvimento do turismo - Resumo Executivo: 2013-2023.** Disponível em: <<http://dados.al.gov.br/dataset/plano-estrategico-de-desenvolvimento-do-turismo-resumo-executivo-2013-2023/resource/ea3be5a9-4abb-4b23-a664-8ca13dc02916>>. Acesso em:

_____. **Um olhar sobre o turismo de Maceió – resumo executivo: Oferta x Demanda.** Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.maceioconvention.com.br/repositorio/2016/08/um-olhar-sobre-o-turismo-Maceio-web.pdf>>. Acesso em: 06 de abr. 2017.

ALAGOAS. Secretaria do planejamento, gestão e patrimônio. **Estudo para o desenvolvimento do turismo sustentável no litoral alagoano.** Maceió, 2015. Disponível em: <<http://www.dados.al.gov.br/it/dataset/39e70e25-4d9c-4680-b9e8-d709de9f0f94/resource/1609ca65-18fb-40b5-9088-750c127fee0a>>. Acesso em: 11 de jul. 2017.

ANSI ASHRAE STANDARD 55-2013. **Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2013.

ANDRADE, N.; BRITO, P. L.; JORGE, W. E. **HOTEL: Planejamento e projeto.** São Paulo: Editora SENAC, 9ª ed., 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitação unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005. 23p.

_____. **NBR 15401: Meios de Hospedagem – Sistema de Gestão e Sustentabilidade – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2006.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural.** 4. Ed. Rev. Maceió: EDUFAL, 2015.

_____. **3º Projeto Revisão da NBR 16-401-2: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Rio de Janeiro, 2016; 85p.

_____. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais desempenho: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013. 60p.

BOHDANOWICZ, P.; CHAURIE-KALLHAUGE, A.; MARTINAC, I. **Energy-efficiency and conservation in Hotels – Towards sustainable tourism**. In: International symposium on Asia pacific architecture “Sensible Design and Smart Practice”, 4, 2001. Manoa. 2001.

BOHDANOWICZ, P.; MARTINAC, I. **Energy-efficiency and conservation in Hotels – Towards sustainable tourism**. In: Conference on Biometeorology and aerobiology & 16th Internacional Congresso n Biometeorology, 15, 2002. Portland. 2002.

BOTTAMEDI, M. G. **Avaliação da eficiência energética de hotéis de quatro estrelas em Florianópolis**: Aplicação do programa de etiquetagem de edificações. 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Turismo. Meios de Hospedagem: Estrutura de consumo e impactos na economia – Relatório final. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/economia-do-turismo/meios-de-hospedagem.html>>. Acesso em: 09 de abr. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional: relatório síntese – ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 28 de jul. 2017.

BRASIL. Ministério do turismo. **Plano Nacional do Turismo 2013-2016**: o turismo fazendo muito mais pelo Brasil. Disponível em: <http://www.turismo.gov.br/images/pdf/plano_nacional_2013.pdf>. Acesso em: 23 de ago. 2017.

_____. **Roteiros do Brasil**: Programa de regionalização do turismo. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.turismo.gov.br/aceso-a-informacao/63-aco-es-e-programas/4882-programa-de-regionalizacao-do-turismo.html>>. Acesso em: 18 de ago. 2017.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de meios de hospedagem: Cartilha de orientação básica**. Brasília, 2010. Disponível: <<http://www.classificacao.turismo.gov.br/MTUR-classificacao/mtur-site/>>. Acesso em 30 de ago. 2016.

BORGSTEIN, E; LAMBERTS, R. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação**. In: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/>>. Acesso em: 07 de out. 2015.

BUORO, A. B. **Conforto térmico e eficiência energética em Hotéis Econômicos**. 2008. 240 f. Dissertação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo. 2008.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 2008. 196 f. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Santa Catarina. 2008.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Programa nacional de conservação de energia elétrica**. In: PROCEL INFO. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 10 de mar. 2017.

CONTO, S. M.; BONIN, S.M.; FOLETTTO, S.; ZOCHOLINI, C. A.; PEREIRA, G. S. Gestão da sustentabilidade em meios de hospedagem certificados pela NBR 15.401: Canela/RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GESTÃO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS TURÍSTICOS, 2., 2015, Canela. **Anais...** Canela: UCS, 2015.

DENG, S. BURNETT, J. A study of energy performance of hotel buildings in Hong Long. **Energy and Buildings** 31 (2002) 7-12, 2002.

DENG, S. Energy and water uses and their performance explanatory indicators in hotels in Hong Long. **Energy and Buildings** 31 (2003) 775-784, 2002.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resenha mensal do mercado de energia elétrica. Rio de Janeiro, n. 118, jul. 2017. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 17 de ago. 2017.

ENERGY PLUS. 2017. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em 25 de mar. 2017.

ENERGY STAR®. **Building Manual**. Facility Type: Hotels and Motels. Estados Unidos, 2007. Disponível em: <www.energystar.gov/>. Acesso em: 27 jun. 2017.

ENERGY STAR®. **Portifólio Manager: energy use in hotels**. Estados Unidos, 2015. Disponível em: <www.energystar.gov/DataTrends>. Acesso em: 26 jun. 2017.

FERREIRA, G. E.; SUZUKI, E. H.; PRADO, R. T. A. Efeitos da temperatura operativa e do nível de CO₂ no consumo de energia em ambientes artificialmente climatizados. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...Minas Gerais: ANTAC.** p. 1025-1033.

GIAN F. A.; CANAAN R. P. Estudo de aplicações do turismo sustentável destinado à valorização do território brasileiro. Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2., 2009. São Paulo. **Anais...São Paulo.** 2009.

GUZMÁN, L. A. R. Design Influences on Thermal Gain and Energy Expenditure in Hotel's Guestroom in Cuba. In: Conference on Passive and Low Energy Architecture, 20., 2003. Chile. **Anais...Chile: PLEA,** 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Serviços de Hospedagem 2016. Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/psh/tabelas>>. Acesso em: 17 de jun. 2017.

_____. Países. Disponível em: <<http://paises.ibge.gov.br/#/pt>>. Acesso em: 8 de set. 2017.

INMET – Dados Históricos. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 de ago. 2017.

INMET. Normais Climatológicas. Gráficos climatológicos 1931 a 1990. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 16 de nov. 2016.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.** Eletrobrás, 2010.

_____. **Anexo Geral V** – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>>. Acesso em: 16 de nov. 2016.

JLL's HOTEL & HOSPITALITY GROUP. **Hotelaria em números 2016.** São Paulo: 2016. Disponível em: <<http://www.jll.com.br/brazil/pt-br/relatorios/127/hotelaria-em-numeros-2016>>. Acesso em: 06 de mar. 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Software Sol-Ar. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>>. Acesso em: 10 de ago. de 2017.

LIMA, G. **Influência de variáveis arquitetônicas no desempenho energético de hotéis no clima quente e úmido da cidade de Natal/RN.** 2007. 162 f. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Natal, Rio Grande do Norte. 2007.

KONIS, K.; ZHANG, L. **Occupant-aware energy management: Simulated energy savings achievable through application of temperature setpoints learned through end-user feedback.** ASHRAE and IBPSA-USA Simbuid. 2016. Building performance modelling conference. Salt Lake City, UT. 2016.

LYRA, M. G.; GOMES, R. C.; JACOVINE, L. A. G. O papel dos stakeholders na sustentabilidade da empresa: contribuições para construção de um modelo de análise. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 13, p. 39-52, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/rac>>. Acesso em: 15 de jul. 2017.

MAIA, R. G. X. Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió. 2016. 99f. Dissertação – Universidade Federal de Alagoas, Programa de pós-graduação em meteorologia. Maceió. Alagoas. 2016.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva.** Viçosa, BH: UFV, 1995.

MAIA, R. G. X. **Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió.** 2016. 99 f. Dissertação. (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2016.

MATOS, J. K. E. de; COSTA, M. A. N. Sustentabilidade nos meios de hospedagem no Brasil: A norma NBR 15401:2006. In: CONGRESSO DE ARQUITETURA, TURISMO E SUSTENTABILIDADE, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto de Arquitetos do Brasil, 2012.

MELO; WESTPHAL; MATOS. **Apostila do curso básico do programa EnergyPlus.** LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2009.

MENDES, N.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; CUNHA NETO, J. A. B. da. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, c. 5, n. 4, p. 47-68, out. 2005.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. ONU declara 2017 o Ano Internacional do Turismo Sustentável para o Desenvolvimento. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-declara-2017-o-ano-internacional-do-turismo-sustentavel-para-o-desenvolvimento/>>. Acesso em: Jun, 2017.

NEPOMUCENO, T. M. V. **Estudo da implementação de medidas de eficiência energética num hotel**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

OLIVEIRA, M. **A influência dos eventos na taxa de ocupação hoteleira: Study Case – Montebelo Viseu Hotel & Spa**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Turismo) - Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Estoril, 2014.

ORNSTEIN, S. W.; BRUNA, G.; ROMÉRO, M. **Ambiente construído & comportamento: Avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Nobel, 1995.

OXFORD ECONOMICS. **The global economic contribution of TripAdvisor**. 2016. Disponível em: <https://d2bxpc4ajzxry0.cloudfront.net/TripAdvisorInsights/sites/default/files/downloads/2687/taoxford_tripadvisor_globalreport_2016.pdf>. Acesso em: 05 de abr. 2017.

PARPAIRI, K. **Sustainability and energy use in small scale greek hotels: energy saving strategies and environmental policies**. Revista Procedia Environmental Sciences, Atenas, v. 38, p. 169-177, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029617301032>>. Acesso em: 21 de ago. 2017.

PASSOS, I. C. da S. **Climate and architecture in Alagoas: bioclimatic design strategies in Maceió, Palmeira dos índios and Pão de Açúcar**. 2009. 175 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

RUPP, R. F.; VECCHI, R. de; ASMUS, B.; CÂNDIDO, C.; GHISI, E. **Aplicabilidade do modelo PMV/PPD para avaliação de conforto térmico em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em Florianópolis/SC**. In: XIII Encontro Nacional Latino Americano de conforto no Ambiente Construído, 13, 2015, Campinas. Anais...Campinas: ENCAC, 2015.

SANTAMOURIS, M.; BALARAS, C.A.; DESCALAKI, E.; ARGIRIOU, A.; GAGLIA, A. Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotel. Energy and Buildings. v. 24. p. 65-75. Out. 1995.

SANTANA, M. V. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritórios localizados em Florianópolis-SC.** Florianópolis, 2006. 183p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

SEDETUR. (Alagoas). **Cadastur.** Disponível em: <<http://www.cadastur.turismo.gov.br>>. Acesso em: 31.03.2017.

SIGNOR, R.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Regression Analysis of electric energy consumption and architectural variables of conditioned commercial buildings in 14 brazilian cities.** In: International IBPSA Conference, 7., 2001. Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro. 2001.

TRIP ADVISOR BRASIL. In: Eco Líders. 2016. Disponível: <<https://www.tripadvisor.com.br/GreenLeaders>>. Acesso em: 30 de set. 2016.

UNITED NATION WORLD TOURISM ORGANIZATION. 2017 International Year Of Sustainable Tourism for Development. Disponível em: <<http://www.tourism4development2017.org/>>. Acesso em: Jun, 2017.

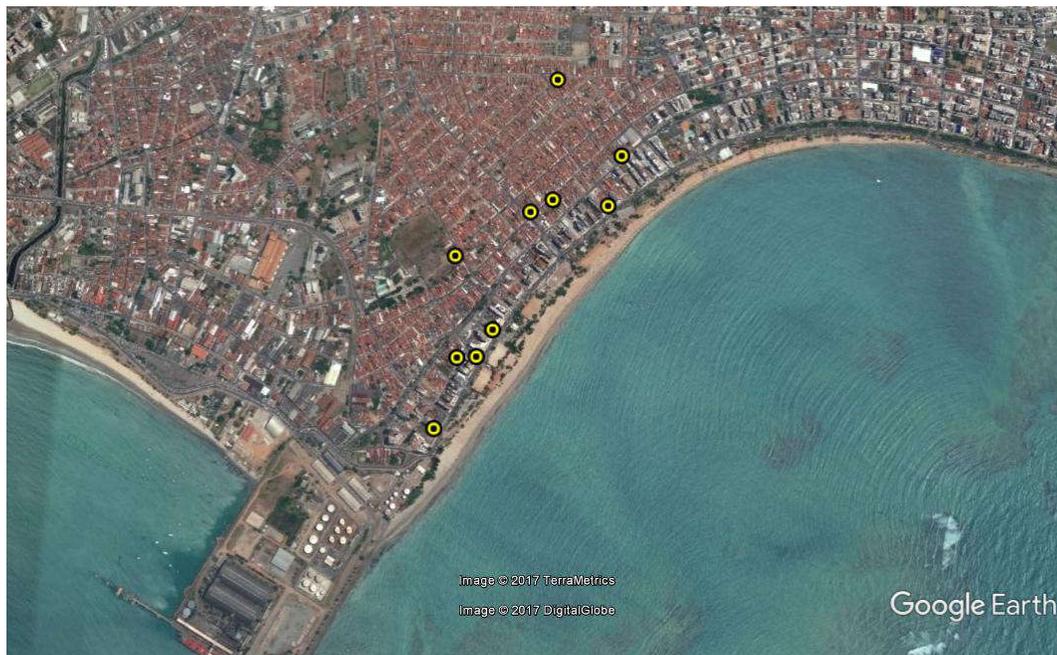
UNITED NATIONS. General Assembly. Resolução 42/187, de 1987. Report of the World Commission on Environment and Development. 1987. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>. Acesso em: 05 de mai. 2017.

VELOSO, M. D.; ELALI, G. A. Uma avaliação da eficiência energética em edificações hoteleiras em Natal/RN. Núcleo de pesquisas em tecnologia da arquitetura e urbanismo da universidade de São Paulo. São Paulo. NUTAU. 2004.

VELOSO, M.; SANTOS, D.; LIMA NETO, V. C. Conforto ambiental na arquitetura hoteleira do nordeste do Brasil: Sol, mar e ar...condicionado. In: Encontro Nacional e III encontro latino-americano sobre conforto no ambiente construído, 6., 2001. São Pedro. **Anais...**São Paulo:ANTAC, 2001.

Apêndice 1

Hotéis do universo do estudo situados no bairro Pajuçara.



Fonte: Google Earth, Adaptador pela Autora, 2017.

Hotéis do universo do estudo situados no bairro Ponta Verde.



Fonte: Google Earth, Adaptador pela Autora, 2017.

Hotéis do universo do estudo situados no bairro Cruz das Almas.



Fonte: Google Earth, Adaptador pela Autora, 2017.

Hotéis do universo do estudo situados no bairro Jatiúca. Detalhe em vermelho para o hotel do estudo de caso.



Fonte: Google Earth, Adaptador pela Autora, 2017.

Apêndice2

Perguntas e Parâmetros a serem atendidos pelo programa de certificação Ecolíder da TripAdvisor (Fonte: Ecolíder TripAdvisor, 2015).

A respeito da eficiência energética o programa pergunta, propõe e expõe o seguinte:

- Pelo menos 90% dos utensílios dos apartamentos são certificados pelo Procel?
- Pelo menos 75% dos utensílios da cozinha/restaurante possuem certificação Procel?
- Pelo menos 75% das máquinas de lavar da lavanderia do hotel possuem selo Procel? (seja ela interna ou terceirizada).
- Pelo menos 75% das secadoras de roupa da lavanderia do hotel possuem selo Procel? (seja ela interna ou terceirizada).
- Pelo menos 50% das janelas externas possuem uma das seguintes características?
 - Vidro Duplo
 - Vidro Low-E
 - Isolamento por gás Krypton/Argônio
 - Transmissividade menor do que 0,35
- Possui Piscina, Jacuzzi ou SPA com aquecimento?
- O aquecimento de sua Piscina, Jacuzzi ou SPA são provenientes de energia solar?
- Possui isolamento nas Piscinas/Jacuzzi aquecidas?
- As temperaturas de resfriamento dos condicionadores de ar da propriedade estão configuradas para 22°C ou superior?
- As temperaturas de aquecimentos dos condicionadores de ar da propriedade estão configuradas para 22°C ou inferior?
- As unidades habitacionais possuem controle de termostato controlados individualmente para que os hóspedes possam ajustar a temperatura?
- A temperatura mínima possível de resfriamento de configuração do termostato é de 22°C ou maior?
- A temperatura mínima possível de aquecimento de configuração do termostato é de 22°C ou menor?
- Possui alguns dos seguintes equipamentos aquecimentos/resfriamento (HVAC) que maximizam a eficiência:
 - A caldeira de aquecimento possui eficiência > 88% (conforme diretivas da EU 92/42/EEC)
 - A eficiência energética da bomba de aquecimento possui classificação A pela UE, Ecolabel, ENERGY STAR, Eurovent Certified ou outra certificação equivalente?
- Possui manutenção preventiva, pelo menos trimestralmente, de equipamento de energia e água? (Ex.: HVAC, Iluminação, encanamento, sistema de irrigação, etc.).
- Utiliza de controle automático de iluminação, como sensores de presença/de luz diurna, em pelo menos 50% da área de superfície?
- Pelo menos 90% das unidades habitacionais possuem mecanismo (como sensor de ocupação ou interruptor com chave cartão) que automaticamente:
 - Desliga as luzes do apto., quando desocupado?
 - Desliga os equipamentos do apto., quando desocupado?
 - Abre/Fecha cortinas?
 - Retorna a temperatura de configuração original do sistema de aquecimento/resfriamento do apto., quando desocupado?
- A edificação possui alguma das seguintes estratégias arquitetônicas que reduz o consumo de energia com aquecimento e resfriamento dos ambientes?

- Sombreamento de Janelas
 - Sombreamento de Árvores
 - Película nas Janelas
- Possui alguma das seguintes tecnologias de energia renováveis?
 - Painéis fotovoltaicos
 - Turbinas Eólicas
- Se sim, qual o percentual de energia gerada anualmente, em relação ao consumo total da propriedade? (O guia de certificação dá opção que variam de 1% a até > 31%).
- Qual o principal combustível utilizado no gerador de energia (se tiver)? Gás propano ou natural, biodiesel, diesel ou gasolina?
- O estabelecimento possui uma das seguintes tecnologias de aquecimentos/resfriamento:
 - Placas solar para aquecimento de água?
 - Unidade de recuperação de calor residual?
 - Aquecimento/resfriamento geotérmico ou fonte de calor subterrâneo?
 - Sistemas de cogeração de energia?

Apêndice3

Modelo de questionário aplicado aos hóspedes.



Universidade Federal de Alagoas
 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
 Mestra em Dinâmica do Espaço Habitado
 Discente: **Natalia Moura Gomes Leal**
 Orientadora: **Juliana Oliveira Batista**

Prezado Hóspede,

Esse questionário faz parte de uma pesquisa do curso de Arquitetura e Urbanismo realizado pela aluna Natalia Leal vinculada ao mestrado acadêmico da Universidade Federal de Alagoas. O objetivo desse documento é investigar a influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de um hotel de pequeno porte situado na cidade de Maceió - AL. O senhor(a) não é obrigado a responder todas as perguntas e poderá parar de responder o questionário a qualquer momento. Sua identificação não é necessária e a entrega desse questionário à recepção do hotel será seu consentimento em conceder suas respostas à pesquisa.

Questionário de Opinião Pública Respondido em: ____/____/____.

- 1) Sexo: () Homem () Mulher
- 2) Quantos anos você tem? _____
- 3) Em que cidade você mora? _____
- 4) Qual sua profissão? _____
- 5) Qual sua renda mensal média? _____
- 6) Quantas pessoas estão no mesmo quarto que você? _____
- 7) Qual o motivo de sua viagem? () Lazer () Trabalho () Outro _____
- 8) De que horas você toma café da manhã? _____
- 9) Você deixa as lâmpadas do apartamento ligadas ao sair? () Sim () Não
- 10) Você deixa os aparelhos eletrônicos ligados ao sair para o café da manhã? () Sim () Não
Quais? _____
- 11) Você deixa algum aparelho eletrônico ligados ao sair do hotel? () Sim () Não
Se sim, qual (quais)? _____
- 12) Você utiliza o frigobar? () Sim () Não
- 13) Você utiliza secador de cabelo? () Sim () Não
- 14) Você prefere tomar banho: () Frio () Quente
- 15) Qual é a duração do seu banho, geralmente? _____
- 16) Você utiliza o Ar- Condicionado? () Sim () Não
- 17) Qual a temperatura que você geralmente coloca o ar-condicionado? _____
- 18) Quando você chega em seu apartamento (do hotel), qual é a sua sensação? (Assinale um dos quadrinhos abaixo)

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  Frio |  Pouco de frio |  Normal |  Pouco de Calor |  Calor |
|---|--|---|--|--|

- 19) Você liga o ar condicionado quando (podem ser marcados mais de uma opção):
 () Chego no apartamento () Quando sinto calor () Quando vou dormir
 () Não ligo o ar- condicionado.
- 20) Ao dormir você sente: (Assinale um dos quadrinhos abaixo).

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
|  Frio |  Pouco de frio |  Normal |  Pouco de Calor |  Calor |
|---|--|---|--|--|

- 21) Você utiliza alguma medida para conservação de energia em sua residência? () Sim () Não
Se sim, qual? _____

Apêndice 4

Componentes Construtivos do Hotel Ciribai (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

| Elementos Construtivos | Materiais Utilizados |
|--|--|
| Parede | <ul style="list-style-type: none"> • Massa corrida para aplicação da pintura 0,5cm de espessura – Aplicação interna e externa • Reboco 2cm de espessura – Aplicação interna e externa. • Chapisco 0,5cm de espessura – Aplicação interna e externa • Bloco cerâmico de 6 furos |
| Cobertura (Hotel Antigo) – Áreas de circulação | <ul style="list-style-type: none"> • Telha Colonial não esmaltada • Madeiramento de cobertura convencional. |
| Cobertura (Hotel Antigo) - UHs | <ul style="list-style-type: none"> • Telha Colonial não esmaltada • Madeiramento de cobertura convencional. • Laje de concreto armado com 15 cm de espessura • Reboco interno com 2 cm de espessura • Massa corrida para aplicação de pintura interna com 0,5cm de espessura. |
| Cobertura (Hotel Novo) | <ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de cimento com 5 cm de espessura. • Impermeabilização com manda asfáltica com 2 cm de espessura. • Laje de concreto armado com 15 cm de espessura. • Câmara de ar com espessura de 20cm. • Placas de gesso com 2 cm de espessura. • Aplicação de massa corrida com 0,2cm de espessura. • Pintura impermeabilizante da placa de gesso. |
| Piso (Térreo) | <ul style="list-style-type: none"> • Laje de piso com aproximadamente 20cm de espessura, feita em concreto armado. • Contra piso de 5 cm de espessura. • Argamassa de assentamento com 2 cm de espessura • Cerâmica clara com, aproximadamente, 1cm de espessura |
| Laje (Entre Pavimentos) | <ul style="list-style-type: none"> • Laje de piso com aproximadamente 15cm de espessura, feita em concreto armado. • Contra piso de 5 cm de espessura. • Argamassa de assentamento com 2 cm de espessura • Cerâmica clara com, aproximadamente, 1cm de espessura. • Câmara de ar com espessura de 20cm. • Placas de gesso com 2 cm de espessura. • Aplicação de massa corrida com 0,2cm de espessura. <li style="text-align: center;">• Pintura impermeabilizante da placa de gesso. |

Absortância aproximada das cores que compõe a cobertura do Hotel Ciribaí (Fonte: ABNT NBR 15.220-2, 2003).

| Cor do Material – Real | Total |
|-----------------------------------|--------------------|
| Telha cerâmica | 0,80 ou 80% |
| Concreto | 0,8 ou 80% |

Apêndice 5

Estimativa de horas de funcionamento por tipo de equipamento (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

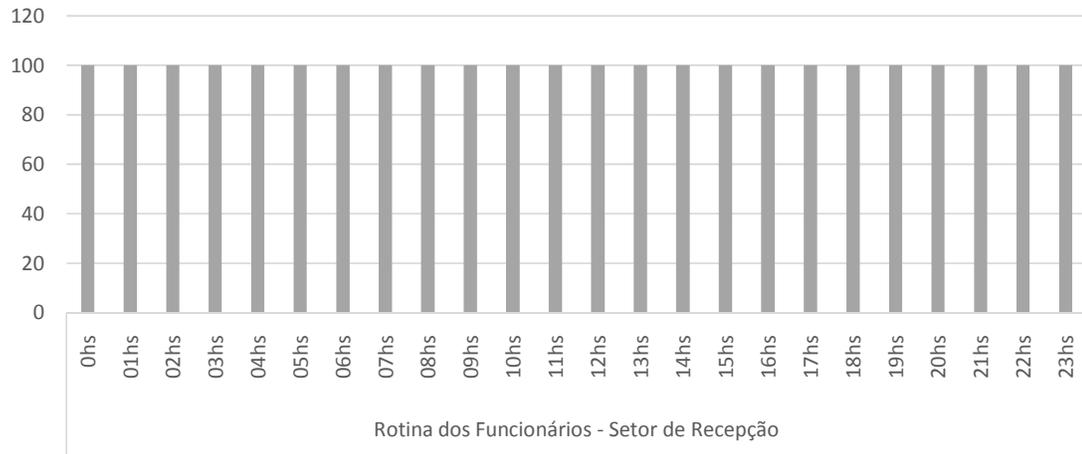
| Ambiente | Equipamento | Horas de funcionamento totais diário |
|-------------------------------|------------------------------|---|
| Gerencia | Ar condicionado | 9hs |
| Restaurante | | 4hs |
| Administração | | 6hs |
| Apto's | | 12,5hs |
| Gerência | Iluminação | 8hs |
| Restaurante | | 5hs |
| Administração | | 3,16hs |
| Recepção | | 8,5hs |
| Corredores | | 6hs |
| Área técnica | | 0,5hs |
| Cozinha | | 8hs |
| Despensa | | 0,5hs |
| Vestiário | | 3hs |
| W.C. funcionários | | 2hs |
| W.C Sociais | | 3hs |
| Rouparia | | 1hs |
| Área de Serviço | | 1hs |
| Corredor do 1º Pavto. | | 5hs |
| Rouparia do 1º Pavto. | | 0,5hs |
| Corredor do 2º Pavto. | | 5hs |
| Escadas (1º Andar) | | 7hs |
| Escada (2º Andar) | | 5hs |
| Espaço Aberto 2º Andar | | 2hs |
| Apto | | 4hs |
| W.C's dos Apto's | 1h | |
| Agência | Computador + impressora | 8hs |
| | Computador + Computador | 8hs |
| | Celular - Tomada | 4hs |
| Restaurante | Cafeteira Industrial | 4,5hs |
| | Sanducheira | 0,5hs |
| Administração | Computador | 9hs |
| | Celular - Tomada | 4hs |
| | Frigobar | 12hs |
| Recepção | Ventilador de teto | 18hs |
| | Computador | 24hs |
| | Telefone | 24hs |
| | Máq. Cartão | 24hs |
| | Ventilador de Piso | 12hs |
| | Tomada - Celular | 14hs |
| Circulação Térreo | Detector Fumaça | 24hs |
| Área Técnica | Estbilizador | 24hs |
| | Televisão | 1hs |
| | Switch | 24hs |
| | Quadro de Ponto | 2hs |
| | Gravador de Videos - Cameras | 24hs |
| | Decodificador GVT | 24hs |

| | | |
|----------------------------------|----------------------|---------|
| | roteador | 24hs |
| | PABX | 24hs |
| Cozinha | Batedeira | 0,25hs |
| | Microondas | 0,333hs |
| | Geladeira | 24hs |
| | Geladeira | 24hs |
| | Freezer | 24hs |
| | Liquidificador | 0,25hs |
| | Maq. Suco | 0,1hs |
| | Gelágua | 3hs |
| | Detector Fumaça | 24hs |
| Espaço dos Funcionários | Tomada - Celular | 2hs |
| Circulação Segundo Andar | Detector Fumaça | 24hs |
| Circulação Terceiro Andar | Detector Fumaça | 24hs |
| Apto's | Televisão | 1hs |
| | Frigobar | 12hs |
| | Exaustor | 0,5hs |
| | Tomada para celular | 8hs |
| | Tomadas | 0,5hs |
| | Decodificador da NET | 1hs |

Apêndice 6

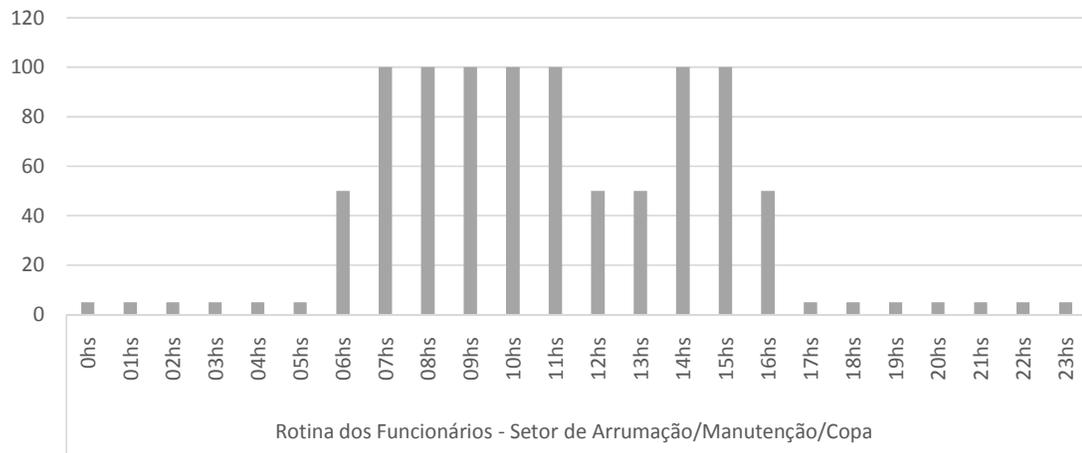
Rotina de Trabalho Funcionários – Front Office (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Rotina de funcionários - Setor Receptivo



Rotina de Trabalho dos Funcionários - Setor de Serviços (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

Rotina dos Funcionários - Setor de Arrumação/Manutenção/Copa



Apêndice 7

Configuração das superfícies externas do caso 6.

| Elementos | Rugosidade | Espessura (cm) | Condutividade (W/m.k) | Densidade (Kg/m ³) | Calor Específico (J/kg.K) |
|---|--------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Paredes | | | | | |
| Reboco | MediumSmooth | 5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Tijolo | Rough | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Resistência da câmara de ar | - | | | | |
| Tijolo | Rough | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Reboco | MediumSmooth | 5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Placa de Poliestireno expandido moldado | MediumSmooth | 8 | 0,040 | 25 | 1420 |
| Placa de MDF | MediumSmooth | 1,8 | 0,17 | 700 | 2300 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

Configuração dos materiais das superfícies externas do caso 7.

| Elementos | Rugosidade | Espessura (cm) | Condutividade (W/m.k) | Densidade (Kg/m ³) | Calor Específico (J/kg.K) |
|-----------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Paredes | | | | | |
| Reboco | MediumSmooth | 2,5 | 1,15 | 2000 | 1000 |
| Poliestireno Expandido | MediumSmooth | 3,0 | 0,040 | 25 | 1420 |
| Tijolo | Rough | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Resistência da câmara de ar | - | | | | |
| Tijolo | Rough | 2,5 | 0,9 | 1600 | 920 |
| Reboco | MediumSmooth | 5 | 1,15 | 2000 | 1000 |

Fonte: Acervo da Autora, 2018.

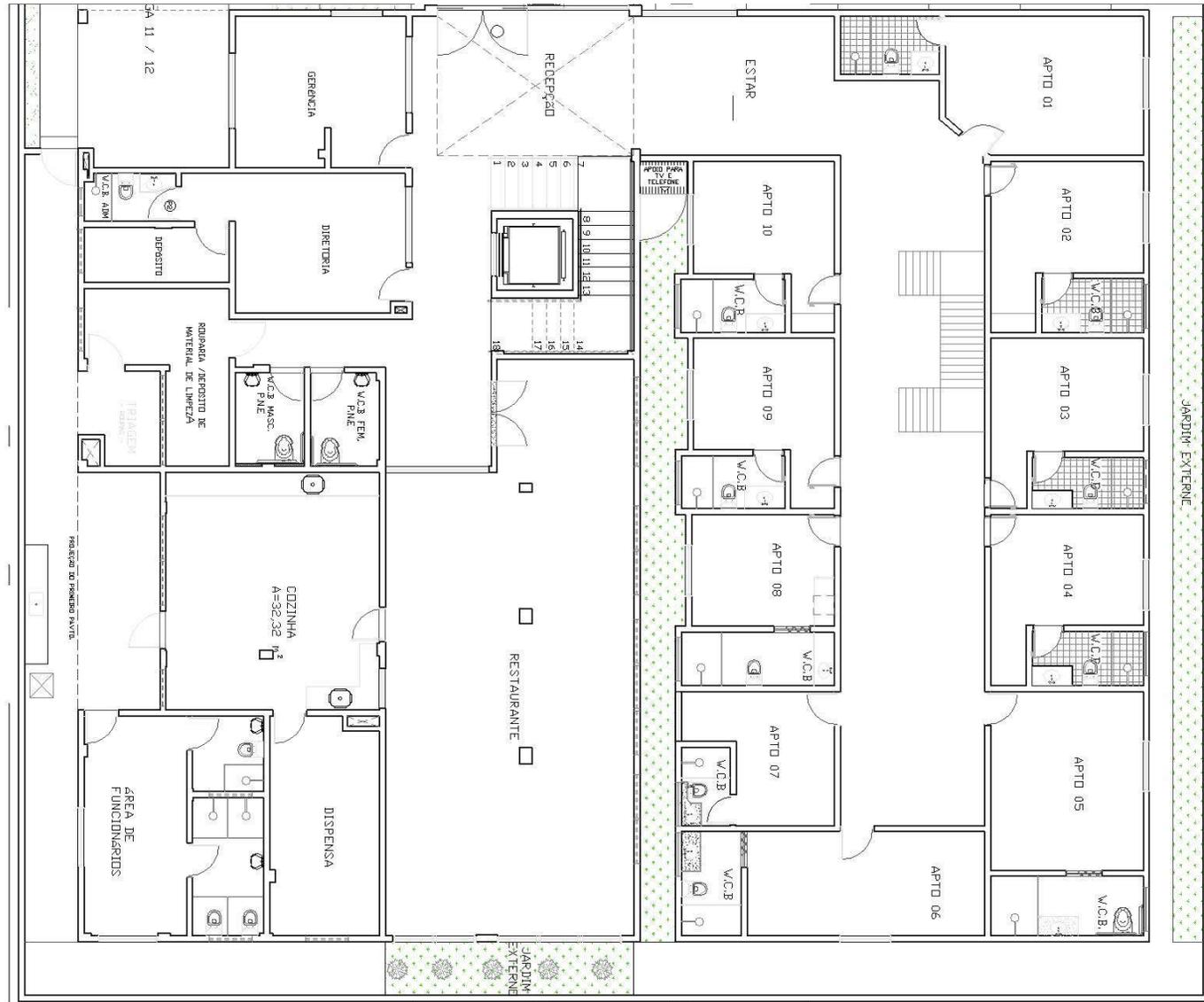
Configuração da coberturas do caso 8.

| Elementos | Rugosidade | Espessura (cm) | Condutividade (W/m.k) | Densidade (Kg/m ³) | Calor Específico (J/kg.K) |
|--------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Cobertura Prédio Antigo | | | | | |
| Telha Ceramica | Rough | 1 | 1 | 1800 | 920 |
| Câmara de Ar | - | 5,0 | - | - | - |
| Laje de Concreto | VeryRough | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Cobertura Prédio Novo | | | | | |
| Telha Metálica | Smooth | 0,1 | | | |
| Poliestireno | MediumSmooth | 4,0 | 0,040 | 25 | 1420 |
| Câmara de Ar | - | 5,0 | - | - | - |
| Laje de Concreto | VeryRough | 20 | 1,75 | 2400 | 1000 |
| Placa de gesso | MediumRough | 2 | 0,35 | 1000 | 840 |

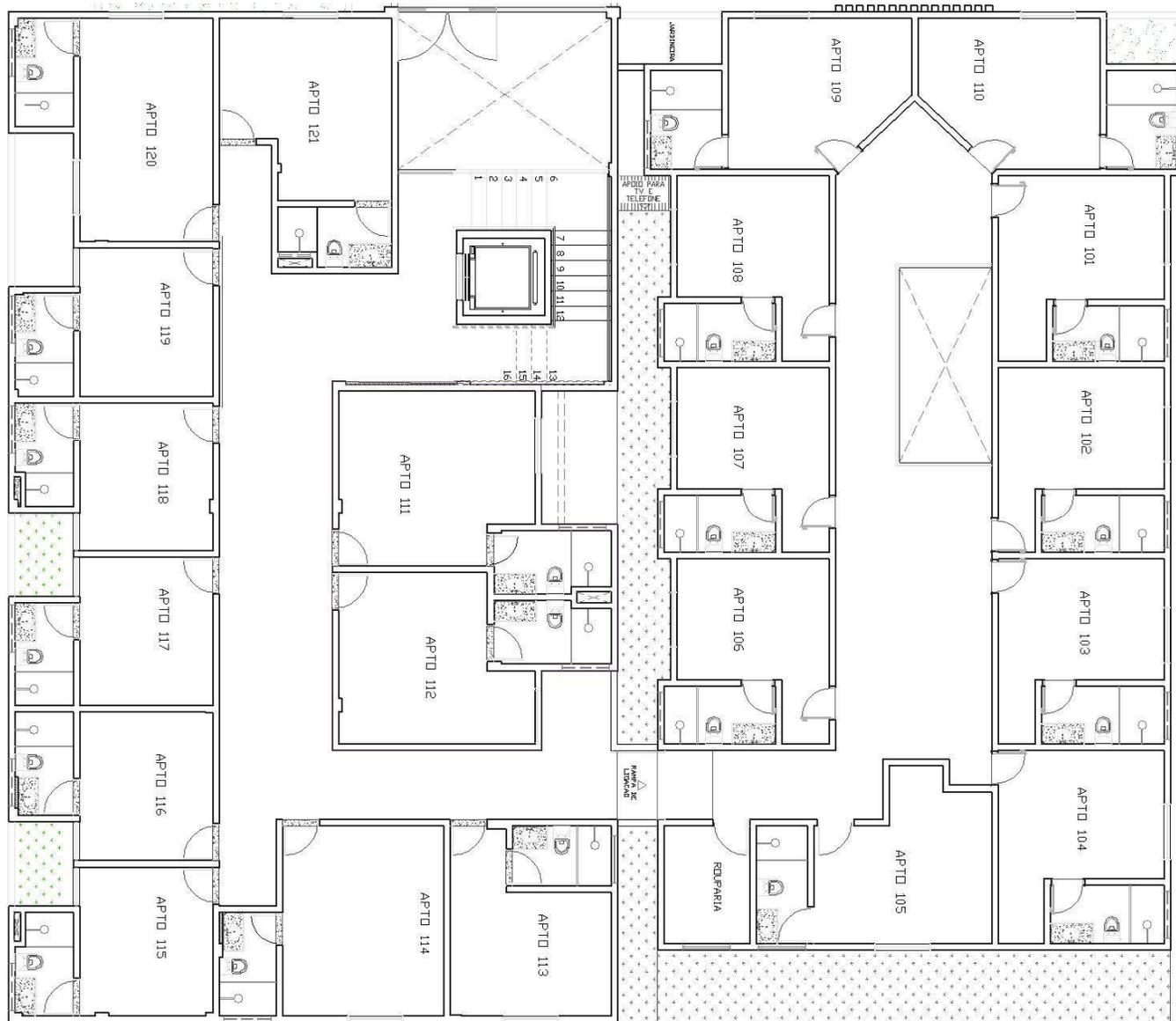
Fonte: Acervo da Autora, 2018.

Anexo 1

Planta baixa do Térreo (Fonte: Acervo da Autora, 2017).



Planta baixa do 1º Pavto. (Fonte: Acervo da Autora, 2017).



Planta baixa do 2º Pavto. (Fonte: Acervo da Autora, 2017).



Planta baixa da cobertura (Fonte: Acervo da Autora, 2017).

