

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**IMPACTO ECONÔMICO DO USO DE AR
CONDICIONADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NA
CIDADE DE MACEIÓ/AL.**

Ricardo Sérgio Neves Leão Júnior

**MACEIÓ
2008**

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

Ricardo Sérgio Neves Leão Júnior

**IMPACTO ECONÔMICO DO USO DE AR
CONDICIONADO EM EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS NA CIDADE DE MACEIÓ/AL.**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt

**MACEIÓ
2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA

Ricardo Sérgio Neves Leão Júnior

**IMPACTO ECONÔMICO DO USO DE AR CONDICIONADO
EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS NA CIDADE DE
MACEIÓ/AL.**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. LEONARDO SALAZAR BITTENCOURT
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

Prof^ª. Dr^ª. VANESSA GOMES
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP

Prof. Dr. ALEXANDRE MÁRCIO TOLEDO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL

Prof^ª. Dr^ª. GIANNA MELO BARBIRATO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

Aos meus pais, Ricardo Sérgio Neves Leão e Mirtes Barradas Leão...

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço a oportunidade de viver e tentar, conseguir e perder... De sempre aprender.

Aos meus pais, agradeço a oportunidade de progredir através da educação; o amor, apoio e confiança incondicionais, que me fizeram crescer e discernir o certo do errado.

À minhas irmãs, pela amizade, apoio, constante demonstração de otimismo em meu trabalho e pela referência que sempre representaram para mim.

À Louise, minha noiva e companheira, agradeço o amor sincero, o carinho, o apoio irrestrito e a força fundamental em cada passo dessa jornada. À paciência nos momentos difíceis durante o mestrado. À amizade sincera e constante demonstração de crença em minha capacidade.

Ao orientador Leonardo Salazar Bittencourt, pela rica experiência transmitida durante o mestrado; pela paciência sempre demonstrada durante as dificuldades enfrentadas.

Aos professores Alexandre Márcio Toledo, Gianna Barbirato e Vanessa Gomes, pelas colaborações fundamentais durante o exame de qualificação e por aceitarem, assim que solicitados, o convite de fazer parte deste trabalho como examinadores.

Ao amigo Hyggo Oliveira de Almeida, pelas palavras de incentivo e apoio durante o processo de seleção do mestrado.

Aos professores do DEHA, pelos ensinamentos prestados e dedicação.

Aos funcionários do DEHA, pelos serviços prestados e dedicação.

Ao arquiteto e pesquisador Thiago Martins, e às arquitetas e pesquisadoras, Ana Paula Melo, Juliana Batista, Evelise Didoné e Christina Cândido, pelo suporte fundamental dado à realização deste trabalho.

Aos companheiros do mestrado, pela convivência e oportunidade de ampliar a maneira de enxergar a arquitetura e o mundo.

A toda equipe do GECA, pelas experiências trocadas e amizade.

À FAPEAL, pelo apoio financeiro.

Aos amigos e todos aqueles que torceram pela concretização deste trabalho...

Obrigado!

“A vida é como jogar uma bola na parede. Se for jogada uma bola verde, ela voltará verde; se for jogada uma bola azul, ela voltará azul. Se a bola for jogada fraca, ela voltará fraca; se a bola for jogada com força, ela voltará com força. Por isso, nunca jogue uma bola na vida, de forma que não esteja pronto para recebê-la. A vida não dá, nem empresta; não se comove, nem se apieda. Tudo que ela faz é retribuir e transferir aquilo que nós lhe oferecemos.”

Albert Einstein

RESUMO

O desperdício energético é um dos fatores de maior impacto sobre o desequilíbrio ambiental enfrentado pelo planeta. As edificações respondem pelo consumo de aproximadamente 40% da energia gerada no planeta, sendo o setor da construção civil identificado como uma área de grande potencial para combater o desperdício energético. Nas edificações residenciais, o consumo energético está fortemente relacionado aos sistemas mecânicos de controle térmico – como os sistemas de ar condicionado, por exemplo. Em Maceió, o Mercado Imobiliário parece não buscar soluções arquitetônicas que se aprofundem no uso de estratégias passivas de conforto térmico, como a ventilação natural, por exemplo. Na referida cidade, é identificada a existência de apartamentos residenciais bem, razoavelmente, mal ou pessimamente orientados frente aos condicionantes climáticos. Os apartamentos voltados para o quadrante oeste (posição poente) possuem preço menor que aqueles voltados para o quadrante leste (posição nascente), sendo esse um atrativo para o consumidor adquirir apartamentos mal adaptados ao clima. Essa situação contribui com o uso desenfreado de aparelhos de ar condicionado. O uso destes equipamentos acarreta em custos de aquisição, operação e manutenção dos mesmos. No entanto, a contabilização destes valores nem sempre é devidamente considerada no momento da aquisição dos bens imóveis. Diante desse contexto, o presente trabalho avalia o impacto econômico decorrente da utilização de aparelhos de ar condicionado em apartamentos residenciais de 02 quartos na cidade de Maceió/AL. Busca enfatizar o elo existente entre o desperdício de energia e o custo financeiro em longo prazo envolvido neste processo. Através de um estudo de caso, adotou-se uma metodologia na qual foram analisados: o desempenho energético dos apartamentos sob diferentes variáveis, utilizando o *software EnergyPlus*; o comportamento da ventilação natural nos apartamentos de acordo com as diferentes orientações geográficas, através de análises qualitativas utilizando maquetes em Mesa D'água; análises econômicas baseadas no consumo médio mensal de energia para as diferentes situações simuladas, realizando comparações entre o custo energético para utilização de ar condicionado e o preço de mercado dos apartamentos. Os resultados demonstraram que os custos energéticos em longo prazo de todas as situações simuladas representam uma grande parcela do valor total do imóvel. Quando o custo mensal é aplicado em caderneta de poupança, a maioria das situações paga, com sobras, o valor total do imóvel. A economia possibilitada pela aquisição do apartamento poente aplicada em caderneta de poupança durante longo prazo é superada, em todos os casos, pela aplicação em iguais condições do custo energético mensal para uso de ar condicionado. Desta forma, conclui-se que a utilização de estratégias passivas de controle térmico representa um grande meio de economia para o consumidor, e que a compra de apartamentos mal adaptados ao clima é extremamente dispendiosa, sobretudo quando considerado o impacto econômico derivado do uso de ar condicionado em longo prazo.

Palavras-chaves: Eficiência energética, ventilação natural, ar condicionado, apartamentos residenciais, mercado imobiliário.

ABSTRACT

The waste energy is a very important factor that affects environmental crisis in the world. Buildings have been consuming nearly 40% global energy production, and the building industry has been identified as a sector where substantial savings may occur. In residential buildings, the energy consumption is strongly related to air conditioning systems. In Maceio, the use of passive strategies as natural ventilation seems irrelevant by construction sector. This case results in well, fair, bad or very bad residential apartments in relation to climatic conditions. The apartments located in west quadrant have smaller price than apartments located in east quadrant. It is an attractive factor to the consumer purchase apartments badly adapted to climate. This situation contributes with wild use of air conditioning systems. The use of these equipments results in costs of purchase, operation and maintenance. Not always the accounting oh these values are properly considered in the moment of apartment's acquisition. Facing this context, the present work intends to evaluate the economical impact of air conditioning systems use in residential apartments in Maceio city, Brazil. Emphasize the link between waste energy and financial costs in long term involving this question. By case study, be adopted one methodology that analyze: apartment's energy performance in some variable using the *EnergyPlus software*; natural ventilation performance in some orientation, by qualitative analysis in 'water table' models; economic analysis based on monthly consumption of energy for different situations simulated, accomplish comparison between energy costs for air conditioning system use and the price of apartments. The analysis have shown the energy costs in long term for all situations simulated represent large portion of integral apartment's value. When the monthly cost is applied in savings account, most situations pay total value of apartments. In all cases, this investment overcome the economy make possible in acquisition of west apartment invest in same circumstances. Results lead to the conclusion that the use of passive strategies of thermal comfort is a very good economics strategy for the consumer, and the purchase of badly adapted apartments is very expensive, above all when be considered the economical impacts for air conditioning systems use in long term.

Keywords: Energetic efficiency, natural ventilation, air conditioning, residential apartments, construction sector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: “Edifício-estufa”	17
Figura 2: Estufa, Inglaterra, clima temperado. Cultivo de espécies vegetais tropicais em seu interior.	17
Figura 3: Edifícios com pele de vidro em Maceió/AL, clima quente e úmido.	18
Figura 4: Ciclo de consumo energético por sistemas de ar condicionado.	22
Figura 5: Edifícios com pele de vidro em regiões de climas distintos.	32
Figura 6: Adequação climática em regiões distintas.	33
Figura 7: Detalhe de parede em taipa de pau-a-pique	33
Figura 8: Mapa de localização do município de Maceió no Estado de Alagoas.	35
Figura 9: Carta bioclimática para a cidade de Maceió-AL.	39
Figura 10: Diferentes tipologias de janelas.	42
Figura 11: Edifício Palazzo Ducale, bairro de Ponta Verde, Maceió-AL.	44
Figura 12: Edifício Caiana, bairro do Farol, Maceió-AL. Fachada com grandes janelas em vidro.	45
Figura 13: Edifícios na orla marítima de Maceió. Recorrência de fachadas em vidro.	46
Figura 14: Corte esquemático de uma área urbana sob efeito das ilhas de calor.	49
Figura 15: aparelho de ar condicionado de janela / esquema de condicionamento do ar	56
Figura 16: aparelho de ar condicionado tipo minicentral multisplit / esquema unidades interna e externa.	57
Figura 17: Propagandas imobiliárias de edifícios residenciais em Maceió-AL.	76
Figura 18: Placa na obra de um edifício automatizado em Maceió-AL.	77
Figura 19: Edifício automatizado em Maceió-AL.	78
Figura 20: Perspectiva ilustrativa do Edifício “Torre Norte”	86
Figura 21: Mapa de localização - Edifício “Torre Norte”	87
Figura 22: Planta baixa do pavimento tipo do edifício Torre Norte	87
Figura 23: Planta Baixa do apartamento tipo do Edifício “Torre Norte”	88
Figura 24: Localização por numeração dos apartamentos, Edifício Torre Norte.	90
Figura 25: Conta de energia de um apartamento residencial situado no bairro de Jatiúca, Maceió-AL.	172
Figura 26: Equipamento de mesa d’água do Laboratório de Conforto Ambiental da FAU-UFAL.	94
Figura 27: Maquete modelo do pavimento tipo da edificação em estudo.	95
Figura 28: Tela do IDF Editor do EnergyPlus em execução. Edição dos dados de entrada do programa.	97
Figura 29: Tela do IDF Editor do EnergyPlus em execução. Características dos materiais utilizados.	98
Figura 30: Visualização dos modelos em formato <i>dxg</i> , gerados pelo EnergyPlus.	99
Figura 31: Tela do IDF Editor do EnergyPlus, grupo de objetos “Compact HVAC”	101
Figura 32: À direita, lista de objetos utilizados nos modelos, em destaque o objeto correspondente ao ar condicionado de janela. À esquerda, parte das variáveis do ar condicionado fornecidas pelo EnergyPlus.	102
Figura 33: Dimensionador virtual de capacidade de refrigeração. Descrição das dimensões do ambiente.	104
Figura 34: Dimensionador virtual de capacidade de refrigeração. Capacidade de refrigeração recomendada. ...	104
Figura 35: Arquivo com relatório de uso final de energia elétrica gerado pelo EnergyPlus.	108
Figura 36: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D’água. Orientação Leste.	112
Figura 37: Leitura dos ensaios em mesa d’água para o vento leste	113
Figura 38: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D’água. Orientação Sudeste.	113
Figura 39: Leitura dos ensaios em mesa d’água para o vento sudeste.	114
Figura 40: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D’água. Orientação Nordeste.	114
Figura 41: Leitura dos ensaios em mesa d’água para o vento nordeste.	115
Figura 42: Leitura do ensaio em mesa d’água para o vento leste com abertura vertical vazada na porta principal do apartamento 04.	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade dos ventos predominantes para a cidade de Maceió-AL	41
Tabela 2 - Fração de ventos ausentes (calmarias) para a cidade de Maceió-AL	41
Tabela 3: Poluição existente em diferentes fontes	64
Tabela 4: Níveis de qualidade do ar percebidos.	64
Tabela 5: IVV: Ofertas e vendas de apartamentos por bairro – agosto/2006.	75
Tabela 6: Preço de lançamento do Edifício Torre Norte.	90
Tabela 7 – Pesquisa de preços de aparelhos de ar condicionado de janela de até 7500Btu/h.	91

Tabela 8 – Pesquisa de preços para manutenção de ar condicionado de janela e split, Maceió/AL. Data 30/10/2007.....	93
Tabela 10: Programa Brasileiro de Etiquetagem – condicionadores de ar de janela, 2008.	105
Tabela 11: Matriz de referência para as simulações no quarto 01	106
Tabela 12: Matriz de referência para as simulações na suíte	107
Tabela 13: Listagem das simulações realizadas	120
Tabela 14: Tabela resumo dos resultados: horário de 22hs às 6hs	120
Tabela 15: Tabela resumo dos resultados: horário de 8hs às 12hs	121
Tabela 16: Tabela resumo dos resultados: horário de 14hs às 18hs	121
Tabela 17: Tabela resumo dos resultados: horário de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	121
Tabela 18: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 22hs às 6hs	126
Tabela 19: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs	126
Tabela 20: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 14hs às 18hs	127
Tabela 21: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	127
Tabela 22: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 22hs às 6hs	128
Tabela 23: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs	128
Tabela 24: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 14hs às 18hs	129
Tabela 25: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	129
Tabela 26: Projeção de investimento da diferença de valor entre o apartamento nascente e o poente aplicado em caderneta de poupança.....	130
Tabela 27: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 22hs às 6hs	131
Tabela 28: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs	131
Tabela 29: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 14hs às 18hs	132
Tabela 30: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs	132
Tabela 31: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 22hs às 6hs	133
Tabela 32: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs	133
Tabela 33: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 14hs às 18hs	134
Tabela 34: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs	134
Tabela 35: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 22 às 6hs	152
Tabela 36: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 22 às 6hs	153
Tabela 37: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs	154
Tabela 38: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs	155
Tabela 39: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 14 às 18hs ..	156
Tabela 40: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 14 às 18hs ...	157
Tabela 41: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs	158
Tabela 42: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs	159
Tabela 43: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 22hs às 6hs.....	160
Tabela 44: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 22hs às 6hs	161
Tabela 45: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8hs às 12hs.....	162
Tabela 46: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8hs às 12hs	163
Tabela 47: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 14hs às 18hs.....	164
Tabela 48: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 14hs às 18hs	165
Tabela 49: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs	166
Tabela 50: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs	167
Tabela 50: Caracterização dos eletrodomésticos quanto à potência, estimativa de uso e consumo de energia elétrica.	171

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Frequência e velocidades predominantes dos ventos para Maceió-AL.....	37
Gráfico 2: Fração de pessoas insatisfeitas em função da taxa de ventilação por pessoa padrão.	63
Gráfico 3: Oferta de apartamentos por bairros – janeiro/2007.	70
Gráfico 4: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” de 22 às 6hs	152
Gráfico 5: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “E” de 22 às 6hs	153
Gráfico 6: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” de 8 às 12hs	154
Gráfico 7: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “E” de 8 às 12hs	155
Gráfico 8: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” de 14 às 18hs	156
Gráfico 9: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “E” de 14 às 18hs	157
Gráfico 10: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” de 8 às 12hs e 14 às 18hs.....	158
Gráfico 11: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “E” de 8 às 12hs e 14 às 18hs.....	159
Gráfico 12: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “A” de 22hs às 6hs	160
Gráfico 13: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “E” de 22hs às 6hs	161
Gráfico 14: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “A” de 8hs às 12hs	162
Gráfico 15: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “E” de 8hs às 12hs	163
Gráfico 16: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “A” de 14hs às 18hs	164
Gráfico 17: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “E” de 14hs às 18hs	165
Gráfico 18: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “A” de 8 às 12hs e 14 às 18hs.....	166
Gráfico 19: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo “E” de 8 às 12hs e 14 às 18hs.....	167

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTO E PROBLEMÁTICA	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	22
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 Objetivo geral.....	25
1.3.2 Objetivos específicos	25
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	25
REVISÃO DOCUMENTAL.....	27
2 REVISÃO DOCUMENTAL.....	28
2.1 INTRODUÇÃO.....	28
2.2 A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	29
2.2.1 Considerações iniciais.....	29
2.2.2 Estratégias bioclimáticas para a cidade de Maceió-AL.....	34
2.2.2.1 O contexto físico de Maceió	34
2.2.2.2 O contexto climático de Maceió	35
2.2.2.3 Identificação das estratégias bioclimáticas recomendadas para Maceió.....	37
2.2.2.4 Ventilação natural e sombreamento	40
2.2.3 Estratégias bioclimáticas x edifícios residenciais em Maceió/AL	43
2.2.4 Influência do entorno no desempenho energético dos edifícios.....	47
2.2.5 Considerações finais do capítulo.....	51
2.3 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO.....	53
2.3.1 Considerações gerais.....	53
2.3.2 Conceituação.....	55
2.3.2.1 Condicionamento do ar	55
2.3.2.2 Tipos de sistema de condicionamento do ar	55
2.3.2.3 Evolução histórica dos aparelhos de ar condicionado.....	57
2.3.3 Qualidade do ar em ambientes climatizados	60
2.3.3.1 Condições gerais	60
2.3.3.2 Índices de qualidade do ar em ambientes climatizados.....	61
2.3.4 Considerações finais do capítulo.....	65
O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ	68
3 O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ	69
3.1 INTRODUÇÃO.....	69
3.2 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE MACEIÓ: BREVES COMENTÁRIOS.....	70
3.3 O CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES E A FORMA DE OCUPAÇÃO DOS EDIFÍCIOS	71
3.4 O ÍNDICE DE VELOCIDADE DE VENDAS (IVV)	74

3.5	ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA E REFLEXOS SOBRE OS IMÓVEIS EM MACEIÓ-AL	75
3.6	NOVAS DEMANDAS PARA O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ-AL	76
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ.....	79
	METODOLOGIA.....	82
4	METODOLOGIA.....	83
4.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	83
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ	83
4.3	ESTUDO DE CASO.....	84
4.3.1	Etapas metodológicas.....	85
4.3.1.1	Escolha e caracterização do objeto de estudo	86
4.3.1.2	Custos de aquisição dos apartamentos	89
4.3.1.3	Custos de aquisição e instalação dos condicionadores de ar.....	91
4.3.1.4	Tarifa energética de operação	92
4.3.1.5	Custos de manutenção dos condicionadores de ar	92
4.3.1.6	Ensaio de ventilação natural	94
4.3.1.6.1	Procedimentos dos ensaios de ventilação	94
	a) O funcionamento da mesa d'água	94
	b) Confecção da maquete	95
	c) Caracterização do entorno.....	96
	d) Disposição das entradas e saídas de ar.....	96
4.3.1.7	Simulação computacional através do <i>EnergyPlus</i>	96
4.3.1.7.1	Dados de entrada.....	97
	e) Caracterização dos ambientes simulados	97
	f) Orientação geográfica.....	99
	g) Horários de simulação e carga térmica interna	99
	h) O arquivo de referência climática TRY de Maceió	100
	i) Definição do tipo de ar condicionado	101
	j) Definição da capacidade de refrigeração do ar condicionado	102
	k) Eficiência energética do ar condicionado	105
4.3.1.7.2	Procedimentos das simulações de desempenho energético.....	106
	a) Organização das simulações	106
	b) Coleta de dados.....	107
4.3.1.8	Análise econômica: métodos	108
4.3.1.8.1	Montante gerado a partir de aplicações periódicas	109
4.3.1.8.2	Montante gerado a partir de uma única aplicação.....	110
	ESTUDO DE CASO	111
5	ESTUDO DE CASO	112
5.1	ENSAIOS DE VENTILAÇÃO NATURAL	112
5.1.1	Resultados: ensaios de ventilação natural	112
5.1.1.1	Ensaio para o vento leste.....	112
5.1.1.2	Ensaio para o vento sudeste	113
5.1.1.3	Ensaio para o vento nordeste	114
5.1.2	Análise de resultados: ensaios de ventilação natural.....	115
5.1.2.1	Apartamentos 01 e 02	115
5.1.2.2	Apartamentos 03 e 04	116
5.1.2.3	Apartamentos 05 e 06	118
5.1.2.4	Comentários finais dos ensaios de ventilação.....	118

5.2	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	119
5.2.1	Resultados: simulação computacional	120
5.2.2	Análise de resultados: simulação computacional	121
5.2.2.1	Horário de 22hs às 6hs	121
5.2.2.2	Horário de 8hs às 12hs	122
5.2.2.3	Horário de 14hs às 18hs	123
5.2.2.4	Horário de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	123
5.2.2.5	Comentários finais sobre as simulações computacionais	124
5.3	ANÁLISE ECONÔMICA	125
5.3.1	Resultados das projeções econômicas	125
5.3.1.1	Custo de energia ao longo do tempo	125
5.3.1.2	Diferença de preço entre apartamentos SE e SO aplicado em caderneta de poupança	130
5.3.1.3	Custo mensal de energia aplicado em caderneta de poupança	130
5.3.2	Análises finais sobre as projeções econômicas	135
5.3.2.1	Discussão geral sobre o valor gasto com energia em longo prazo	135
5.3.2.2	Cruzamento dos resultados (sem aplicação financeira)	136
5.3.2.2.1	Horário: 22hs às 6hs	136
5.3.2.2.2	Horário: 8hs às 12hs	136
5.3.2.2.3	Horário: 14hs às 18hs	137
5.3.2.2.4	Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	137
5.3.2.3	Cruzamento dos resultados (com aplicação financeira)	137
5.3.2.3.1	Horário: 22hs às 6hs	137
5.3.2.3.2	Horário: 8hs às 12hs	138
5.3.2.3.3	Horário: 14hs às 18hs	138
5.3.2.3.4	Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs	138
5.4	ESTUDO DE CASO: CONCLUSÃO	138
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
	ANEXOS	151

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMÁTICA

A arquitetura é resultado, entre outros aspectos, da necessidade humana de se proteger das intempéries da natureza. No entanto, esta é uma definição muito simplificada. Não se pode deixar de considerar as diversas outras funções que ela assume, além de garantir abrigo ao ser humano. Toda arquitetura de qualidade possui equilíbrio entre funcionalidade, boa construção e preocupação estética, esses são seus três componentes básicos. A má arquitetura privilegia um desses três elementos, tornando-se mera instrumentalidade, tecnologia ou formalismo (MAHFUZ *apud* SCHLEE, 2001, p. 22).

Para atingir real qualidade, é fundamental levar em conta o clima da região onde a edificação irá se inserir, pois a consideração dos fatores e elementos climáticos é fundamental para que um determinado meio seja trabalhado de forma correta (SCHLEE, 2001, p. 21). A boa adaptação ao clima é pré-requisito para que a edificação possua ambientes saudáveis. Segundo Berglund (1984) um edifício saudável é aquele que:

“(…) não está somente livre de todas as doenças ambientais e de todos os desconfortos, mas aquele que na realidade promove o bem estar e a saúde de seus ocupantes. Além de não apresentar riscos, suas principais características incluem o conforto térmico; a qualidade do ar e padrões de iluminação e acústico agradáveis; atende as necessidades sociais e profissionais assim como apresenta excelentes qualidades do ponto de vista estético (…).”

No Brasil, durante os períodos históricos que sucederam o colonial, a preocupação com a adaptação da arquitetura ao clima foi gradativamente deixada de lado, cedendo lugar cada vez mais à importação descriteriosa de tipologias arquitetônicas sob o ponto de vista de sua adaptação ao clima (RORIZ; NAVARRO, 2005). O crescimento do mercado imobiliário

levou à verticalização e densificação das cidades brasileiras, processos que contribuíram para a perda da qualidade ambiental do espaço urbano e dos edifícios (TOLEDO, 2006).

Em grande parte, isso se deveu à abundância de energia elétrica barata disponível no período pós revolução industrial, que reduziu as soluções de conforto térmico, acústico e luminoso na arquitetura ao uso de equipamentos mecânicos como luz artificial e ar condicionado. Em contrapartida, estratégias projetuais indicadas para solucionar o conforto ambiental com baixo impacto energético, como uso adequado de ventilação e iluminação natural, sombreamento, radiação solar, dentre outros; passaram a ser menos explorados.

O poder exercido pelo processo de industrialização, onde o crescimento do lucro depende essencialmente da aceleração produtiva, tornou factível o enquadramento da arquitetura nos moldes da globalização, internacionalizando a compra, venda e produção de materiais na construção civil.

Como exemplo, não é difícil encontrar em regiões de clima quente e úmido, como no litoral nordeste brasileiro, edifícios com tipologias semelhantes às encontradas nos países desenvolvidos de clima temperado. As fachadas do tipo “pele” de vidro são um exemplo notável.

O comportamento térmico dessa tipologia se assemelha às estufas. O vidro comum, exposto ao sol, permite a passagem de radiação de onda curta, aquecendo os elementos em seu interior que, então, reemitem calor em forma de radiação de onda longa. Esse calor fica retido, provocando elevação da temperatura interior (ver Figura 1).

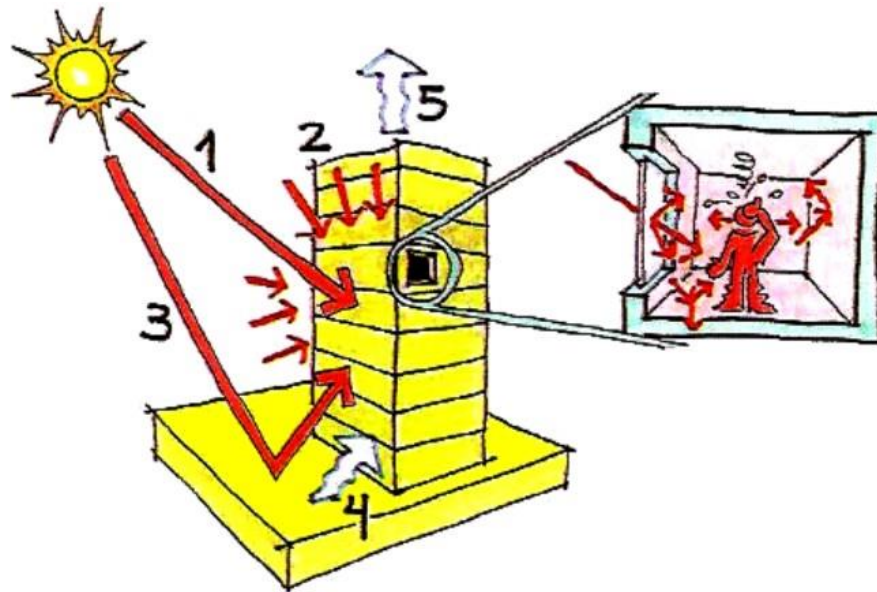


Figura 1: “Edifício-estufa”.

1 – Radiação solar direta (onda curta) / 2 – Radiação solar difusa (onda curta) / 3 – Radiação solar refletida pelo solo e entorno (onda curta) / 4 – Radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu (onda longa) / 5 – Radiação térmica emitida pelo edifício (onda longa).

Fonte: Lamberts et al (1997)

Esse fenômeno é conhecido como “efeito estufa”. Em países de clima temperado, onde a média de temperatura é da ordem de -3 a 18 °C nos meses mais frios, o incremento de temperatura das estufas possibilita o cultivo de espécies vegetais tropicais. Isso revela a dimensão do aquecimento interno provocado pelas fachadas em pele de vidro (ver Figura 2).



Figura 2: Estufa, Inglaterra, clima temperado. Cultivo de espécies vegetais tropicais em seu interior.

Fonte: <http://images.google.com.br/>, acessado em 30/10/2007



Figura 3: Edifícios com pele de vidro em Maceió/AL, clima quente e úmido.

Fonte: Arquivo pessoal.

A utilização dessa tipologia em regiões quente-úmidas torna tendenciosa a utilização de aparelhos de ar condicionado para corrigir os problemas decorrentes do tratamento arquitetônico inadequado do ponto de vista térmico, elevando o consumo de energia elétrica.

“Os valores buscados pela modernidade arquitetônica, a do racionalismo funcionalista (racionalidade, veracidade, economia de meio estéticos e expressivos, melhoramento do habitat humano, alto conteúdo social) derivam de um racionalismo impessoal, lavado e diluído (...) abstração enfadonha, repetição até o cansaço da tipologia dos arranha-céus, concreto de envolvente envidraçada (...) Tarde ou cedo a arquitetura deve necessariamente abordar sua vinculação com o âmbito regional e geográfico a que pertence e ponderar sua relação com o mundo da globalidade que nos envolve pelos quatro lados.” (GALDEANO, 2002)

Muitos autores têm um ponto de vista similar à afirmação de Galdeano, postura que parece ganhar cada vez mais relevância. A produção arquitetônica em série acarreta na existência de diversas edificações com semelhanças notáveis, sob condições climáticas distintas. Esse

panorama se traduz em conseqüências indesejáveis ao meio-ambiente, pois a falta de critério ambiental na produção desses edifícios fragiliza a adequação da arquitetura ao clima, gerando condições favoráveis ao desperdício de energia.

Esse quadro contribui para o agravamento da questão energética, que tem gerado árduas discussões em todo o mundo. A mola propulsora das guerras recentes tem sido a disputa pelo controle das grandes reservas de combustíveis fósseis que, hoje, representam necessidade fundamental para o desenvolvimento de qualquer nação dentro do atual cenário globalizado.

Dados recentes da IEA¹ apontam predominância de fontes não renováveis de energia como matriz da energia elétrica mundial. Segundo a instituição, apenas 17,8% da fonte mundial é renovável. Nesse ponto, o Brasil possui uma situação vantajosa, pois, segundo dados do BEN², 89,3% das fontes são renováveis. O imenso potencial hidrelétrico e de produção de álcool combustível, junto com a recente descoberta do biodiesel fazem do Brasil uma nação de grande potencial energético no globo.

No entanto, a dependência de fontes não renováveis de energia em nível mundial tem acarretado, além da preocupação permanente com o esgotamento destas fontes, emissão crescente de gases poluentes no meio ambiente. Estudos que observaram o comportamento da temperatura da biosfera terrestre durante décadas confirmam que o seu aquecimento é devido ao “efeito estufa” provocado por acréscimo de CO₂ e de outros gases nocivos na atmosfera. Essas substâncias são chamadas de “gases de efeito estufa”, conhecidas mundialmente pela sigla GHG (Greenhouse Gases) (SILVA, 2004).

Além disso, não só a poluição causada por fontes não renováveis deve ser encarada como um problema, pois o aumento do consumo de energia torna necessária a construção de novas

¹ IEA. Internacional Energy Agency. 2005 (<http://www.iea.org>).

² BEN. Balanço Energético Nacional: Ministério de Minas e Energia. 2005 (<http://www.mme.gov.br>).

unidades de produção de energia para suprir a demanda. Isso afeta a saúde ambiental, o cotidiano e a saúde das pessoas, além de representar um alto investimento de verba pública, que poderia ter melhor utilidade em questões mais relevantes, principalmente em países carentes de justiça social, como o Brasil (LAMBERTS *et al*, 2004, p.19).

No Brasil, a questão do consumo energético agravou-se com crise de 1970 e, posteriormente, com o crescimento populacional nos centros urbanos, durante a década de 1980 (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

A última grande crise do setor energético ocorreu no “apagão” em 2001, quando o problema suplanta o âmbito técnico-governamental, atingindo cidadãos comuns. A necessidade de conservar energia elétrica passa a ser incorporada em diversas áreas, chegando à construção civil (CÂNDIDO, 2004).

No entanto, desde 2002, após o “apagão”, o consumo energético voltou a subir devido à elevação da temperatura ambiente³ e aumento do poder aquisitivo das pessoas que, conseqüentemente, adquiriram mais aparelhos de ar condicionado (GOMES, 2007).

A contribuição que a arquitetura pode oferecer para a mudança dessa realidade é reduzir o desperdício de energia através da efficientização de seu uso. Dados do PROCEL⁴ revelam que as edificações no Brasil consomem 42% do total de energia elétrica fornecida. Por si só, essa fração pode ser considerada relevante, mas encontra peso ainda maior quando confrontada com pesquisas que apontam sua proporção de desperdício.

Segundo Mascaró (1985), caso fossem adotadas estratégias bioclimáticas adequadas, apenas 20 a 30% da energia consumida à época nos edifícios seriam suficientes para seu

³ A elevação da temperatura ambiente está relacionada com o aquecimento global.

⁴ PROCEL/ELETOBRAS. Programa nacional de conservação de energia elétrica: áreas de atuação – edificações. 2004 (<http://www.eletobras.gov.br/procel>)

funcionamento. A mesma autora afirma que de 25 a 45% da energia elétrica em edificações é consumida indevidamente por má orientação e desenho inadequado de fachadas.

Gomes (2007), afirma que, com relação à energia, o melhor desempenho de uma edificação está ligada à orientação, forma e massa do edifício que, junto com a especificação dos materiais da envoltória, correspondem a cerca de 30% da probabilidade de redução da absorção de carga térmica pelo edifício. Para a autora, no âmbito residencial, em muitos casos, um leve giro nos edifícios poderia reduzir cerca de 22% do consumo energético nos mesmos.

Dentre os itens responsáveis pelo consumo energético nas edificações, os aparelhos de ar condicionado demandam 40% da energia consumida, sendo, junto com a iluminação, o item do qual se pode extrair maior economia (GOMES, 2007).

No Brasil, segundo dados de consumo energético de diferentes eletrodomésticos presentes numa tabela elaborada pelo PROCEL³, os sistemas de ar condicionado entre 7.500 e 12.000 Btu/h⁵ (geralmente modelos de janela ou split individual), figuram entre os aparelhos com maior média de utilização diária (em torno de 8 horas), acarretando num alto consumo de energia mensal, entre 120 e 196 KWh/mês.

Roaf et al (2001), relaciona o uso de ar condicionado com o incremento da temperatura global, demonstrando o prejuízo em escala macro causado pelo uso indiscriminado do aparelho.

⁵ Btu/h. British Thermal Unit (ou Unidade Térmica Britânica). 01 Btu = 252,2 calorias = 1055 Joules. O Btu/h refere-se à quantidade de calor a ser retirada de um ambiente no período de uma hora.



Figura 4: Ciclo de consumo energético por sistemas de ar condicionado.

Adaptado de Roaf et al (2001).

Diante desse quadro, levantam-se diversos questionamentos. A conscientização do mercado de construção sobre a necessidade de reverter essa situação, contribuindo para que a arquitetura alcance níveis de menor desperdício de energia é uma necessidade imprescindível para o enquadramento das edificações numa posição menos agressiva contra o meio-ambiente.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em Maceió-AL, cidade brasileira de clima quente e úmido, a construção de edifícios residenciais multifamiliares por parte do mercado imobiliário busca, na grande maioria dos casos, utilizar a máxima taxa de ocupação permitida pelo código de edificações vigente (maiores informações estão detalhadas no capítulo sobre o mercado imobiliário de Maceió). Essa forma de ocupação tem implicado na existência, em uma mesma edificação, de apartamentos bem, razoavelmente, mal ou pessimamente orientados frente aos condicionantes climáticos.

O mercado imobiliário, inclusive, demonstra relativa assimilação das estratégias bioclimáticas, que chegam a constituir valor imobiliário. Questionamentos relativos ao posicionamento dos apartamentos em relação aos ventos dominantes e à sombra fazem parte

do discurso dos corretores imobiliários e do mercado consumidor (TOLEDO, 2006). Os apartamentos orientados para o quadrante oeste⁶ que, em regra geral, apresentam pior captação dos ventos, possuem, na grande maioria dos casos, valor de venda menor que aqueles voltados para o quadrante leste⁷. Essa diferença de preço atrai parte do mercado consumidor, que prefere adquirir o apartamento poente e “corrigir” os problemas térmicos decorrentes dessa má orientação através de equipamentos mecânicos, dentre eles o ar condicionado.

Um estudo realizado por Toledo (2001) numa área residencial verticalizada da cidade de Maceió-AL, constatou que todos os dormitórios dentre as edificações pesquisadas possuem um lugar reservado para aparelho de ar condicionado de janela. Isso demonstra o nível de captura do mercado pelo aparelho, considerado sinônimo de *status* por grande parte da população.

Sabe-se que as razões para utilização do ar condicionado muitas vezes independem da orientação do apartamento. A necessidade de isolamento acústico e escurecimento, sobretudo nos dormitórios; proteção contra insetos e controle da excessiva umidade do ar na madrugada, são algumas das razões para utilização do aparelho (TOLEDO, 2006).

Apesar desse fato, grande parte da população depende fundamentalmente da utilização da ventilação natural como estratégia de conforto nas edificações, uma vez que não possuem renda suficiente para arcar com os custos de aquisição e manutenção de aparelhos de ar condicionado.

Além disso, normalmente, os custos embutidos na utilização do equipamento em longo prazo não são devidamente considerados no momento da compra dos imóveis por uma fração de

⁶ Neste trabalho, o termo “quadrante oeste” será constantemente substituído por “poente”, tendo em vista ser essa a nomenclatura utilizada entre os agentes envolvidos com o mercado imobiliário para identificar os apartamentos voltados para tal quadrante.

⁷ Neste trabalho, o termo “quadrante leste” será constantemente substituído por “nascente”, tendo em vista ser essa a nomenclatura utilizada entre os agentes envolvidos com o mercado imobiliário para identificar os apartamentos voltados para tal quadrante.

parte da população que possui condições financeiras de adquirir e utilizar o aparelho. Isso ocorre em boa parte pela visão de curto prazo do consumidor, considerando apenas o custo inicial dos aparelhos, sem levar em conta o impacto econômico gerado pela operação e manutenção dos mesmos e a possibilidade de se reduzir tais custos com o uso de ventilação natural.

Na cidade de Maceió, a ventilação natural é uma estratégia de baixo consumo energético para promover conforto térmico nos edifícios. Segundo Lamberts *et al* (2004), na referida cidade, 75% das horas do ano podem ter o desconforto térmico resolvido através de ventilação natural. Contudo, ela ainda é muito pouco explorada, apesar do potencial para aproveitamento da ventilação natural pela ação dos ventos pelos edifícios, sobretudo na costa marítima, a qual apresenta regime de brisas constantes (TOLEDO, 2006).

Os apartamentos bem adequados ao aproveitamento da ventilação natural reduzem a necessidade de utilização de ar condicionado quando o usuário procura aproveitar esse benefício de forma inteligente. Essa atitude reflete-se em economia de energia elétrica, acarretando em vantagens de ordem financeira e ambiental.

A realização de um estudo relativo ao impacto econômico causado pelo uso de sistemas de ar condicionado nas edificações residenciais, demonstrando o custo incorporado na utilização desses aparelhos em longo prazo, pode ser um instrumento bastante positivo para uma mudança de atitude de parte da população. Possibilita que o consumidor decida sobre a compra de seu imóvel de maneira informada nesse ponto específico, ciente das vantagens e/ou desvantagens relacionadas à adequação climática da edificação e das possibilidades de economia relacionadas com o uso do aparelho de ar condicionado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto econômico causado pelo uso de sistemas de ar condicionado em edifícios de apartamentos residenciais na cidade de Maceió-AL.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar o consumo energético pelo uso de aparelhos de ar condicionado em apartamentos de um edifício residencial de 02 dormitórios nas suas diferentes orientações, em diferentes horários do dia;
- Analisar, do ponto de vista qualitativo, o desempenho da ventilação natural nos apartamentos em diferentes orientações;
- Realizar comparações e projeções econômicas entre os preços dos imóveis e os custos envolvidos com o consumo de energia nas diferentes situações simuladas;
- Informar o consumidor sobre o custo incorporado na utilização, em apartamentos residenciais, de aparelhos de ar condicionado em curto, médio e longo prazo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento divide-se em 06 partes. A primeira apresenta uma breve introdução ao trabalho, explicitando sua contextualização, seu objetivo geral e seus objetivos específicos, bem como a estrutura da dissertação.

A segunda refere-se a uma revisão bibliográfica do tema em estudo, a fim de que seja adquirido referencial teórico que dê suporte as análises que pretendem ser realizadas. A revisão bibliográfica discute sinteticamente a relação entre arquitetura e conforto ambiental, as principais estratégias bioclimáticas para a cidade de Maceió-AL - com ênfase nas

edificações residenciais; aborda a história dos aparelhos de ar condicionado, bem como seus mecanismos de funcionamento.

A terceira parte caracteriza o Mercado Imobiliário da cidade de Maceió, visando compreender a influência dos agentes envolvidos com esse mercado sobre o processo de projeto e construção das edificações residenciais em Maceió.

A quarta parte corresponde à metodologia aplicada no trabalho. Explicita todas as etapas e procedimentos metodológicos utilizados para alcançar o objetivo geral e os objetivos específicos da dissertação.

A quinta parte refere-se à apresentação e discussão dos resultados obtidos a partir de um estudo de caso realizado sobre um edifício de apartamentos residenciais. O estudo de caso está dividido em um estudo de ventilação, uma análise de desempenho termo-energético e uma análise econômica.

A sexta parte apresenta as considerações finais do trabalho, resultado da análise e discussão dos dados decorrentes dos estudos de caso e de todas as etapas anteriores apresentadas. Além disso, procura indicar as limitações do trabalho, apresentando sugestões para futuras pesquisas.

2 REVISÃO DOCUMENTAL

2.1 INTRODUÇÃO

Esta seção encontra-se dividida em três partes, contendo o embasamento teórico desta dissertação. A primeira parte aborda o conceito de arquitetura bioclimática, descrevendo as estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Maceió/AL. Contextualiza a cidade de Maceió do ponto de vista geográfico e climático. Identifica as estratégias bioclimáticas recomendadas e discute o nível de adoção de tais estratégias nos edifícios residenciais na referida cidade.

A segunda parte engloba o conceito técnico dos sistemas de ar condicionado, descreve seu surgimento e história, bem como suas características e mecanismos de funcionamento. Realiza uma revisão bibliográfica sobre qualidade do ar em ambientes climatizados, relacionando aspectos relativos à saúde humana com a utilização de tais sistemas.

A terceira parte caracteriza o mercado imobiliário de Maceió, descrevendo a forma de atuação deste mercado sobre a produção das edificações residenciais na cidade. Realiza uma análise sobre a influência de seus agentes sobre as decisões projetuais, fator que possui relação com o nível de adaptação climática das edificações residenciais e conseqüente nível de consumo energético nas mesmas.

2.2 A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Aborda o conceito de arquitetura bioclimática, descrevendo as estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Maceió/AL. Contextualiza a cidade de Maceió do ponto de vista geográfico e climático. Identifica as estratégias bioclimáticas recomendadas e discute o nível de adoção de tais estratégias nos edifícios residenciais na referida cidade.

2.2.1 Considerações iniciais

A bioclimatologia estuda as relações entre o clima e o ser humano (LAMBERTS *et al*, 2005).

Olgyay (1973), visando a criação de uma arquitetura com desempenho térmico adequado ao tirar partido das condições climáticas, criou a expressão “projeto bioclimático”, que corresponde àquele projeto que tem como objetivo adequar a arquitetura ao clima local.

A adequação da arquitetura ao clima tem reflexo direto sobre a sustentabilidade do planeta, visto que a má adaptação climática identificada em grande parte das edificações construídas é responsável por um forte desperdício energético, que gera conseqüências negativas para o meio-ambiente.

A necessidade de obtenção da sustentabilidade ambiental é entendida como a necessidade de garantir às futuras gerações o direito de usufruir das mesmas condições ambientais que as atualmente existentes (AGENDA 21, 1999).

Para que se atinja tal objetivo, antigos paradigmas começam a ser questionados em diversas atividades humanas, dentre elas a produção do ambiente construído. A forma arquitetônica tem se ancorado fortemente na estética, que tem traduzido como modelo de sucesso aquele aplicado nos grandes centros econômicos.

“O direcionamento dado à arquitetura pelo mercado imobiliário passou a influir diretamente nos projetos. Os grandes edifícios, sobretudo os corporativos, tiveram que corresponder à determinada imagem e, o que é lamentável, tal demanda adquiriu importância maior do que a relação da construção com o entorno.” (GOMES, 2007, p.11)

A predominância do vidro, por exemplo, é relacionada a edificações de alto padrão construtivo pelo mercado imobiliário (GOMES, 2007). No entanto, a utilização

indiscriminada deste elemento nas fachadas, em contato direto com a radiação solar, é extremamente inadequada em edificações situadas em regiões tropicais, por exemplo.

Esse tipo de situação tem resultado em edifícios que resolvem o desconforto térmico, acústico e luminoso através da utilização de equipamentos mecânicos. Essa atitude vem, gradativamente, tornando-se preocupante.

A adoção de padrões arquitetônicos inadequados ao contexto brasileiro gerou, ao longo do tempo, elevado grau de desperdício de energia, contribuindo com o acontecimento de diversos desastres ambientais.

Essa realidade denuncia a necessidade urgente de uma revisão no processo de elaboração dos projetos de arquitetura, de forma que volte a considerar o clima como uma demanda indissociável do fazer arquitetônico. Essa necessidade aos poucos tem sido reincorporada através da adoção de estratégias bioclimáticas.

A arquitetura bioclimática deve ser pautada em princípios de sustentabilidade, onde os processos de construção, uso, manutenção, demolição e/ou reuso de um edifício devem buscar o máximo equilíbrio possível com o meio ambiente, através da máxima redução de consumo energético em todas as etapas, sendo essa uma das principais demandas a serem atendidas. Deve-se considerar o edifício como um “ser-vivo”, que está inserido num determinado meio, e que precisa de mecanismos inerentes ao seu habitat para sobreviver sem causar danos ambientais (ROAF *et al*, 2001).

A caracterização de um edifício como “bioclimático” divide opiniões. O efeito estético causado pelo aprofundamento na consideração do clima como uma demanda de projeto nas edificações, particularmente, é importante alvo de discussões.

Hagan (2005) defende que a arquitetura com princípios bioclimáticos deve considerar não só as diferenças culturais de cada região, como também as diferenças climáticas. Na visão da autora, o edifício bioclimático deve ter aparência própria, o que ideologicamente fortalece a “batalha ambiental contra o consumismo.”

Rocco (2005) acredita que os projetos de arquitetura passam por um processo de desencontro com a verdadeira função da arquitetura, a qual não deveria estar atrelada ao modismo, que desvirtua a regionalidade que lhe deveria ser inerente. Ou seja, na opinião de Rocco, a adequação climática deve ser vista como mais uma demanda a ser atendida no projeto de arquitetura, independente de sua aparência ser ideológica ou não.

Acredita-se que, independente da interpretação sobre o “bioclimatismo”, a questão fundamental está em sua essência. De uma forma ou de outra, o objetivo fundamental deve ser a busca por elevar o nível de sustentabilidade das edificações, e contribuir com um meio ambiente mais equilibrado. Essa atitude por si só já tem relevância indiscutível.

Embora a adequação climática seja uma questão reconhecidamente importante para todos, percebe-se que a atitude em cumprí-la tem sido realizada de forma muito discreta. Hoje é rara a produção de edificações que dêem bom exemplo de adaptação climática. O uso intenso de elementos como o aço e o vidro após a revolução industrial, bem como o uso de aparelhos mecânicos de controle térmico, por exemplo, têm afastado o homem da prática de buscar esse equilíbrio. Esse conjunto de fatores, junto com a força do modo de produção capitalista levou a arquitetura a um processo de internacionalização, onde regiões com climas distintos possuem edifícios com a mesma tipologia (ver Figura 5).



Figura 5: Edifícios com pele de vidro em regiões de climas distintos.

a) São Paulo/Brasil; b) Nova Iorque/EUA; c) Cidade do México/México; d) Maceió/Brasil

Fonte: a); b); c) Wikipédia / d) Arquivo pessoal.

Exemplos existentes na arquitetura vernácula⁸ podem nos ajudar a remontar nosso contato com os princípios bioclimáticos. Eles demonstram a necessidade de considerar as peculiaridades climáticas de cada região no projeto dos edifícios ao demonstrar diferenças notáveis nos materiais e técnicas construtivas empregados em diferentes zonas climáticas (HAGAN, 2005).

Apesar de se caracterizar pela produção de espaços muitas vezes concebidos de forma rudimentar, a partir do conhecimento empírico de uma comunidade passado de geração para geração, apresentam excelentes resultados quanto à capacidade da edificação em não agredir o meio em que se insere.

⁸ Arquitetura vernácula é aquela em que se empregam materiais e recursos conforme a cultura e tradição construtiva do próprio ambiente em que a edificação é construída. Desse modo, ela apresenta caráter local ou regional.



Figura 6: Adequação climática em regiões distintas.

a) Casa de taipa com cobertura em palha de coqueiro, região tropical quente e úmida

b) Iglu, habitação no clima polar

Fonte: o autor (2008).

Na Figura 6.a observamos uma edificação, típica de região quente e úmida. Apesar de sua aparência simplória e baixo índice de salubridade, expõe suas qualidades ao representar uma tentativa de adequação climática com baixo impacto ambiental. A construção, com paredes popularmente conhecidas como “taipa de mão” ou “pau-a-pique”⁹, possui cobertura em palhas de coqueiro, que possibilitam sombreamento e isolamento térmico com baixo impacto ambiental, pois tanto a palha quanto a taipa são facilmente reintegrados à natureza após o desuso da habitação.



Figura 7: Detalhe de parede em taipa de pau-a-pique

Fonte: o autor (2007).

⁹ “Taipa de mão” ou “pau-a-pique”: Estrutura feita de um engradado de madeira nativa preenchido com argila ou barro extraídos do próprio terreno.

São notáveis as limitações que esses exemplos possuem quanto aos índices de salubridade, tendo em vista sua função primária de abrigo ao homem. No entanto, o que se deseja transmitir com os exemplos é a importância didática que possuem, pois nos ajudam a observar a arquitetura sob outro prisma. Cumprem a função primária de abrigo a que se destinam causando baixo impacto ao meio-ambiente, fato que diversas vezes não ocorre em edificações que supervalorizam a estética desconsiderando os condicionantes climáticos.

Embora sob um olhar empírico pareça ser verdade, o ângulo sobre o qual a arquitetura bioclimática está fundamentada não busca condenar e/ou recriar estereótipos arquitetônicos. É inadequado relacionar arquitetura bioclimática a uma linguagem necessariamente vernácula e, tampouco, a uma aparência de “máquina”. O que parece ser mais interessante é a sobreposição de princípios, sendo a estética derivada, também, da correta adequação do edifício ao clima.

2.2.2 Estratégias bioclimáticas para a cidade de Maceió-AL

2.2.2.1 O contexto físico de Maceió

Maceió é a capital do Estado de Alagoas, e está situada no litoral nordeste do país. O Estado de Alagoas faz limite a norte e noroeste com o Estado de Pernambuco, a sul com o Estado de Sergipe, a sudoeste com o Estado da Bahia, e a leste com o Oceano Atlântico. Possui 03 mesoregiões (agreste, leste e sertão), que compõem 102 municípios. De acordo com o IBGE¹⁰ (2005) sua população está estimada em 3.015.912 habitantes, com densidade de 101,84 hab/km².

¹⁰ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.



Figura 8: Mapa de localização do município de Maceió no Estado de Alagoas.

Fonte: Wikipédia

Segundo o IBGE, a cidade de Maceió abrange um território de 511km² e possui uma população estimada em 922.458 habitantes (2006), com densidade demográfica de 1.805,06 hab/km². A cidade e dez outros municípios formam a região metropolitana de Maceió, criada pela Lei Complementar Estadual 18/98, de 19/11/1998. Maceió, como centro dessa região, limita-se a norte com os municípios de Messias, Paripueira e Barra de Santo Antônio; a sul com Marechal Deodoro, Barra de São Miguel e Pilar; e a oeste com Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e Rio Largo.

O relevo da cidade de Maceió apresenta um predomínio de terras baixas, com altitudes inferiores a 100 metros, ocorrendo, no entanto, na porção norte-noroeste, áreas onde alcança mais de 160 metros. Estruturalmente são encontradas três unidades de relevo: a Planície ou Baixada Litorânea, os Tabuleiros Costeiros e o Maciço Cristalino da Saudinha.

2.2.2.2 O contexto climático de Maceió

O município de Maceió está situado na mesoregião leste do Estado de Alagoas, latitude 9°31' ao sul do Equador e longitude 35°47' a oeste do meridiano de Greenwich. Possui clima tropical quente-úmido, apresentando pequenas flutuações diárias e sazonais de temperatura do ar e níveis de umidade geralmente altos (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2006). A principal

diferença climática na cidade é identificada entre o inverno (época das chuvas) e o verão (época da estiagem).

A umidade relativa anual é de 78,3%, ocorrendo no mês de maio a maior média mensal, 82,6%; e no mês de novembro a menor média, 74,7%. Através desses dados, é fácil perceber a baixa variação de umidade ao longo do ano, permanecendo alta inclusive nos períodos considerados mais secos (CABÚS, 2006).

A elevada média de umidade relativa do ar encontrada em Maceió se deve ao fato desta ser uma cidade com um território estreito, banhado de um lado pelo Oceano Atlântico e do outro pelo complexo lagunar Mundaú-Manguaba, além dos vários riachos que cortam o Estado de Alagoas, fato que deu à cidade o título popular de “paraíso das águas”.

A temperatura média anual em Maceió é de 24,8°C. A temperatura do ar, em geral, é menor que a temperatura da pele. A baixa latitude produz radiação solar abundante, o céu típico é parcialmente nublado, produzindo grande quantidade de radiação difusa e intensa luminosidade (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2006).

Em praticamente todo o litoral do Nordeste do Brasil, o clima tropical quente e úmido é identificado. Nessa região, há presença dos ventos Alísios de Sudeste ou Nordeste com velocidades aceitáveis (médias anuais entre 2,5 e 3,5 m/s) e pequena ocorrência de velocidades superiores a 10m/s, o que revela um grande potencial de aproveitamento da ventilação natural pelos edifícios (TOLEDO, 2006).

Na cidade de Maceió, a ocorrência dos ventos se dá com bastante frequência no quadrante leste; orientações leste, sudeste e nordeste (ver gráfico 1). O vento sudeste possui frequência regular durante todo o ano, possuindo maior presença durante a primavera e o inverno. O vento leste ocorre com maior frequência no verão e primavera, tendo menor ocorrência nas outras estações. Também durante o verão e a primavera, o vento nordeste aparece de forma

relevante. Há registro considerável de ventos também na orientação sul, sendo importante sua ocorrência durante o inverno e o outono (ver gráfico 1.a.). Para as demais orientações, a frequência dos ventos é ínfima.

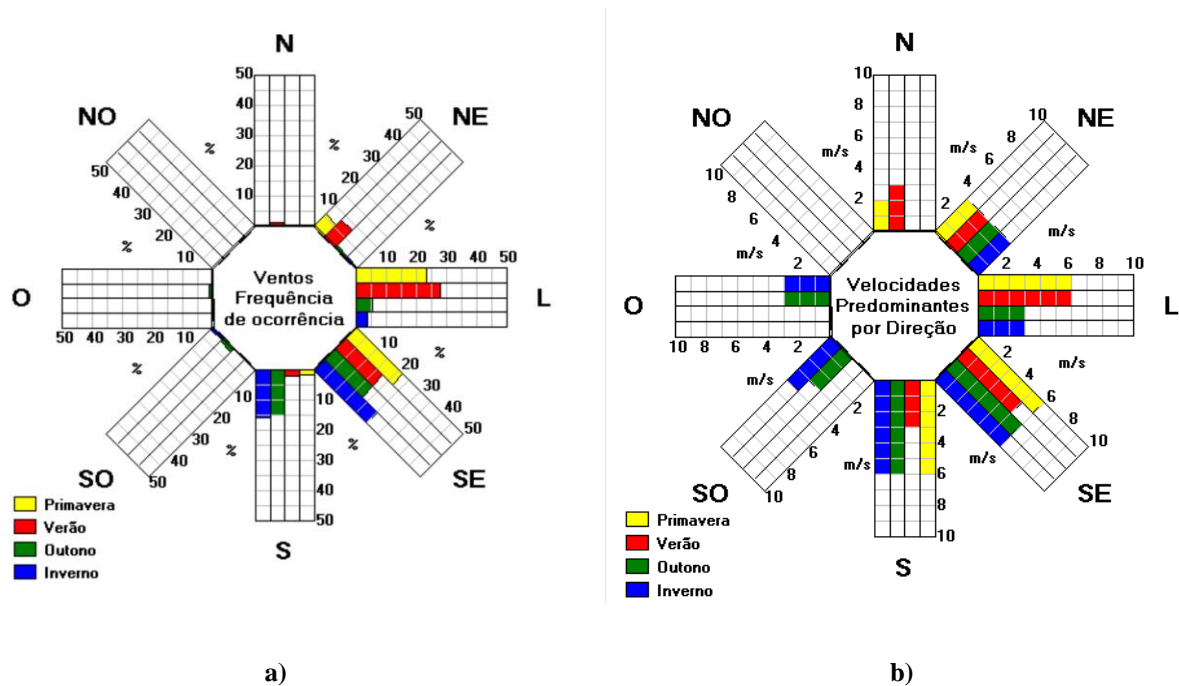


Gráfico 1: Frequência e velocidades predominantes dos ventos para Maceió-AL.

a) Frequência de ocorrência / b) Velocidades predominantes

Fonte: Programa SOL-AR Labeee-UFSC

O Gráfico 1.b. apresenta as velocidades predominantes dos ventos para Maceió. Vale observar que estes ocorrem com maior intensidade, também, para as orientações leste, sudeste, sul e nordeste. No entanto, para a orientação sul, a baixa frequência de ventilação durante o verão, apesar da boa velocidade, torna a orientação menos relevante do que aquelas que compõem o quadrante leste.

2.2.2.3 Identificação das estratégias bioclimáticas recomendadas para Maceió

Em regiões quente-úmidas, a radiação solar é responsável por grande parcela do calor total que atinge as edificações. Desse modo, as edificações devem evitar ganhos de calor externo e

dissipar aquele produzido internamente (KOENIGSBERGER et al., 1974), (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2006).

De modo análogo, as estratégias de projeto para conseguir um bom nível de conforto térmico em clima tropical úmido devem controlar os ganhos de calor; dissipar a energia térmica interna do edifício; remover a umidade excessiva e permitir boa movimentação do ar (CORBELLA e YANNAS, 2003, p.37).

A ventilação natural e o sombreamento da envolvente destacam-se, então, como as duas principais estratégias bioclimáticas para edificações nesse tipo de clima. O padrão de ar recomendado deve garantir o cumprimento das funções conforto térmico e qualidade do ar interior (TOLEDO, 2006).

Essas estratégias são apontadas em estudos realizados por Lamberts *et al* (1997) sobre a carta bioclimática de Givoni (1992), adaptada para os dados meteorológicos da cidade de Maceió (ver Figura 9). Verifica-se, na carta, grande concentração de pontos na zona 2 (zona de ventilação natural) e boa concentração na zona 1 (zona de conforto), e demonstra condições climáticas favoráveis na cidade ao alcance de conforto térmico através de estratégias de baixo consumo energético.

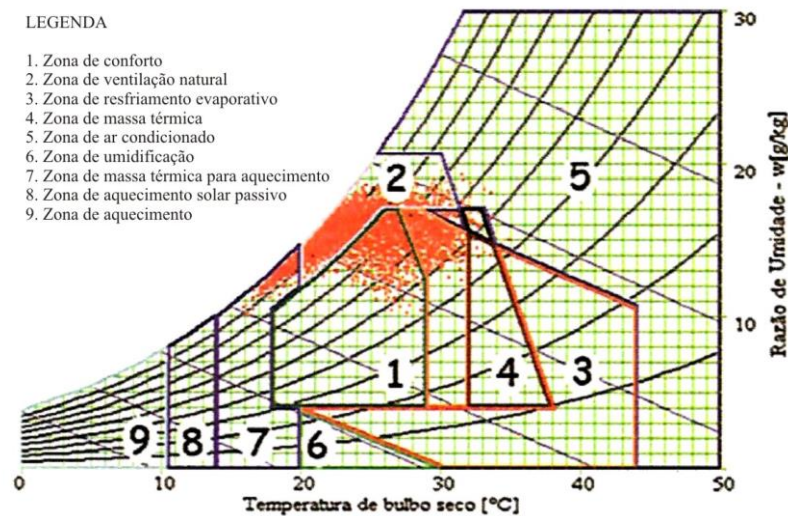


Figura 9: Carta bioclimática para a cidade de Maceió-AL.

Fonte: LAMBERTS et al, 1997

Percebe-se que a quantidade de pontos encontrados na zona 5 (zona de ar condicionado) é insignificante, demonstrando que o uso desse tipo de aparelho não representa uma estratégia imprescindível ao conforto térmico nos edifícios de Maceió. No entanto, alguns fatores relacionados às preferências pessoais ou imposições das configurações arquitetônicas, que não seguiram esse potencial teórico, tornam comum a utilização do aparelho na cidade.

Conforme citado no item 1.2 deste trabalho, a necessidade de isolamento acústico e escurecimento, sobretudo nos dormitórios; proteção contra insetos e controle da excessiva umidade do ar na madrugada, são algumas das razões para utilização do aparelho de ar condicionado (TOLEDO, 2006).

A consideração desses fatores é de extrema relevância na adequação climática das edificações, visto que o uso da ventilação natural apresenta situações de conflito com o atendimento de tais demandas, sobretudo no período noturno.

Desse modo, é importante que haja exploração vasta de estratégias de captação e distribuição da ventilação natural para que a ocorrência destes fatores não torne ineficaz sua utilização nos edifícios. Tais estratégias serão discutidas no subitem 2.2.2.4.

O uso correto da ventilação natural contribui, inclusive, para o combate ao desconforto causado pela umidade, visto que o conforto humano parece não ser muito sensível aos aumentos da umidade quando existe movimento do ar no ambiente, se a temperatura efetiva estiver em torno daquela requerida para obtenção do conforto térmico (YELLOTT, 1981).

O fato da utilização do ar condicionado estar também relacionada ao controle da umidade nas edificações de Maceió parece, então, estar relacionado com a negligência de diversos fatores ambientais por parte do tratamento arquitetônico das edificações, o que, conseqüentemente, prejudica a utilização da ventilação natural. Sobretudo em edificações residenciais verticalizadas, o tipo e disposição das esquadrias em geral não permitem circulação contínua da ventilação natural, o que provoca desconforto causado, também, pela elevada umidade do ar.

2.2.2.4 Ventilação natural e sombreamento

A ventilação natural é o processo de movimentação do ar pelo interior do edifício, através de suas aberturas planejadas. Ela apresenta três importantes funções: assegurar a qualidade do ar, quando as condições externas são favoráveis; proporcionar conforto térmico aos usuários e promover resfriamento estrutural do edifício. Essas funções relacionam-se com a saúde, segurança e bem-estar do usuário, além de proporcionar economia de energia elétrica aos edifícios (TOLEDO, 2006).

Segundo Yellot (1981), conforme citado anteriormente, a movimentação do ar contribui também com a redução do desconforto causado pela umidade do ar, quando a temperatura efetiva encontra-se dentro daquela requerida para obtenção do conforto térmico.

Para uma avaliação correta da utilização da ventilação natural nas edificações, além de considerar sua freqüência e intensidade, é fundamental observar os períodos de calmaria de

forma cuidadosa. A eventual verificação de longos períodos dessa natureza e de baixa velocidade dos ventos durante as tardes de verão inviabilizaria a ventilação natural como estratégia de resfriamento dos espaços arquitetônicos (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2006).

No entanto, os dados referentes aos ventos na cidade de Maceió, apresentados anteriormente no Gráfico 1, bem como nas Tabelas 1 e 2 a seguir, demonstram que existe um forte potencial de ventilação natural para a cidade. Além disso, as maiores velocidades são mais frequentes no período da tarde, onde a temperatura do ar é mais elevada e, conseqüentemente, o vento se faz mais necessário para obtenção de conforto térmico.

Tabela 1 - Velocidade dos ventos predominantes para a cidade de Maceió-AL

Fonte: Programa SOL-AR Labeee-UFSC. Adaptado pelo autor.

VELOCIDADES PREDOMINANTES				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
N	2 m/s	3 m/s	0 m/s	0 m/s
NE	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s
L	6 m/s	6 m/s	3 m/s	3 m/s
SE	6 m/s	5 m/s	6 m/s	6 m/s
S	6 m/s	3 m/s	6 m/s	6 m/s
SO	0 m/s	0 m/s	3 m/s	4 m/s
O	0 m/s	0 m/s	3 m/s	3 m/s
NO	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s

Tabela 2 - Fração de ventos ausentes (calmarias) para a cidade de Maceió-AL

Fonte: Programa SOL-AR Labeee-UFSC. Adaptado pelo autor.

VENTOS AUSENTES (CALMARIAS) (%)				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Madrugada	96.7%	92.9%	95.2%	90.3%
Manhã	28.7%	29.6%	50.7%	45.9%
Tarde	0.6%	0.0%	5.7%	4.5%
Noite	64.3%	52.6%	83.3%	75.4%

É fundamental que, ao lado da ventilação natural, o sombreamento seja utilizado como estratégia de redução de ganhos térmicos por insolação em regiões quente-úmidas. A

utilização simultânea da sombra e do vento parece ser a estratégia construtiva mais adequada para esse clima.

Para o aproveitamento da ventilação natural e sombreamento adequado nas edificações, decisões acertadas durante a fase de projeto são fundamentais. A utilização de beirais e varandas; a especificação correta da forma, dimensão, tipologia e localização das aberturas; o uso do *brise-soleil*¹¹, contribuindo com a proteção contra insolação; o uso do peitoril ventilado, incrementando a captação dos ventos; são algumas estratégias projetuais que viabilizam o bom desempenho climático das edificações (ver Figura 10). Além disso, esses elementos podem ser utilizados como importantes ferramentas de composição estética.

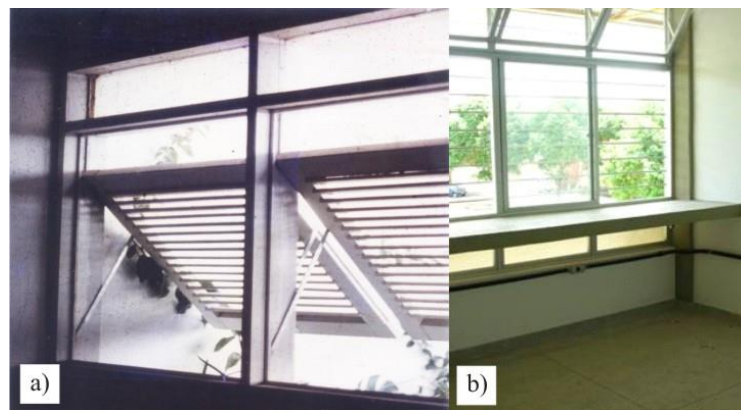


Figura 10: Diferentes tipologias de janelas.
 a) Janela de madeira com veneziana. b) Janela de alumínio com peitoril ventilado.
 Fonte: BITTENCOURT, 2006

Vale lembrar que a exploração dessa vasta gama de estratégias por parte do processo criativo do arquiteto pode minimizar decisivamente os conflitos existentes entre o uso da ventilação, o conforto acústico e luminoso nas edificações; bem como controlar a penetração indesejada de agentes externos à edificação, como os insetos, por exemplo.

¹¹ *Brise-soleil* é uma expressão francesa cuja tradução literal seria quebra-sol, embora seja comum a utilização em português apenas das palavras *brise*, ou simplesmente *protetor solar*. Fonte: MARTINS, 2007

2.2.3 Estratégias bioclimáticas x edifícios residenciais em Maceió/AL

Na cidade de Maceió, percebe-se a rara ocorrência de edifícios residenciais nos quais se identifique elementos que demonstrem intenção em aproveitar as estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade forma otimizada. Os poucos exemplos que existem são bastante antigos.

É curioso constatar a não observância de tais estratégias nos projetos de arquitetura, tendo em vista que resultaria em benefícios relativos ao conforto ambiental e à economia de energia elétrica, fato que poderia ser explorado como uma importante estratégia de valorização no mercado imobiliário.

Atitudes simples, como uma melhor distribuição das aberturas e detalhamento criterioso das esquadrias, poderiam melhorar sensivelmente os níveis de circulação interna de ar nos apartamentos, sem representar relevantes custos adicionais aos empreendimentos.

A influência de tais atitudes sobre a circulação interna dos ventos nos apartamentos tem sido observada empiricamente por alguns moradores. Um caso curioso ocorre no edifício da Figura 11, onde alguns condôminos têm solicitado a substituição das portas de alguns dormitórios por esquadrias vazadas, ao observar a perda no potencial de ventilação pelo impedimento que a porta com painel de madeira compensada causa à continuidade do fluxo do vento nos ambientes.

“Tenho observado que a ventilação do quarto de casal é muito boa, mas quando fecho a porta do quarto o vento para de circular. Vou substituir a porta por alguma que seja vazada, porque acho que dá para não usar ar condicionado no ambiente.”

(Dr. Marcus Mousinho, promotor de justiça, morador do apartamento 201. Relato colhido pelo autor, em 2007).

Em contrapartida, é constante o uso de aparelhos de ar condicionado na edificação. Verifica-se que, em todos os dormitórios, existe local destinado ao uso do aparelho tipo *split*¹² (ver Figura 11).

O projeto arquitetônico da edificação prevê nichos para a locação de condensadores¹³ de ar condicionado nas fachadas. Tendo em vista que o condensador é um elemento esteticamente indesejado por grande parte dos arquitetos, em geral é localizado nas fachadas poentes e posteriores à rua principal. Isto contribui com a redução do nível de eficiência energética do sistema de climatização devido ao alto índice de insolação que incide sobre os equipamentos. Este fato se repete em grande parte das edificações construídas nos últimos 05 anos na cidade.

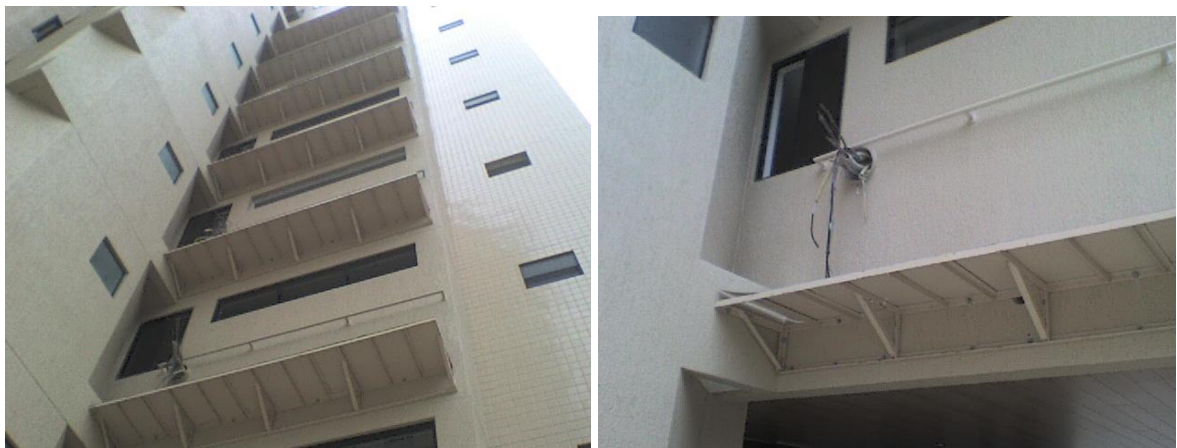


Figura 11: Edifício Palazzo Ducale, bairro de Ponta Verde, Maceió-AL.
Previsão para locação de condensadores de ar condicionado na fachada noroeste do edifício.
Fonte: o autor (2006)

A predisposição ao uso dos aparelhos de ar condicionado influencia na utilização de esquadrias de alumínio e vidro, junto com portas internas em painel compensado para aperfeiçoar o desempenho energético dos aparelhos de ar condicionado através da redução de

¹² Ar condicionado tipo *split* é aquele caracterizado por possuir a unidade evaporadora separada da unidade condensadora.

¹³ A unidade condensadora de um sistema de ar condicionado é aquela responsável pela eliminação do ar quente para o ambiente externo.

infiltração do ar nos ambientes internos, fato antagônico à captação e distribuição interna da ventilação natural.



Figura 12: Edifício Caiana, bairro do Farol, Maceió-AL. Fachada com grandes janelas em vidro.
Fonte: o autor (2006)

O edifício da Figura 13, em sua fachada leste, utiliza grandes vãos com janelas de correr em caixilharia de alumínio e fechamento em vidro nas salas. A entrada abundante de luz natural pode, apesar de garantir níveis de iluminância adequados para as atividades desempenhadas nos ambientes internos, causar ofuscamento em alguns casos. A inexistência de varandas ou beirais na fachada permite a entrada de chuva e penetração da radiação solar, que pode causar, mesmo apenas no período da manhã, danos ao mobiliário do apartamento, além de produzir excessivo aquecimento dos ambientes ali localizados.



Figura 13: Edifícios na orla marítima de Maceió. Recorrência de fachadas em vidro.
 Fonte: o autor (2006)

Essa situação pode ser identificada em diversos outros edifícios da cidade, como se pode observar na Figura 13. Outro fato que tem sido recorrente na cidade de Maceió é a ocorrência de reformas para integração das varandas às salas dos apartamentos, conforme pode ser observado no edifício da Figura 13.a. e Figura 13.c.

Muitos moradores, sobretudo das edificações localizadas nas quadras de frente para o mar, atribuem tais reformas à alta velocidade dos ventos nessa faixa edificada. Alguns moradores consideram a varanda um espaço desperdiçado devido ao vento forte, que torna incômoda a utilização do espaço, preferindo a integração com a sala e o isolamento aos ventos através da utilização do aparelho de ar condicionado.

Esse é um fato alarmante no tocante a adequação climática das edificações em Maceió, visto que o grande potencial de ventilação das localidades mais privilegiadas da cidade acaba sendo mal utilizado em alguns apartamentos. O baixo potencial de controle de ventilação oferecido pelas esquadrias de correr utilizadas nos edifícios residenciais contribui para tal fato. Além

disso, a ausência das varandas reduz o sombreamento das áreas envidraçadas, o que acarreta no problema identificado no edifício da Figura 12.

Esses são alguns exemplos dentre vários encontrados na cidade com o mesmo perfil. O desinteresse em adequar corretamente o edifício ao clima desencadeia uma série de situações em que o consumo de energia poderia ser reduzido através de soluções de projeto que não inviabilizariam os empreendimentos.

2.2.4 Influência do entorno no desempenho energético dos edifícios

Na cidade, o espaço construído tem na edificação uma das células fundamentais que compõem o tecido urbano (PEIXOTO, 2005). Entendida como o meio-ambiente adaptado pela ação do homem para a realização de suas atividades, a cidade é o palco onde mais se observa os fenômenos do processo de desenvolvimento. Nas últimas décadas, a atração promovida por esse processo tornou o meio urbano populacionalmente cada vez mais denso.

Esse fenômeno tem provocado conseqüências inevitáveis. O aumento populacional faz crescer a demanda por residências, comércio, serviços e indústrias, que necessitam de espaço edificado para operarem. Por sua vez, em grande parte, o crescimento no consumo de energia elétrica se dá em proporção de desperdício.

Estima-se que a taxa de crescimento energético em uma cidade corresponda a duas vezes o seu crescimento populacional. Ou seja, a cada 1% de crescimento populacional no meio urbano, observa-se 2% de aumento de consumo energético (SANTAMOURIS *et al*, 2001). Essa proporção não se deve unicamente a fatores diretos relacionados com o consumo de energia, como usar um eletrodoméstico, nem tão somente com a questão da adequação climática dos edifícios. A questão é ainda mais ampla, e deve ser observada numa escala

macro, para que se identifique e compreenda possíveis causas que resultam em maior consumo de energia elétrica.

A interação entre os diversos elementos da cidade junto à ausência de estratégias bioclimáticas no planejamento urbano incrementa sua temperatura. A presença maciça de materiais com elevada capacidade de armazenamento de calor nas edificações, aumentando a absorção de radiação solar; a diminuição da umidade do ar, provocada pela presença dominante de superfícies impermeáveis; a redução da velocidade do ar, devido à geometria e ao adensamento da malha urbana, causando redução na perda de calor sensível; a queima de combustíveis por veículos, bem como a ação do metabolismo animal; são alguns fatores que tornam mais elevada as temperaturas do meio urbano em relação a áreas adjacentes.

Esse fenômeno é conhecido como “ilha de calor”. É resultante do processo de urbanização e ocorre especialmente à noite, quando as cidades apresentam temperaturas maiores que o meio rural ou menos urbanizado que a rodeia. Sua maior ocorrência coincide, com frequência, com o centro das cidades, onde a malha edificada é mais densa (BARBIRATO, SOUZA e TORRES, 2007).

A deficiência ou inexistência de planejamento urbano, buscando ações preventivas antes do assentamento das populações, refletidas por planos diretores e códigos de edificações não adaptados ao aproveitamento de fatores que promovam conforto ambiental com baixo impacto energético, contribuem para a ocorrência dos fenômenos físicos que resultam nas ilhas de calor. A Figura 14 mostra o efeito causado pela elevação do ar quente da cidade, até estacionar em áreas mais frias, desenvolvendo um sistema circulatório que caracteriza as ilhas de calor.

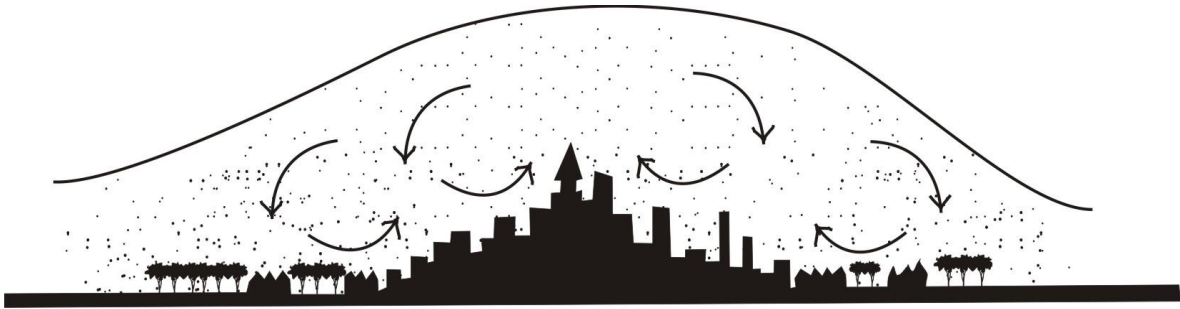


Figura 14: Corte esquemático de uma área urbana sob efeito das ilhas de calor.
Adaptado de Hough, 1998.

Pesquisas realizadas por Santamouris (2001) afirmam que de 3 a 8% da atual demanda de eletricidade nos EUA é usada somente para compensar os efeitos das ilhas de calor. Além dos impactos ambientais causados, como a emissão de gases nocivos sobre a camada de ozônio, deve-se levar em consideração o impacto econômico desse desperdício. Estima-se que o custo financeiro causado somente pelas ilhas de calor no verão dos EUA pode chegar a US\$ 1 milhão por hora, em torno de US\$ 1 bilhão por ano (AKBARI *apud* SANTAMOURIS *et alli*, 2001).

A ausência de estratégias bioclimáticas para viabilizar a existência de um espaço urbano naturalmente confortável faz com que a alta densidade de massa térmica existente na malha urbana, junto com diversos outros agentes na cidade contribua com o incremento da temperatura do ar, acarretando aumento do consumo de energia por aparelhos de ar condicionado para se atingir níveis desejáveis de conforto.

Por ser um aparelho que necessita de isolamento em relação ao meio externo para operar com eficiência, possibilita, além de uma rápida resolução no nível de conforto térmico, o isolamento acústico do indivíduo em relação aos ruídos externos. Dessa forma, esses aparelhos são utilizados em larga escala como uma solução temporária ao desconforto causado e/ou incrementado pelo meio ambiente urbano.

Esses dados nos ajudam a compreender que é notadamente factível a contribuição negativa das ilhas de calor sobre diversos fatores, e que a redução de seus impactos térmicos com o uso de aparelhos de ar condicionado é uma combinação altamente não recomendada para o equilíbrio ambiental.

Esse quadro, por representar um desperdício recorrente, resultado de um baixo grau de resolução bioclimática, tanto no planejamento dos edifícios, quanto no espaço urbano, representa sintomas de uma doença que aflige diversas cidades contemporâneas. Pode ser vista como a consequência do desperdício, que gera mais desperdício.

Apesar da contundência do fenômeno das “ilhas de calor” ser maior em grandes cidades, onde existem regiões metropolitanas fisicamente estabelecidas, os efeitos indiretos são sentidos por todos. A contribuição desse fenômeno urbano sobre o aquecimento global faz com que todo o planeta pague a conta final.

O aumento da temperatura urbana provoca aumento no consumo de energia, que gera maior emissão de gases nocivos à camada de ozônio (sobretudo em regiões dependentes de combustíveis fósseis como matéria-prima energética), contribuindo com o aumento da temperatura global. Nessa lógica, quanto maior o aquecimento global, maior o consumo de energia para sair do desconforto térmico, e vice-versa. Assim, maior a ocorrência de fenômenos naturais intempestivos.

Assim, hoje, o maior problema do desperdício energético não é mais simplesmente a possibilidade da demanda ser maior que a disponibilidade de fornecimento. A questão já ultrapassa a simples dúvida de ter ou não ter energia elétrica, atingindo a real possibilidade de extinção da vida humana. Se hoje o termo desenvolvimento parece ser antagônico ao meio-ambiente, o grande desafio do futuro é torná-los lados de uma mesma moeda. Meio-ambiente

e desenvolvimento devem caminhar juntos, pautados em valores como respeito, compreensão e solidariedade.

Portanto, não se pode mais encarar o problema com indiferença. Além das mudanças necessárias nas grandes metrópoles, deve-se aumentar o nível de preocupação com cidades de menor porte, ainda em processo de metropolização, como a cidade de Maceió-AL. Alguns estudos em âmbito nacional têm concluído que os efeitos das ilhas de calor não ocorrem somente nas metrópoles brasileiras, mas necessariamente em áreas urbanas (TEZA *et alli*, 2005).

No entanto, essas cidades, pelo fato de não terem crescido como as grandes metrópoles, são as que, hoje, têm maior possibilidade de utilizar a constatação negativa dos efeitos do crescimento descriterioso como ferramenta para programar mudanças efetivas, no objetivo de construir um meio-ambiente urbano menos agressivo e mais solidário para com as gerações futuras.

2.2.5 Considerações finais do capítulo

A ausência de estratégias bioclimáticas, tanto nas edificações, quanto em escala urbana, é um fator de multiplicação do desperdício energético. Junto ao desperdício de energia, estão o desperdício econômico – dado o alto valor pago nos dias atuais por energia elétrica – e os impactos gerados sobre o meio-ambiente.

É um fato preocupante observar constantemente a utilização desnecessária de meios para obtenção de conforto térmico que demandam grande quantidade de energia elétrica na cidade de Maceió. Há um grande conflito causado pela falta de critério ambiental das edificações residenciais da cidade. O ar condicionado, equipamento que deveria ser acessório pouco utilizado pelo edifício, parece ser meio de conforto térmico mais “obrigatório” do que a ventilação natural.

Não é difícil constatar tal fato, sobretudo nas classes econômicas mais favorecidas. É bastante comum ouvir o discurso a favor da utilização do ar condicionado, sendo a ventilação natural colocada em segundo plano. Nos edifícios residenciais, com o passar do tempo, o ar condicionado tem deixado de ser um aparelho marcante apenas nos dormitórios, para figurar em ambientes até então pouco presentes, como nas salas, por exemplo.

Essa realidade é fruto de uma cadeia equivocada de padrões construtivos utilizados nos edifícios. O baixo nível de detalhamento e adequação das esquadrias ao sol, vento e chuva junto ao uso soberano de esquadrias de alumínio e vidro; o uso de “peles de vidro” expostas à radiação solar junto à exclusão de ambientes importantes para o sombreamento das fachadas, como as varandas, são exemplos de fácil percepção.

Tais fatos contribuem para a constatação de uma arquitetura que, em grande parte, ao invés de oferecer conforto, amplia condições para que mais acessórios mecânicos sejam desejados para reparar os erros da própria arquitetura mal concebida. Essa é uma realidade controversa ao conceito de uma arquitetura inteligente que, enquanto meio edificado, deve dispor de meios adaptativos com baixo impacto sobre o meio-ambiente.

2.3 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Define o conceito e a evolução histórica dos aparelhos de ar condicionado e realiza uma revisão bibliográfica sobre os índices de qualidade do ar em ambientes climatizados. Discute as implicações de fatores relacionados com o uso do aparelho sobre a saúde dos usuários.

2.3.1 Considerações gerais

As edificações têm influência decisiva sobre as condições de conforto humano. São nelas onde o homem permanece durante mais de 80% das horas diárias e dentro das quais exerce suas atividades. Neste processo, diversos agentes ambientais se relacionam com o corpo humano, o qual pode absorvê-los ou concorrer contra seus efeitos. Na luta por conseguir equilíbrio biológico, processam-se diversas reações físicas e psicológicas, que determinam a condição de esforço fisiológico do organismo humano para se manter em conforto (OLGYAY, 1973).

Com o objetivo de tornar constantes as condições térmicas em ambientes internos através do controle de temperatura, umidade, velocidade e pureza do ar, os aparelhos de ar condicionado surgiram na primeira década do século XX. O aparecimento desses equipamentos deu-se como resposta a estudos anteriores sobre a influência das condições higrotérmicas sobre o rendimento no trabalho, visando efficientizar a produção operária nas indústrias.

Com o impulso tecnológico ocorrido durante a revolução industrial, o ar condicionado sofreu um processo de evolução até ser produzido em escala de mercado para uso em residências a partir dos anos 1950. No Brasil, isso teve início na década de 1960. A partir dos anos 1990, a própria arquitetura o incorporou como elemento de uso corriqueiro para solucionar o desconforto térmico nas edificações.

A tecnologia de condicionamento do ar oferece vantagens para diversas atividades. A evolução econômica de grandes corporações comerciais, devido à melhoria no conforto

oferecido aos funcionários e clientes; a possibilidade de dotar salas de cirurgia, quartos de hospitais e clínicas com condições ideais para a recuperação de pacientes; a evolução da indústria, com melhorias no desempenho da classe operária, bem como melhor funcionamento de equipamentos; dentre outros benefícios a diferentes setores são exemplos positivos.

Isso ajudou a tornar o aparelho de ar condicionado um produto cobiçado no dia-a-dia de muitas pessoas, fato que perdura até os dias atuais. No entanto, apesar de suas vantagens, seu processo de funcionamento tradicional se dá apenas em ambientes fechados, como uma negação das condições climáticas do entorno, fato que gera desvantagens diversas.

Existem questões importantes a serem consideradas quanto ao uso abusivo e/ou inadequado dos aparelhos de ar condicionado. O consumo adicional de energia elétrica, causado pelo desperdício devido à dissipação de calor na atmosfera por ocasião do processo de trocas de calor do agente refrigerador; os custos ambientais e financeiros (forte impacto nas contas de energia) decorrentes desse desperdício, conjuntamente com os valores envolvidos na compra e manutenção dos equipamentos; as condições sanitárias do ar interno, devido à falta de manutenção dos aparelhos à redução de potencial de renovação do ar; são alguns pontos passíveis de discussões mais cuidadosas.

Pesquisas têm apontado a existência de “edifícios doentes”, gerando a “síndrome dos edifícios doentes” (SED) em pessoas sujeitas a desenvolver patologias relacionadas com a exposição a elementos nocivos à saúde nos ambientes internos, sobretudo em situações agravadas pela falta de adequação na instalação, uso e manutenção dos aparelhos de ar condicionado.

2.3.2 Conceituação

2.3.2.1 Condicionamento do ar

O processo de condicionamento do ar ocorre com o controle simultâneo da temperatura, umidade, movimentação e pureza do ar em ambientes fechados. O processo de condicionamento do ar necessita de uma série de operações de tratamento do ar, classificadas em: purificação, aquecimento, umidificação, refrigeração, desumidificação e mistura (COSTA, 1991). Em climas quentes e úmidos, os sistemas de ar condicionado em geral são utilizados para controle de purificação, refrigeração e desumidificação do ar.

O processo de purificação consiste na eliminação de partículas sólidas (poeiras, fumaças e fumos) e até mesmo líquidas em suspensão. Para tal, utiliza câmaras de retenção de pó, filtros secos, filtros de carvão ativado, filtros úmidos, lavadores de ar e filtros eletrostáticos (COSTA, 1991).

O processo de refrigeração pura do ar é obtido colocando-se o ar em contato com uma superfície fria, a uma temperatura igual ou superior a sua temperatura de orvalho. Para tal, utiliza serpentina evaporadora (resfriador de expansão direta); serpentina de água gelada (resfriador de expansão indireta); borrifadores de água gelada; serpentina resfriadora com borrifadores de água. O processo de desumidificação do ar procura reduzir o conteúdo de umidade do ar. É obtido por meio de refrigeração, por meios químicos e por absorção (COSTA, 1991).

2.3.2.2 Tipos de sistema de condicionamento do ar

Os aparelhos de ar condicionado são sistemas mecânicos utilizados para tais finalidades, dotando ambientes internos com características particulares ao exercer controle sobre as

variáveis ambientais que determinam a qualidade do ar e a sensação de conforto térmico pelo homem.

Os aparelhos de janela ou individuais (ver Figura 15) são os mais frequentemente utilizados em residências. São simples e compactos, e reúnem sob o mesmo invólucro o condensador e o evaporador (LAMBERTS *et al*, 2004). Dentre os disponíveis no mercado, é o modelo de mais fácil instalação, pois todos os seus componentes se encontram num único volume.

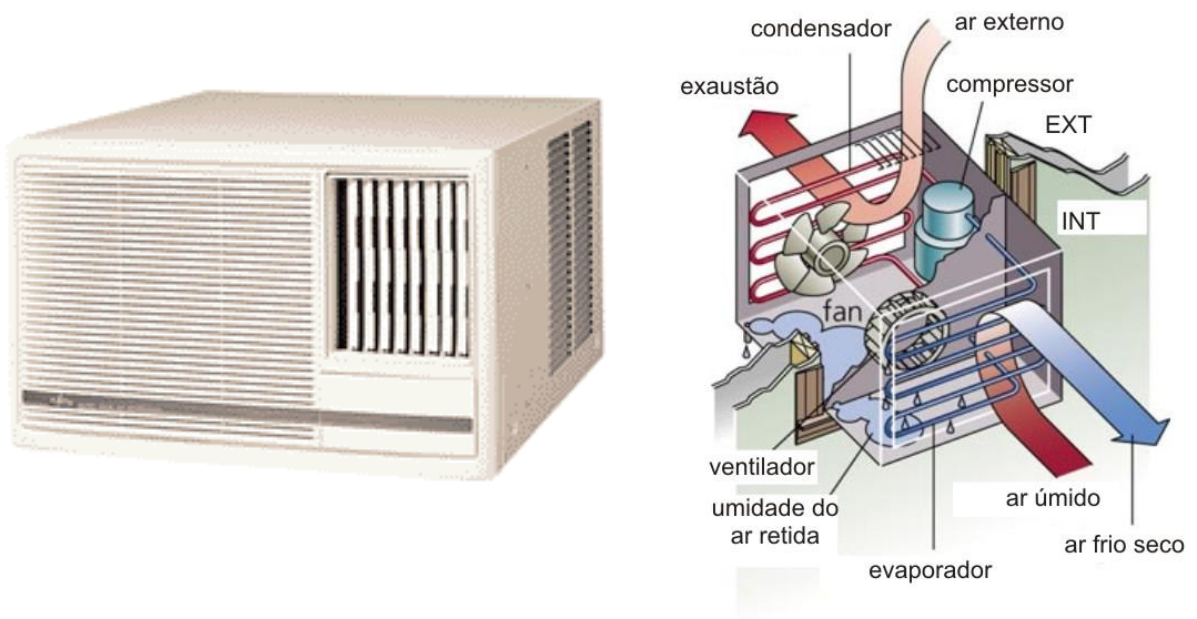


Figura 15: aparelho de ar condicionado de janela / esquema de condicionamento do ar

Fonte: http://www.daviddarling.info/images/air_conditioner.jpg. Acesso em 12/02/2008.

Adaptado pelo autor (2008).

Hoje, alguns modelos de ar condicionado de janela consomem menos energia elétrica do que antes. Contudo, como trabalham com baixas capacidades, possuem os maiores níveis de perda energética, sendo o modelo mais ineficiente dentre todos os tipos (CORBIOLI, 2004). Seu funcionamento se dá basicamente através da sucção do ar externo, que é condicionado e entregue ao ambiente interno.

Até pouco tempo esses aparelhos possuíam capacidade de refrigeração variando entre 7.000 e 30.000 Btu/h. Hoje, alguns fabricantes produzem modelos de janela a partir de 5.000 Btu/h

visando atender a ambientes de menor volume. No entanto, os modelos mais comuns são os de 7.500 (7.000 e 7.300), 9.000, 10.000 (10.500), 12.000 (12.200), 15.000, 18.000, 21.000 e 30.000 Btu/h.

Nos últimos anos, os sistemas do tipo split (ver Figura 16) têm sido usados com frequência em residências, sobretudo em edifícios multifamiliares. Esses sistemas se caracterizam por possuir a unidade condensadora (externa) separada do evaporador (interna), produzindo menor ruído para ambiente interno.

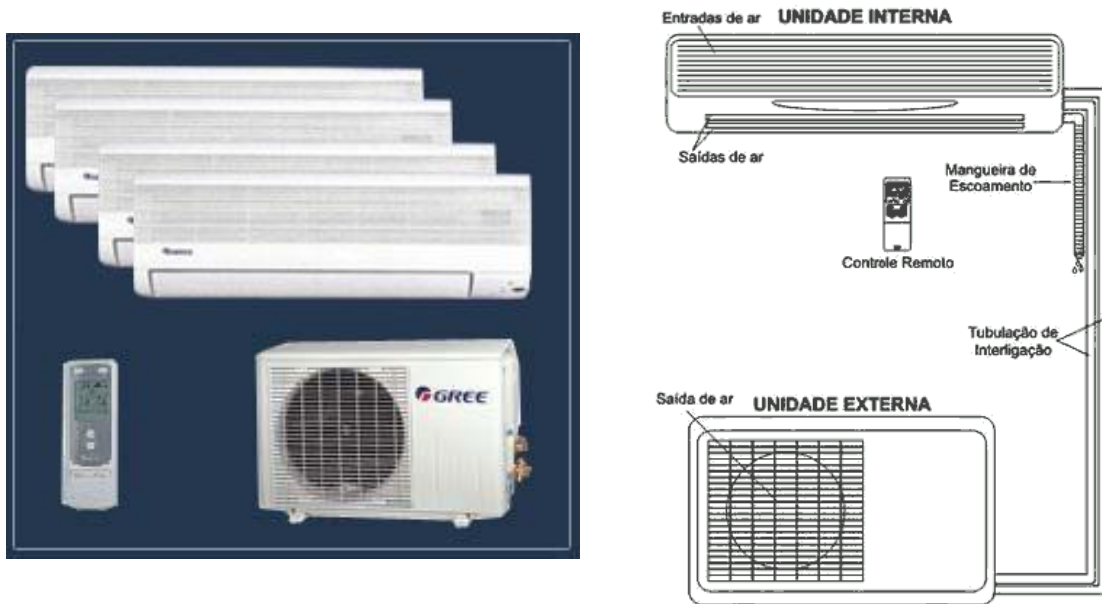


Figura 16: aparelho de ar condicionado tipo minicentral multisplit / esquema unidades interna e externa.

Fonte: <http://www.meloar.com.br/curios1.gif>. Acesso em: 12/02/2008.

2.3.2.3 Evolução histórica dos aparelhos de ar condicionado

O sistema de ar condicionado foi inventado em 1902 pelo engenheiro Willis Carrier, formado pela universidade de Cornell, Nova York. A invenção teve como objetivo inicial resolver os problemas no processo de impressão enfrentados durante os períodos úmidos, sobretudo no verão, pela indústria gráfica nova-iorquina Sackett-Wilhelms Lithography and Publishing Co.,

devido à falhas nas imagens impressas geradas pela umidade do ar absorvida pelo papel (COUTO, 2002).

A idéia de Carrier baseou-se na premissa de que seria possível retirar umidade do ar existente na área de impressão da fábrica pelo resfriamento do ar. Com isso, o engenheiro desenhou uma máquina que fazia com que o ar circulasse por dutos resfriados artificialmente, controlando temperatura e umidade do ar. Este é o primeiro exemplo de condicionamento de ar contínuo por processo mecânico registrado na história.

Em 1904, o invento tornou-se público, tendo sua idéia estendida para outros setores industriais, como: indústrias de papel, laboratórios farmacêuticos, indústrias de fumo e, principalmente, o setor têxtil. Vale ressaltar que inicialmente o uso de ar condicionado visou objetivamente o controle de temperatura e umidade para aumento da eficiência no processo de produção industrial. Logo, estudos relativos à influência do conforto térmico sobre o desempenho das atividades humanas levaram o equipamento a buscar também essa finalidade (COUTO, 2002).

Em 1914, pela primeira vez o equipamento é utilizado para fins de conforto numa residência, precisamente na mansão de Charles G. Gates, localizada no Estado de Minnesota, EUA. O equipamento foi desenhado por Carrier, e media 6 metros de profundidade, 1,8 metros de largura e 2,1 metros de altura. Subsequentemente, o aparelho tem uso disseminado para hospitais, contribuindo para a redução da mortalidade infantil através do controle de umidade, reduzindo problemas respiratórios e de desidratação (COUTO, 2002).

Os anos 1920 foram de extrema importância para a introdução do aparelho em escala de mercado, tendo sido em 1922 instalado no Grauman's Metropolitan Theatre, em Los Angeles. Essa foi a primeira utilização do ar condicionado num local público. A partir daí, o aparelho começa a ser visto como um produto de reais benefícios à economia incrementando, por

exemplo, a indústria cinematográfica, ao ser introduzido como meio de conforto nas salas de cinema, atraindo maior público em todas as estações do ano. Assim, por volta dos anos 1930, os Estados Unidos já tinham a maioria de seus teatros e cinemas equipados com aparelhos de ar condicionado. Em 1928, foi construído o primeiro edifício comercial projetado para incorporar um sistema de ar condicionado, em San Antonio, Texas, Estados Unidos.

Foi nessa época que os componentes do sistema de ar condicionado começaram a sofrer maior evolução, tornando-se cada vez mais eficientes e possibilitando maior aproximação com a produção em escala de mercado residencial. Esse nível de produção só pôde ser concretamente sentido nos anos 1950, após a 2ª guerra mundial, com o surgimento dos aparelhos de janela que, por possuir características físicas favoráveis, logo atingiu processo de produção em série, levando a uma frequência maior de uso em residências. Dados apontam que nessa época as vendas de aparelhos de janela nos Estados Unidos atingiram a marca de aproximadamente 300.000 unidades (PAUKEN, 1999).

Foi nessa época, quando a técnica de produção já se encontrava em estágio relativamente avançado nos Estados Unidos, que o Brasil começou a se desenvolver tecnicamente para a montagem dos aparelhos no país. O Brasil importava os componentes e realizava apenas a montagem dos mesmos. Só após a ocorrência de restrições quanto à importação, o país começou a produzir sistemas de ar condicionado genuinamente nacionais. O primeiro deles, foi fabricado por volta do ano de 1965 pela empresa COLDER, impulsionada pelo processo de industrialização que o país experimentava.

Desde então, a própria arquitetura incorporou esses aparelhos de forma abusiva, sendo solução corriqueiramente prevista para o desconforto térmico nos projetos arquitetônicos. Devido à boa aceitação de mercado, o produto passa a ser um elemento acessório

característico da casa contemporânea, invadindo as fachadas dos edifícios, o que de certa forma funcionou como um marco na arquitetura.

O uso disseminado de sistemas de climatização e iluminação artificiais contribuiu decisivamente com a crise energética mundial ocorrida nos anos 1970. O crescimento considerável na produção de energia necessária para atender a demanda de desperdício instalada trouxe sérios problemas ambientais, alguns deles hoje considerados irreversíveis.

Assim, é adequado citar o ar condicionado como um meio utilizado pelo homem que permitiu negar a idéia da arquitetura como expressão regional e viabilizou a implementação da arquitetura internacional, que tem como base a idéia de que é possível construir qualquer tipologia arquitetônica em qualquer lugar, pouco importando as condições climáticas de cada região. O preço pago por essa indiferença é alto, e hoje se reverte numa fonte preocupante de desperdício de energia elétrica e agressão ambiental.

2.3.3 Qualidade do ar em ambientes climatizados

2.3.3.1 Condições gerais

A composição gasosa do ar limpo e seco no nível do mar é de aproximadamente 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio, 1% de argônio e 0,04% de dióxido de carbono (ASHRAE *standard* 62, 2003). No meio urbano, essa composição ganha elementos adicionais, devido à ação dos agentes poluentes da cidade. Atualmente, essa questão tem ganhado extrema relevância devido aos sérios problemas ambientais, sobretudo o aquecimento global, causado pela poluição humana sobre o meio em que vive.

Igualmente, é interessante observar a condição da qualidade do ar interior das edificações, muitas vezes erroneamente considerada melhor que o ar do meio urbano. Entende-se que a qualidade do ar interior possa ser igual ou pior que o ar exterior, pois o ambiente interno,

encontrando-se inserido na cidade, absorve o mesmo ar, que sofre a adição de poluentes internos (MOTTA, 2002).

Os diversos equipamentos elétricos, inclusive o próprio aparelho de ar condicionado, apesar de oferecerem em grande parte comodidade ao homem, emitem substâncias tóxicas com frequência, tornando a concentração de substâncias nocivas nos ambientes internos até 100 vezes maior que no ar exterior (MOTTA, 2002).

A condição “hermética” necessária para que se instale um aparelho de ar condicionado num ambiente interno, torna importante a observação de cuidados quanto à sua instalação, uso e manutenção. Quando não considerado o atendimento a pré-requisitos para manter o ambiente interno com níveis de salubridade do ar satisfatórios, o seu uso se torna um problema de saúde, pois, apesar de evitar a infiltração de ar externo, facilita a poluição interna através das substâncias tóxicas exaladas por equipamentos elétricos, mobiliário, revestimentos, etc.

2.3.3.2 Índices de qualidade do ar em ambientes climatizados

O conforto olfativo deriva da disponibilidade de ar puro, livre de substâncias nocivas à saúde. Para o olfato, não há tolerância ao desconforto (SCHMID, 2005). Diferentemente de outros sentidos, como o tato, onde a sensação de conforto térmico possui limites de tolerância dependendo do tipo de atividade desempenhada, adequada a diferentes variáveis humanas e ambientais, no olfato não toleramos mais ou menos substâncias nocivas no ar por estarmos em trabalho, lazer ou repouso. O que deve ser observado nesse caso é a relação entre o odor desejado para cada tipo de atividade.

Historicamente, as maiores demandas para controle do ar interno são umidade, dióxido de carbono (CO₂), odores diversos e o tabaco provindo do cigarro utilizado pelos usuários nos ambientes internos. Estes têm sido considerados os principais elementos de demanda para renovação de ar interior nas edificações.

No entanto, a consideração da taxa de renovação de ar interno através de uma suposta qualidade do ar externo tem gerado grandes discussões, produzindo normas com índices radicalmente distintos, pois o ar externo não garante por si só a eficiência do processo. Dependendo do nível de poluição do ar externo, o mesmo suprimento de ar pode oferecer qualidade aceitável em alguns edifícios, medíocre em muitos outros e catastrófica em alguns poucos edifícios (FANGER, 1992).

Pesquisas apontam a relevância de concentração de poluentes internos provindos do mobiliário, pisos, carpetes, revestimentos, eletrodomésticos (incluindo o próprio ar condicionado), solo do entorno, etc. sendo frequentemente considerados poluentes mais importantes que os usuários do espaço (FANGER, 1992).

Fanger (1992), alerta para a necessidade de aprimoramento acerca dos projetos de condicionamento do ar, relevando a questão da qualidade do ar interno ao mesmo nível de racionalidade que é utilizado para o projeto térmico dos sistemas de ar condicionado. O autor considera duas exigências feitas por ocupantes de um espaço interno: primeiro o ar deve ser percebido como fresco e confortável em vez de viciado, abafado e causador de irritações; segundo o risco à saúde ao respirar o ar deve ser desprezível.

Baseado nisso, visando atender a média de exigência humana à qualidade do ar que respira, o autor considera a qualidade do ar alta quando há poucos insatisfeitos e riscos desprezíveis à saúde, e baixa quando há muitos insatisfeitos ou risco significativo à saúde. Diferentemente da opinião de Schmid, descrita no início deste item, Fanger considera a qualidade do ar percebida (odor) separadamente da ventilação exigida para tornar o risco à saúde desprezível.

Em 1988, Fanger quantificou as fontes de poluição de ar tomando como base uma pessoa sedentária em conforto térmico. Uma nova unidade de medida, o “olf”, foi introduzida. O “olf” é definido como a taxa de emissão de poluentes do ar (bioefluentes) de uma pessoa

padrão. O “decipol” corresponde a um “olf” ventilado com uma taxa de 10 l/s de ar puro (ASHRAE, 2003).

“A qualidade de ar percebida pode ser expressa em decipol. Um decipol é a quantidade de ar percebida num espaço com uma carga de poluição de um olf, ventilado por 10 l/s de ar limpo. 1 decipol = 0,1 olf (l/s). Um olf é definido como a poluição produzida por uma pessoa padrão.”

(FANGER, 1992)

Para chegar a essas conclusões Fanger gerou um gráfico que mostra a fração de pessoas insatisfeitas com o ar poluído por bioefluentes humanos em função da taxa de renovação de ar por ventilação, chegando ao seguinte gráfico expresso no Gráfico 2.

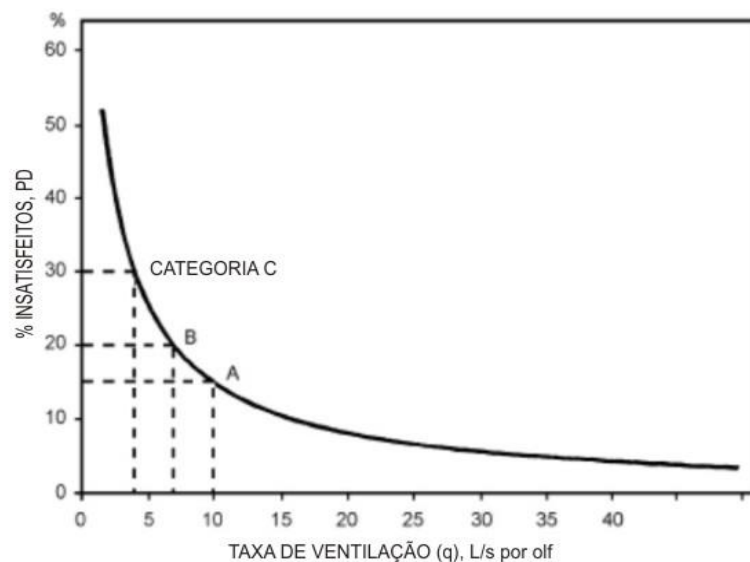


Gráfico 2: Fração de pessoas insatisfeitas em função da taxa de ventilação por pessoa padrão.

Fonte: ASHRAE (2001). Tradução do autor.

A Tabela 3 mostra os níveis de poluição de acordo com diferentes fontes. Já a Tabela 4 descreve os níveis de qualidade do ar percebido por seres humanos proposto por Fanger (1992), mostrando que quanto maior o nível de poluição, maior o nível de renovação de ar exigido. Considera-se que o limite de tolerância está na faixa de um grupo com 30% de insatisfeitos, enquanto que o ar em alta qualidade aponta apenas 10% de insatisfeitos.

Tabela 3: Poluição existente em diferentes fontes
 Fonte: ASHRAE (2001). Tradução do autor.

Fonte	Carga sensitiva
Pessoa sedentária (1 a 1.5 met)	1 olf
Pessoa exercitando-se	
- Baixo nível (3 met)	4 olf
- Nível médio (6 met)	10 olf
- Crianças, jardim de infância (3 a 6 anos)	1.2 olf
- Crianças, escola (4 a 16 anos)	1.3 olf
- Edifício pouco poluído	0.1 olf/m ²
- Edifício não pouco poluído	0.2 olf/m ²

Tabela 4: Níveis de qualidade do ar percebidos.
 Adaptado de Fanger (1992)

Níveis de qualidade do ar percebidos			
	% insatisfeita	Qualidade do ar observada (decipol)	Grau de ventilação exigida (l/s)
Alta qualidade de ar em ambiente interno	10	0,5	16
Qualidade de ar padrão em ambiente interno	20	1,4	7
Qualidade de ar mínima em ambiente interno	30	2,5	4

* Presumindo ar puro do ambiente externo e uma eficiência de ventilação de 100%

A ASHRAE *Standard 62* (2003) apresenta considerações sobre a renovação de ar, estimando que a concentração de poluentes no ar interno pode ser obtido pela seguinte equação:

$$C_i = C_o + S / Q_{oa}$$

Onde;

C_i = Concentração de poluentes internos; $\mu\text{g}/\text{m}^3$

C_o = Concentração de poluentes externos; $\mu\text{g}/\text{m}^3$

S = Quantidade total de poluentes; $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Q_{oa} = Taxa re ventilação; m^3/s

Fonte: ASHRAE *standard 62* (2003)

Segundo a *standard 62*, dessa forma, pode-se estimar a ventilação necessária para que seja atingido o nível de qualidade do ar desejado no ambiente interno. Dependendo do tipo de utilização do espaço e do tempo de permanência humana, pode ser suficiente uma qualidade de ar mínima. Já em outras situações, sobretudo em ambientes onde é necessária maior permanência, normalmente será exigido maior nível de qualidade do ar.

Em seu capítulo 26, a mesma norma recomenda a taxa mínima de renovação de ar interno para qualquer tipo de ambiente na ordem de 8 litros por segundo por pessoa, o que mantém a concentração de CO₂ nos ambientes internos dentro de uma fração de 0,07% da concentração externa, levando-se em conta a taxa de geração de CO₂ típica por ocupante. Segundo a norma, pesquisas apontam que essas recomendações atendem os níveis de satisfação de odor de aproximadamente 80% dos usuários em espaços internos.

2.3.4 Considerações finais do capítulo

As condições de pureza do ar no interior das edificações é um fator de extrema relevância para diversas áreas de estudo. Diversos avanços de pesquisas realizadas na área da medicina e da própria engenharia mecânica têm considerado essa realidade.

No âmbito das edificações é fundamental que haja um aprofundamento nos estudos, tendo em vista a utilização exacerbada de aparelhos de ar condicionado nas edificações, devido à baixa adoção de soluções favoráveis ao conforto ambiental com baixo impacto sobre o meio-ambiente.

A visão do ar condicionado apenas como equipamento que busca a solução do desconforto térmico é um fator preocupante, levando muitas pessoas a não dar a devida importância ao processo de manutenção dos aparelhos. Esse processo possui relação direta com a qualidade do ar e a saúde dos ambientes climatizados, tendo em vista que a manutenção inadequada de

filtros, tubulações e peças mecânicas eleva o nível de poluição do ar interno e o risco de problemas de saúde nos usuários.

Ou seja, para sempre haver qualidade do ar percebida e conforto térmico, o projeto de climatização deve prever as duas questões, sendo fundamental que o usuário ofereça manutenção adequada ao aparelho de ar condicionado. Nesse caso, é essencial que o custo energético por utilização do aparelho seja contabilizado junto com o custo de manutenção - não só mecânica - como de limpeza de filtros e peças do sistema.

Ampliando essa visão, os custos relativos à utilização dos aparelhos de ar condicionado pode ser estender do impacto sobre a conta de energia, passando pelos custos de aquisição e manutenção dos aparelhos, e até, em casos mais extremos, custos médicos. Quando não observada a necessidade de manutenção dos aparelhos essa possibilidade surge, sobretudo em locais de uso coletivo – edifícios comerciais, supermercados, *shopping centers*, por exemplo - onde o ar interno viciado propaga vírus e bactérias, elevando risco de contração de doenças através das vias respiratórias.

Essas questões encontram forte relevância quando o aparelho de ar condicionado não possui forte argumentação de uso, o que ocorre em regiões com condições climáticas favoráveis à não utilização ou ao uso reduzido do aparelho. A correta adequação das edificações ao clima propicia condições térmicas, acústicas, luminosas e de qualidade do ar notadamente favoráveis à não utilização desses aparelhos, reduzindo grande parte dos impactos acima descritos.

Sabe-se, conforme citado no início deste capítulo, que o aparelho de ar condicionado possui também grandes vantagens e trouxe benefícios à sociedade, principalmente em situações onde o controle absoluto da umidade, pureza e temperatura do ar é, realmente, necessário. Em contrapartida, torna-se imprescindível registrar a importância em evitar falta de critério para

uso do aparelho, devido às importantes ressalvas de ordem ambiental e econômica que sua utilização possui.

O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ

3 O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ

Caracteriza o mercado imobiliário de Maceió, descrevendo a forma de atuação deste mercado sobre a produção das edificações residenciais na cidade. Realiza uma análise sobre a influência de seus agentes sobre as decisões projetuais, fator que possui relação com o nível de adaptação climática das edificações e conseqüente nível de consumo energético nos edifícios residenciais.

3.1 INTRODUÇÃO

Podemos identificar a organização de uma cidade como um complexo sistema dotado de diversos componentes que interagem tanto numa escala concreta quanto abstrata. Nesse âmbito, o espaço construído tem sua configuração dependente da inter-relação de diversos componentes abstratos, como os aspectos políticos, sociais e econômicos.

Dentro do aspecto econômico, o mercado imobiliário é o agente que oferece ao homem os espaços construídos dos quais necessita para exercer suas atividades no dia-a-dia (morar, trabalhar, etc). Por isso, é certamente um dos setores que vendem os bens materiais mais desejados por inúmeros indivíduos em todo o mundo.

Na cidade de Maceió/AL, atualmente, os investimentos imobiliários se dão com bastante intensidade nos bairros da orla marítima. Foi nessa região onde a verticalização da cidade ocorreu de forma mais intensa, configurando uma malha urbana com grande quantidade de edifícios residenciais. Da mesma forma, grande parte dos investimentos em equipamentos públicos se deu nessas áreas, supervalorizando os imóveis ali implantados.

O Gráfico 3 mostra a quantidade de apartamentos residenciais lançados por bairros em janeiro de 2007 na cidade de Maceió. Dos bairros apontados no gráfico, apenas o Farol não faz divisa com a orla marítima, o que aponta a zona litorânea da cidade como o local onde atualmente é realizada a maior parte dos investimentos (em torno de 90%) na construção de edifícios residenciais na cidade.

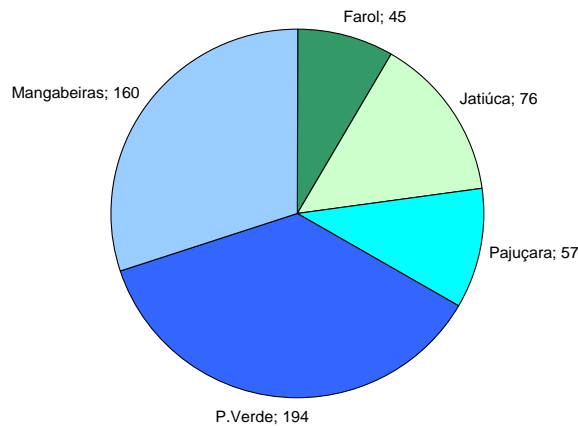


Gráfico 3: Oferta de apartamentos por bairros – janeiro/2007.

Fonte: www.sinduscon-al.org.br

3.2 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DE MACEIÓ: BREVES COMENTÁRIOS

Maceió teve seu processo de crescimento urbano intensificado a partir do final do século XIX, impulsionado pelas atividades administrativas da Capital e pela intensificação das atividades com a cultura da cana-de-açúcar e do algodão no Estado. Na década de 1940, Maceió experimentou o processo de urbanização devido ao crescimento vegetativo e ao processo de imigração campo-cidade, sendo formados novos bairros até a década de 1970. Esses bairros ocuparam áreas como o tabuleiro e as orlas marítimas e lagunar. Após 1970, a cidade experimenta o início de um processo de densificação urbana, ocorrendo verticalização notável no centro e na orla marítima.

Devido à própria estrutura geográfica do sítio de Maceió, a densificação urbana ocorreu nessas áreas. Os limites impostos pelas encostas dos tabuleiros, Oceano Atlântico e Lagoa Mundaú fez com que esse processo ocorresse principalmente na direção noroeste no tabuleiro e norte do litoral. Esse processo continua a acontecer de forma acelerada, principalmente na orla marítima, área de intensa especulação imobiliária.

Em grande parte, a especulação imobiliária na área da orla marítima, lugar de beleza exuberante, contribui para que o mercado imobiliário da cidade de Maceió-AL seja apontado

pelos próprios investidores no setor como um dos mais bem-sucedidos do país. Dentro da região litorânea da cidade, na área que vai do Pontal da Barra à parte do bairro de Cruz das Almas, o número máximo de pavimentos permitido pela prefeitura da cidade é de oito andares na beira-mar, devido ao “cone” de abrangência do Farol da Marinha do Brasil, localizado no bairro do Jacintinho.

Hoje, a especulação imobiliária de Maceió está apontada para o Litoral Norte da cidade, em bairros como Riacho Doce, Guaxuma e Ipioca, onde muitas áreas se encontram em fase de intensa valorização. Este fato tem preocupado tanto os moradores do local, quanto o poder público, devido à inexistência de infra-estrutura necessária para a ocorrência do forte processo de urbanização que se pretende no local. Em virtude disso, a área é alvo de fortes discussões na elaboração do Plano Diretor da cidade, em vias de aprovação na Câmara Municipal.

Dentre os objetivos contidos neste Plano Diretor para o setor, além das ações que visam dotar a área de infra-estrutura para o processo de urbanização, há discussão a respeito da relação entre taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento dos edifícios, além da altura máxima de construção permitida. Grandes interesses envolvem tais definições. A influência que essa questão tem sobre os custos de construção dos imóveis causa grandes divergências entre os investidores imobiliários e o poder público. Vale lembrar que o interesse fundamental deveria buscar o bem comum, levando em conta os impactos dos resultados observados em outros setores da cidade, onde a verticalização já está estabelecida.

3.3 O CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES E A FORMA DE OCUPAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

Não é difícil, ao transitar nas ruas dos bairros da orla marítima de Maceió, constatar a repetição da massa construída dos edifícios residenciais. Do mesmo modo, é simples verificar que os edifícios, em sua grande maioria, possuem ocupação padronizada nos terrenos.

A repetição da massa edificada nestes prédios surgiu basicamente de uma forma encontrada pelo mercado imobiliário de maximização dos lucros, tendo em vista os dispositivos legais oferecidos pelo código de edificações.

Esse tipo de ocupação padronizado observa a relação entre taxa de ocupação máxima, os recuos obrigatórios e o limite máximo de pavimentos estipulado pela legislação para a estrutura urbana da área, geralmente modulada em lotes de 15 metros de frente por 30 metros de profundidade. O remembramento¹⁴ desses terrenos cria diferentes proporções de área aproveitável para a construção, o que gera diferentes padrões de empreendimentos, que têm em comum a busca constante pelo aproveitamento máximo de área construída dentro dos limites impostos pela legislação da cidade.

“A fim de contrabalançar a limitação relativa ao número de pavimentos, os empreendedores imobiliários tentam obter o maior número possível de unidades habitacionais por andar. Tal comportamento tem induzido projetistas a comprometer a qualidade do conforto ambiental nas edificações, uma vez que são forçados a optar por orientações desfavoráveis aos ventos dominantes em algumas unidades habitacionais, o que vem de encontro à intenção inicial dos legisladores, que seria a de melhor aproveitar os recursos oferecidos pela ventilação natural (BITTENCOURT *et al*).

O processo de construção, desde o projeto, sempre tem como base esse fim. Conforme observado por Bittencourt *et al* (1997), o poder econômico do investidor, que em geral terceiriza os serviços profissionais para empreender seu negócio, em muito influencia a tomada de decisões dos arquitetos no ato de projetar. Por isso, soluções que programem diferenças sobre o modelo ao qual todo o processo está vinculado são consideradas dispendiosas e deixadas de lado na fase de projeto, visando reduzir o investimento inicial na obra.

No entanto, esse modelo de gestão que envolve os limites impostos pela legislação e o mercado imobiliário não parece ser o ideal. Uma pesquisa realizada por Cruz (2001),

¹⁴ Reagrupamento de lotes contíguos para constituição de unidades maiores. (FERREIRA, 1999)

constatou que apesar da preocupação com a manutenção de bons níveis de ventilação na cidade, o Código de Obras do município de Maceió nunca demonstrou o comportamento do fluxo de ar na mesma. Além disso, demonstra ainda maior ineficiência no tocante ao tratamento da envoltória dos edifícios sob o ponto de vista da configuração das aberturas dos mesmos, deixando de especificar parâmetros relacionados à direção, localização e proporção entre aberturas de entrada e saída do ar.

Uma pesquisa realizada por Bittencourt *et al* (1997) sobre a relação entre o padrão de implantação dos edifícios residenciais da cidade de Maceió e o seu potencial de ventilação, resulta em recomendações que poderiam gerar melhor desempenho nos edifícios. Os autores defendem cinco pontos básicos:

1. Redução na taxa de ocupação do lote urbano, dos atuais 50% para 25%;
2. Ampliação no limite de pavimentos para doze andares;
3. Manutenção do coeficiente de aproveitamento 4;
4. Pilotis completamente vazado, sendo permitido como área fechada somente a caixa de elevadores e escada;
5. Manutenção das fórmulas para cálculo dos recuos progressivos.

Segundo os autores, essas medidas resultam em melhor qualidade de vida aos moradores, pois implicam em:

1. Ampliação da área de lazer dos edifícios para 75% da área total do lote;
2. Melhor desempenho de ventilação natural interna dos apartamentos com a ampliação dos recuos, além de melhorar a privacidade nos mesmos;
3. Benefícios da população como um todo, com o aumento da porosidade da malha urbana, tornando a cidade mais bem ventilada.

Tendo em vista tais constatações em bairros com estrutura urbana definida, é importante orientar a implantação de edifícios noutras regiões da cidade, como o caso do litoral norte,

ainda com baixo índice de ocupação, e alvo de forte especulação imobiliária. O fato de tal região não possuir infra-estrutura de saneamento disponível deve ser um fator agravante de cautela quanto ao aumento da densidade demográfica no local.

Considerando o grande embate mundial quanto aos impactos causados pelo consumo exacerbado de energia elétrica, que vem causando danos irreparáveis ao próprio homem, é válido aproveitar a inexistência de uma estrutura física completamente estabelecida na região metropolitana de Maceió. Assim, o Plano Diretor é uma grande oportunidade de fazer com que a cidade cresça com mais responsabilidade ecológica.

3.4 O ÍNDICE DE VELOCIDADE DE VENDAS (IVV)

No mercado imobiliário de Maceió, o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Alagoas (SINDUSCON/AL) realiza pesquisas de mercado que norteiam a ação dos investidores. Dentre essas pesquisas, o Índice de Velocidade de Vendas (IVV) avalia mensalmente o desempenho de venda dos apartamentos disponíveis no mercado, obtido através do equacionamento do número de unidades habitacionais vendidas em relação ao número de unidades lançadas num determinado período de tempo (ver Tabela 5).

Com base nesse índice, o mercado equaciona, para cada faixa de renda, as características de um determinado empreendimento para contribuir com a aceleração do processo de vendas e o aumento da margem de lucro. Isso influencia a definição dos programas de necessidade dos projetos de arquitetura desses empreendimentos, sendo o arquiteto, em regra geral, criador de um projeto com características atreladas ao que pode gerar mais lucro, mesmo que a qualidade do produto final seja prejudicada.

O IVV restringe-se aos imóveis direcionados às classes de renda mais favorecidas (média e alta), localizados em geral nos bairros da orla marítima e algumas unidades no bairro do

Farol. Essa fatia representa de 40 a 50% do mercado imobiliário e conta com a participação das maiores construtoras locais (SINDUSCON, 2006).

Tabela 5: IVV: Ofertas e vendas de apartamentos por bairro – agosto/2006.

Fonte: www.sinduscon-al.org.br

BAIRROS	OFERTAS						VENDAS					
	Absoluto	%	1 dorm.	2 dorm.	3 dorm.	4 dorm.	Absoluto	%	1 dorm.	2 dorm.	3 dorm.	4 dorm.
Cruz das Almas	41	7,5	41				0	-	-	-	-	-
Farol	52	9,51			17	35	3	6,97	-	-	3	-
Jatiúca	161	29,43		47	55	59	15	34,88	-	-	13	2
Pajuçara	87	15,9		30	57		10	23,55	-	6	4	-
Ponta Verde	206	37,66		16	154	36	15	34,88	-	-	13	2
TOTAL	547	100	41	93	283	130	43	100	0	6	33	4
%	100	-	7,5	17	51,73	23,77	100	-	0	13,95	76,74	9,3

3.5 ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA E REFLEXOS SOBRE OS IMÓVEIS EM MACEIÓ-AL

Com o objetivo de introduzir novos “conceitos de vida” e intensificar desejos em suas áreas de investimento, o mercado imobiliário encontra na publicidade um forte aliado. Começam a se construir necessidades embasadas no que o mercado imobiliário enxerga como solução que irá representar mais lucro e maior IVV. Propagandas com forte teor apelativo introduzem valores abstratos nos empreendimentos, revelando o poder de valorização financeira contido na construção de desejos por parte desse instrumento publicitário (ver Figura 17). Novos empreendimentos com atrativos diferenciados, edifícios cada vez mais luxuosos e utilizando tecnologias importadas, começam a se tornar parte do cenário urbano da cidade.

Alguns desses, encontrando sucesso no processo de vendas, passam a ser reproduzidos em maior escala no meio urbano. Nesse processo, o arquiteto parece ter seu poder de criatividade

e decisão reduzido, tendo em vista que sua atuação ocorre, em muitos casos, enquanto ferramenta utilizada apenas para legitimar as demandas dos especuladores imobiliários (LEITÃO, 1999).



Figura 17: Propagandas imobiliárias de edifícios residenciais em Maceió-AL.

Fonte: arquivo pessoal.

Assim, observa-se que a definição das tipologias arquitetônicas, pode muitas vezes resultar em soluções inadequadas sob o ponto de vista da sustentabilidade e da eficiência energética, uma vez que a aceleração do processo de vendas está diversas vezes atrelada a fatores desvinculados do compromisso com o equilíbrio ambiental.

Dessa forma, começa a se produzir um espaço urbano com edifícios que, em grande parte, tendem a não possuir soluções que respondam positivamente às demandas climáticas, como ventilação natural, por exemplo.

3.6 NOVAS DEMANDAS PARA O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ-AL

A intenção em elevar constantemente o nível de rentabilidade do mercado imobiliário faz com que os empreendedores utilizem estratégias variadas de marketing, agregando características diferenciadas aos empreendimentos que buscam seduzir o mercado consumidor. Além disso,

se faz necessária a implementação de mudanças visando atender às demandas impostas pelo mercado consumidor.

Empreendedores imobiliários indicam que a partir do início da década de 2000, através de pesquisas, o mercado imobiliário da cidade de Maceió começa a identificar a preocupação do consumidor com os custos do condomínio residencial, que derivam, por exemplo, do valor da mão de obra de manutenção do prédio e do pagamento pelo fornecimento de água e energia elétrica (GAZETAWEB, 2003).

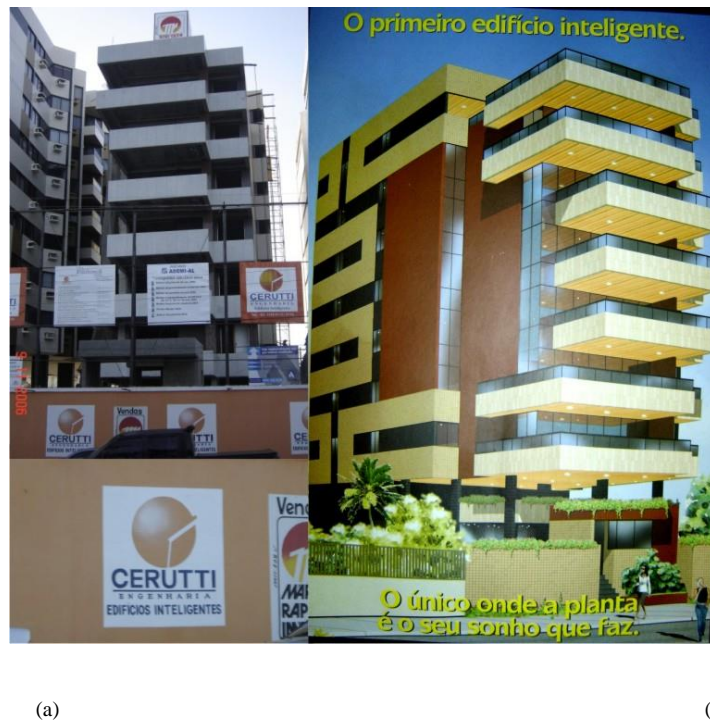
Além da questão econômica, a necessidade de redução do consumo de energia elétrica surge nas propagandas imobiliárias junto com um forte apelo para amenizar os efeitos da agressão ambiental. Toda essa preocupação se difundiu de maneira consistente, fazendo com que a atitude nobre de preservar o meio ambiente ganhasse grande força nas mídias de massa.

Essa questão começa a ser explorada pelo mercado imobiliário de Maceió e a imprimir mudanças na concepção de alguns edifícios na cidade. Para a faixa consumidora de alta renda, a solução adotada foi incorporar dispositivos de automação tecnológica nos edifícios, controlando o uso de energia e água e buscando reduzir custos de operação e manutenção dos mesmos. A utilização dessas alternativas resultou em boa aceitação por parte do mercado consumidor, dado o impacto causado em função do apelo ambiental junto à possibilidade de redução no custo do condomínio residencial. Isso demonstra o forte poder de mudança existente em ações que contemplem benefícios econômicos para os consumidores (ver Figuras 18 e 19).



Figura 18: Placa com apelo ambiental na obra de um edifício em Maceió-AL.

Fonte: arquivo pessoal. 09/11/2006



(a)

(b)

Figura 19: Edifício automatizado em Maceió-AL.

(a) Foto da obra do Edifício “Cittá di Pontrêmolli”, (b) perspectiva ilustrativa do edifício “Cittá di Pontrêmolli”, Cerutti Engenharia.

Fonte: arquivo pessoal. 09/11/2006

No entanto, para atender à solicitação do mercado consumidor em reduzir os custos de condomínio nos empreendimentos destinados à classe média, a alternativa encontrada foi elevar o número de unidades de apartamento por pavimento. Para isso, se fez necessária a redução nas áreas úteis dos ambientes, redução do número de dormitórios ou eliminação de alguns ambientes, como as tradicionais varandas.

Inicia-se a construção de diversos empreendimentos tipo quarto e sala e 02 quartos na cidade de Maceió para atender tal faixa de mercado. Essas tipologias construtivas encontraram um forte processo de valorização, tendo em vista a compatibilidade de custo e área com o modo de vida de diversos jovens recém ingressos na vida profissional.

Um fator determinante do sucesso de venda desses empreendimentos é a facilidade de aquisição através de financiamento mediante prestações acessíveis, junto ao momento de

estabilidade econômica vivido pelo Brasil. Esse fato contribui com extrema relevância para a elevação do lucro por parte do empreendedor, tendo em vista a disponibilidade de um maior número de apartamentos por empreitada. Percebe-se, com o passar do tempo, que o mercado consumidor paga cada vez mais caro por metro quadrado construído e dispõe cada vez menos de área útil.

Esse fato torna-se preocupante, pois o processo de adaptação do mercado imobiliário a novas realidades se dá enfatizado pela busca por aumento de lucro. A parcialidade do mercado em observar essencialmente o potencial de lucro a partir dos números afasta o grande potencial embutido na valorização mediante soluções bioclimáticas na arquitetura.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ

A prática empreendedora exercida pelo mercado imobiliário de Maceió molda seus produtos, essencialmente, a partir do que represente maior lucro. O aspecto qualitativo dos edifícios residenciais, do ponto de vista de sua adequação ao clima da cidade, passa por um período de estagnação.

Em parte, isso se deve ao “engessamento” do arquiteto em questões decisivas na fase pré-projeto. A pré-definição de vários itens que afetam diretamente o resultado físico da edificação – e que influenciam decisivamente sobre o desempenho ambiental da mesma – por parte dos agentes imobiliários, poda o processo criativo e limita a gama de soluções arquitetônicas, contribuindo com o retrocesso identificado ao longo do tempo quanto à qualidade ambiental dos edifícios.

Alguns fatores têm responsabilidade evidente sobre isso. O uso do IVV como referência para alterações qualitativas nos programas de necessidade dos empreendimentos; a exigência dos empreendedores – amparados pela lei – para aproveitar a taxa de ocupação máxima permitida para os terrenos; o uso recorrente, e quase obrigatório, de esquadrias de alumínio e vidro; a

exclusão cada vez mais recorrente das varandas, que são elementos fundamentais para o sombreamento das fachadas; são alguns exemplos.

Percebe-se que o mercado busca incessantemente ampliar a construção de unidades de apartamento e reduzir cada vez mais os prazos de entrega visando, por um lado, maior credibilidade junto ao consumidor e, por outro, aumento de lucro sobre o capital investido.

No entanto, a ausência de atitudes que reconheçam a real importância da adoção de medidas visando maior nível de adequação climática das edificações, evidencia a falta de afinco para oferecer maior qualidade de vida em longo prazo.

O discurso ambiental, apesar de bastante presente nas propagandas imobiliárias, não está vinculado à necessidade do edifício economizar energia através de meios próprios e sim, por meio da inserção de acessórios que o auxiliem. É o caso, por exemplo, da introdução dos sistemas de automação a partir do início da década de 2000, visando reduzir o consumo de água e energia elétrica nas edificações residenciais.

O mercado imobiliário de Maceió realiza práticas controversas. Ao mesmo tempo em que a ventilação natural é reconhecida como o principal fator de diferenciação de preço entre apartamentos tipo de um mesmo pavimento, em um mesmo edifício, parece não ter a mesma importância no processo de concepção dos edifícios. O mesmo ocorre quando se observa o nível das propagandas imobiliárias sobre edificações automatizadas. Há um reconhecimento muito profundo quanto à contribuição ambiental dos sistemas de automação, porém, as tipologias edificadas não evoluem em direção a um maior nível de adequação climática.

A adequação da arquitetura ao clima, através de meios próprios, é uma lacuna ainda aberta, que pode ser explorada de maneira positiva pelo mercado. O grande desafio é encontrar meios que contribuam para a tomada de decisões nesse sentido dentro do processo de concepção e construção da arquitetura. A legislação, sendo a referência sobre a qual o mercado imobiliário

se ampara para buscar – sempre – o máximo lucro dentro dos limites impostos, é uma das vias principais.

O reconhecimento do grande potencial econômico incorporado na adequação ambiental das edificações pode ter contribuições significativas para o usuário, o meio-ambiente e o próprio mercado imobiliário. A demonstração desse potencial, através da opção pela construção de edificações com maior adequação ambiental, pode ser uma justa e equilibrada ferramenta de incremento do IVV.

METODOLOGIA

4 METODOLOGIA

Para atender o objetivo central do trabalho de avaliar o impacto econômico causado pelo uso de sistemas de ar condicionado em apartamentos residenciais na cidade de Maceió/AL, a metodologia consistiu numa revisão bibliográfica para formar um referencial teórico que desse suporte às avaliações propostas; na caracterização do mercado imobiliário de Maceió, visando entender sua influência sobre a produção arquitetônica na cidade (já apresentados em itens anteriores); e num estudo de caso, sobre um modelo de apartamento residencial representativo da faixa de mercado destinada à classe média (02 quartos, área útil entre 60 e 70m²) na cidade de Maceió-AL.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda num primeiro momento o conceito de arquitetura bioclimática, descreve as estratégias bioclimáticas recomendadas para a cidade de Maceió/AL. Contextualiza a cidade de Maceió do ponto de vista geográfico e climático. Identifica as estratégias bioclimáticas recomendadas e discute o nível de adoção de tais estratégias nos edifícios residenciais na referida cidade.

Num segundo momento, engloba o conceito técnico dos sistemas de ar condicionado, descreve seu surgimento e história, bem como suas características e mecanismos de funcionamento. Realiza uma discussão sobre qualidade do ar em ambientes climatizados, relacionando aspectos relativos à saúde humana com a utilização de tais sistemas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO IMOBILIÁRIO DE MACEIÓ

A caracterização do mercado imobiliário de Maceió descreve a forma de atuação deste mercado sobre a produção das edificações residenciais na cidade. Realiza uma análise sobre a influência de seus agentes sobre as decisões projetuais, fator que possui relação com o nível

de adaptação climática das edificações residenciais e conseqüente nível de consumo energético nas mesmas.

4.3 ESTUDO DE CASO

A fim de quantificar o impacto econômico numa edificação real, realizou-se um estudo de caso em um edifício residencial de 02 quartos na cidade de Maceió. A escolha para os estudos acontecerem em apartamentos de 02 quartos se deu por estas serem unidades geralmente utilizadas por usuários de classe média, onde em grande parte o pagamento dos apartamentos é feito em longo prazo, através de financiamentos que chegam a 30 anos de duração pela Caixa Econômica Federal.

O público-alvo desse tipo de empreendimento representa uma camada da população que tem poder aquisitivo suficiente para utilizar aparelhos de ar condicionado, e o impacto econômico na renda familiar relacionado a essa utilização é possivelmente maior do que em classes econômicas mais favorecidas. Além disso, essa faixa populacional compreende parte das pessoas com boa instrução educacional, que podem utilizar os resultados da pesquisa de maneira mais efetiva.

Outro fator importante é que o mercado imobiliário considera esse padrão de empreendimento uma boa alternativa de investimento, tendo em vista o alcance de vendas facilitado pelo financiamento disponível em longo prazo. Assim, o modelo utilizado como referência para os estudos de caso configura-se como uma tendência no mercado imobiliário da cidade, ampliando a aplicabilidade desse estudo.

O estudo de caso foi dividido em três etapas: ensaios de ventilação natural, simulações computacionais de desempenho termo-energético e análise econômica.

Os ensaios de ventilação natural foram realizados através do uso do equipamento analógico de mesa d'água e serviram para analisar, do ponto de vista qualitativo, o comportamento dos ventos dominantes, a influência da orientação e disposição das esquadrias sobre o movimento do ar nos ambientes internos da edificação. As simulações computacionais foram realizadas através do programa *EnergyPlus*, visando contabilizar o consumo de energia por uso de ar condicionado nos dormitórios dos apartamentos. As análises econômicas foram desenvolvidas através de projeções financeiras de curto, médio e longo prazo sobre os custos mensais envolvidos com o consumo de energia elétrica para uso de ar condicionado. As etapas metodológicas relativas ao estudo de caso serão explicitadas no item 4.3.1, a seguir.

4.3.1 Etapas metodológicas

As seguintes etapas metodológicas foram obedecidas, visando a realização do estudo de caso:

- a) Pesquisas de campo, visando:
 - a. Escolha e caracterização do objeto de estudo;
 - b. Definição dos custos de aquisição dos apartamentos em estudo;
 - c. Definição dos custos de aquisição e instalação dos condicionadores de ar;
 - d. Definição da tarifa energética de operação;
 - e. Definição dos custos de manutenção dos condicionadores de ar;
- b) Ensaios de ventilação natural utilizando o equipamento de mesa d'água;
- c) Simulação computacional de desempenho termo-energético através do software *EnergyPlus*;
- d) Análise econômica sobre os custos energéticos envolvidos com a utilização de aparelhos de ar condicionado nos apartamentos da edificação em estudo.

Estas etapas serão detalhadas nos itens a seguir.

4.3.1.1 Escolha e caracterização do objeto de estudo

O edifício selecionado para o estudo encontra-se em fase de construção no bairro de Cruz das Almas, Litoral Norte da cidade de Maceió (ver Figura 20). Conforme citado no capítulo sobre o Mercado Imobiliário (item 3), este setor representa uma área de importante expansão da cidade, para onde boa parte dos investimentos do mercado imobiliário está direcionada.



Figura 20: Perspectiva ilustrativa do Edifício “Torre Norte”
Fonte: Material publicitário do empreendimento

Como objeto de estudo escolheu-se uma edificação de 16 (dezesseis) pavimentos no total, distribuídos em um pilotis e 15 pavimentos-tipo com 06 apartamentos por andar (ver Figura 22). A edificação possuirá acabamento externo em textura marrom escuro na fachada oeste, faixas em textura branca e marrom claro nas fachadas leste, norte e sul. As esquadrias externas são de correr, em caixilharia de alumínio e vidro, as portas internas em painel compensado, sem bandeira. A fachada oeste do edifício é considerada a principal, tendo em

vista que é o lado pelo qual se dará o acesso, através da Avenida Gustavo Paiva (ver Figura 21).



Figura 21: Mapa de localização - Edifício “Torre Norte”
Fonte: Material publicitário do empreendimento

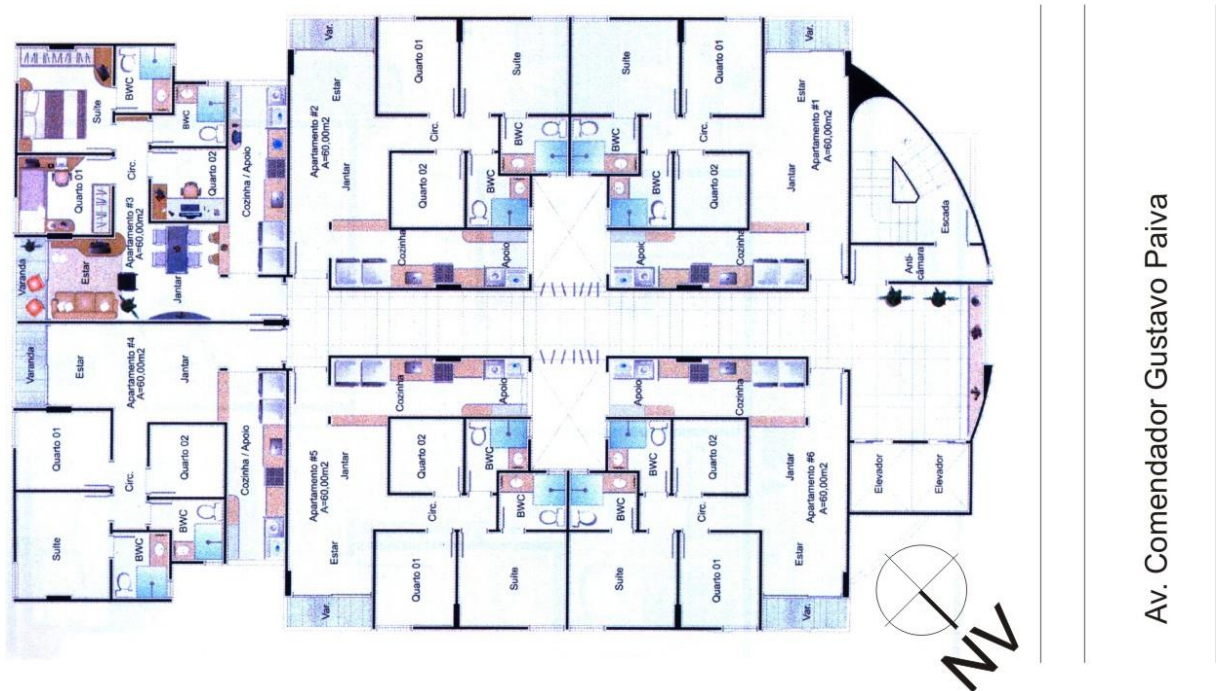


Figura 22: Planta baixa do pavimento tipo do edifício Torre Norte
Fonte: Material publicitário do empreendimento

O apartamento tipo possui sala de estar, sala de jantar, cozinha, área de serviço, 02 dormitórios (sendo 01 suíte), 01 gabinete e 01 banheiro social (ver Figura 23). Os dormitórios possuem lugar reservado para ar condicionado de janela. Assim, para esse estudo, será considerada a utilização de 01 aparelho de ar condicionado por dormitório, sendo realizada simulação computacional no quarto 01 e na suíte.



Figura 23: Planta Baixa do apartamento tipo do Edifício “Torre Norte”
 Fonte: Material publicitário do empreendimento

4.3.1.2 Custos de aquisição dos apartamentos

Conforme explicitado em capítulos anteriores deste trabalho, no mercado imobiliário de Maceió o único fator de variação do preço de venda tabelado entre apartamentos “tipo” em um mesmo andar de um mesmo edifício, é a orientação.

Essa diferenciação de valor ocorre pelo fato de existirem apartamentos mais ou menos favorecidos do ponto de vista da ventilação e insolação, tendo em vista a forma de ocupação dos terrenos utilizada pelo mercado imobiliário em questão.

Nestas condições, a diferença de valor fixada pelo mercado imobiliário entre um apartamento considerado nascente e um apartamento considerado poente varia entre aproximadamente 5 e 10%, sendo o apartamento voltado para o quadrante leste mais caro do que aquele voltado para o quadrante oeste (ver Figura 24).

Para garantir fidelidade sobre essa fração, frequentemente utilizada no mercado, e anular variáveis como depreciação e/ou valorização dos imóveis, os valores de venda adotados para os apartamentos em estudo foram os fixados pela tabela de lançamento dos mesmos (ver Tabela 6).

Dessa forma, garante-se total fidelidade aos métodos utilizados pelo mercado imobiliário da cidade para determinação dos preços de apartamentos. Outra vantagem é o uso de valores reais e atualizados de um tipo de empreendimento que é apontado como uma tendência pelo mercado imobiliário, o que ratifica a abrangência dos resultados da pesquisa.


CRECI 1423-J	EPREENDIMENTO		EDF. TORRE NORTE				
	ENDEREÇO		AV. GUSTAVO PAIVA				
	CONSTRUÇÃO		UCHÔA CONSTRUÇÕES				
	FINANCIAMENTO		CAIXA ECONÔMICA FEDERAL				
	SIST. DE AMORTIZAÇÃO		SAC/240 MESES				
APTOS	ÁREA PRIV.M²	VALOR À VISTA C/ DESCONTO	POUPANCA Pago no ato da proposta	PREST/CEF teorica após a entrega das chaves	MÉDIA Prestação durante construção	DESPESAS CONTRATUAIS	SIT.
101	60,00	R\$ 79.642,50		R\$ 1.059,85	R\$ 498,77	R\$ 5.150,00	V
102	60,00	R\$ 79.642,50		R\$ 1.059,85	R\$ 498,77	R\$ 5.150,00	
103	60,00	R\$ 87.391,50	R\$ 7.391,50	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	
104	60,00	R\$ 87.391,50	R\$ 7.391,50	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	
105	60,00	R\$ 83.409,38	R\$ 3.409,38	R\$ 1.092,51	R\$ 513,99	R\$ 5.150,00	
106	60,00	R\$ 83.409,38	R\$ 3.409,38	R\$ 1.092,51	R\$ 513,99	R\$ 5.150,00	V
201	60,00	R\$ 80.279,64	R\$ 279,64	R\$ 1.067,98	R\$ 502,56	R\$ 5.150,00	
202	60,00	R\$ 80.279,64	R\$ 279,64	R\$ 1.067,98	R\$ 502,56	R\$ 5.150,00	V
203	60,00	R\$ 88.090,63	R\$ 8.090,63	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	
204	60,00	R\$ 88.090,63	R\$ 8.090,63	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	
205	60,00	R\$ 84.076,65	R\$ 4.076,65	R\$ 1.100,90	R\$ 517,90	R\$ 5.150,00	V
206	60,00	R\$ 84.076,65	R\$ 4.076,65	R\$ 1.100,90	R\$ 517,90	R\$ 5.150,00	
301	60,00	R\$ 80.921,88	R\$ 921,88	R\$ 1.076,18	R\$ 506,38	R\$ 5.150,00	
302	60,00	R\$ 80.921,88	R\$ 921,88	R\$ 1.076,18	R\$ 506,38	R\$ 5.150,00	
303	60,00	R\$ 88.795,36	R\$ 8.795,36	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	
304	60,00	R\$ 88.795,36	R\$ 8.795,36	R\$ 1.131,97	R\$ 532,39	R\$ 5.350,00	V
305	60,00	R\$ 84.749,26	R\$ 4.749,26	R\$ 1.109,36	R\$ 521,84	R\$ 5.150,00	V
306	60,00	R\$ 84.749,26	R\$ 4.749,26	R\$ 1.109,36	R\$ 521,84	R\$ 5.150,00	V

Tabela 6: Preço de lançamento do Edifício Torre Norte.

Diferença de valor entre apartamento nascente e poente, entre aproximadamente 5 e 10%. Em azul: apartamentos sudeste. Em vermelho: apartamentos sudoeste. Em amarelo: apartamentos nordeste.

Fonte: Arquivo pessoal.

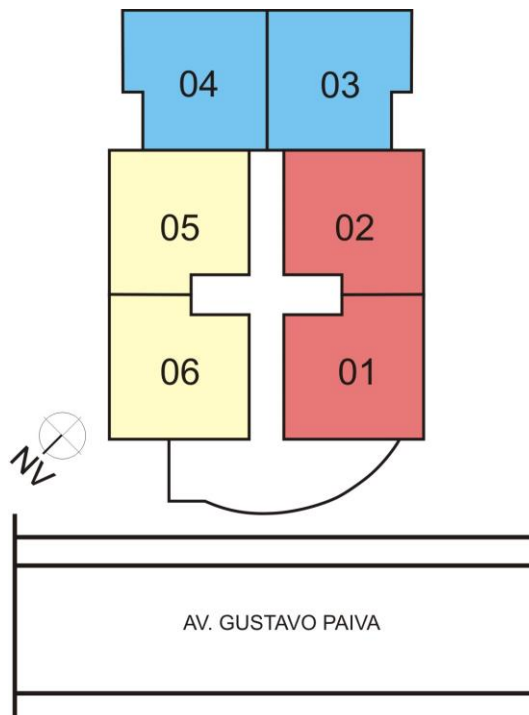


Figura 24: Localização por numeração dos apartamentos, Edifício Torre Norte.

Em azul: apartamentos sudeste. Em vermelho: apartamentos sudoeste. Em amarelo: apartamentos nordeste.

Fonte: o autor (2008).

4.3.1.3 Custos de aquisição e instalação dos condicionadores de ar

Para determinar o custo médio de aquisição dos aparelhos de janela, foi realizada uma pesquisa de preço sobre os aparelhos com capacidade de refrigeração de até 7500 Btu/h que receberam o selo PROCEL de eficiência energética na revisão de outubro de 2007 (ver Tabela 7). Essa pesquisa resultou numa boa variedade de preços em várias lojas nacionais de eletrodomésticos. Os valores encontrados estão na tabela a seguir.

Tabela 7 – Pesquisa de preços de aparelhos de ar condicionado de janela de até 7500Btu/h.

Fonte: Sites diversos em *internet*. Acesso em: 31/10/2007

Aparelho	Empresa	Preço
Springer carrier silentia FCA075RB Janela 7500Btu/h	Ambient air	R\$ 1.045,00
Springer carrier silentia FCA075BB Janela 7500Btu/h	Ambient air	R\$ 757,00
	Fast	R\$ 999,00
Springer carrier silentia FCA078RB Janela 7500Btu/h	Ambient air	R\$ 1.045,00
Springer carrier silentia FCA078BB Janela 7500Btu/h	Ambient air	R\$ 757,00
	Comprafacil.com	R\$ 768,50
Electrolux maximus mecânico EC07R Janela 7500Btu/h	Comprafacil.com	R\$ 859,00
	pontofrio.com	R\$ 899,99
Electrolux maximus eletrônico EE07F/EAE07F Janela 7500Btu/h	Ambient air	R\$ 989,00
	submarino	R\$ 849,00
Consul classe A consumo de energia CCJ07D Janela 7500Btu/h	Comprafacil.com	R\$ 949,00
Gree GJ7-12LM/C Janela 7000Btu/h	Magazine Luiza	R\$ 649,00
Gree GJ7-22LM/C Janela 7000Btu/h	Ambient air	R\$ 679,00
	Comprafacil.com	R\$ 698,50
	Pernambucanas	R\$ 499,00
Gree GJ712-LB, GJ722-LB Janela 7000Btu/h	Americanas.com	R\$ 749,00

Na pesquisa¹⁵, o menor valor encontrado para um equipamento de ar condicionado de até 7500 Btu/h foi o da marca Gree, modelo GJ7-22LM/C. Os modelos GJ7-22LM/E e GJ7-22L/E, que possuem menor consumo de energia segundo a tabela do PROCEL, não foram encontrados na pesquisa. No entanto, o modelo que apresentou valor mais baixo na pesquisa é coincidentemente do mesmo fabricante, Gree, e apresenta a mesma capacidade de refrigeração dos modelos GJ7-22LM/E e GJ7-22L/E.

Como nenhum outro equipamento de qualquer outro fabricante pesquisado apresentou valor menor que R\$ 499,00 e objetivando dar o máximo de credibilidade possível aos números da

¹⁵ Valores encontrados em 31/10/2007

pesquisa, foi adotado R\$ 500,00 como custo de aquisição para cada equipamento de ar condicionado de janela.

O custo de instalação, segundo diversos revendedores consultados, é em média R\$ 100,00. Assim, consideraram-se como custos de aquisição e instalação o total de R\$ 600,00 para cada aparelho.

4.3.1.4 Tarifa energética de operação

O custo energético de operação baseia-se no desempenho energético de um determinado equipamento elétrico em kWh¹⁶ (quilowatt-hora) multiplicado pelo valor da tarifa energética cobrada (R\$ / kWh) e impostos que incidem sobre a mesma.

O valor da tarifa de energia considerado foi aquele cobrado pela concessionária de energia elétrica da cidade de Maceió (CEAL – Companhia Energética de Alagoas). Para aplicar nas análises o que de fato é pago pelo consumidor, foi considerado o valor atualizado encontrado na conta de energia de um apartamento localizado na região da orla marítima da cidade de Maceió. O valor refere-se à tarifa do mês de abril de 2008 (ver anexo D).

O valor encontrado foi de R\$ 0,51 / kWh. Segundo a CEAL, esse valor sofre leve variação diária conforme a taxa de juros selic¹⁷. Visando facilitar os cálculos, foi adotado o valor de R\$ 0,50 como tarifa energética para as análises econômicas deste trabalho.

4.3.1.5 Custos de manutenção dos condicionadores de ar

Para contabilização dos custos envolvidos com a manutenção dos aparelhos de ar condicionado na cidade de Maceió-AL, foi realizada uma tomada de preços em empresas que possuem serviço técnico autorizado para os principais fabricantes nacionais.

¹⁶ Um kWh é a quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de 1.000 watt pelo período de uma hora.

¹⁷ Taxa média de juros, que regula diariamente as operações interbancárias.

Tabela 8 – Pesquisa de preços para manutenção de ar condicionado de janela e split, Maceió/AL. Data 30/10/2007.

Empresa	Manutenção recomendada	Custo da visita técnica
A	6 em 6 meses	R\$ 100,00
B	2 em 2 meses	R\$ 60,00
C	3 em 3 meses	R\$ 100,00
D	6 em 6 meses	Não realiza
E	2 em 2 meses	R\$ 80,00

De acordo com os valores, o custo da visita técnica de manutenção para cada condicionador de ar, sem levar em conta reposição de peças, pode variar de R\$ 60,00 a 100,00, apresentando média de R\$ 85,00.

Tendo em vista a recomendação dos fabricantes de buscar sempre o serviço autorizado, visando evitar prejuízos maiores em virtude de manutenção mal realizada, neste trabalho será considerado como custo de manutenção por visita técnica a cada aparelho a média de R\$ 85,00.

Quanto à periodicidade de manutenção recomendada, conforme a Tabela 8, fica clara a variação, que se dá conforme o perfil de trabalho da empresa. No entanto, todas consideram razoável uma manutenção mínima de 6 em 6 meses para aparelhos residenciais utilizados de forma correta, sendo feita a devida limpeza semanal do filtro do aparelho.

No tocante à vida útil de cada aparelho, as empresas consultadas sugerem que um aparelho de ar condicionado residencial bem conservado tenha durabilidade de, em média, 10 anos. No entanto, alguns fatores como exposição à maresia e falta de manutenção adequada podem reduzir sensivelmente esse período.

Tendo em vista as constatações acima, o custo de manutenção médio de R\$ 85,00 a cada 6 meses por condicionador de ar, totalizando um custo anual de R\$ 170,00, tendo cada aparelho vida útil de 10 anos.

4.3.1.6 Ensaios de ventilação natural

Os ensaios de ventilação foram realizados visando ilustrar o comportamento dos ventos predominantes (leste, sudeste e nordeste) nos apartamentos do edifício em estudo, para as três orientações existentes (sudeste, nordeste e noroeste).

A simulação em mesa d'água oferece resultados qualitativos do comportamento dos ventos em duas dimensões nas edificações, apresentando alcances satisfatórios aos resultados pretendidos para este trabalho.

Os ensaios de ventilação foram realizados utilizando o equipamento de mesa d'água do Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade Federal de Alagoas – UFAL (ver Figura 25).



Figura 25: Equipamento de mesa d'água do Laboratório de Conforto Ambiental da FAU-UFAL
Foto: Joyce Hasten-Heiter

4.3.1.6.1 *Procedimentos dos ensaios de ventilação*

a) O funcionamento da mesa d'água

A mesa d'água é composta com dois reservatórios laterais de água e uma mesa central plana, onde é colocada a maquete no momento da simulação. Funciona através de uma bomba, que

eleva o nível de um dos reservatórios, lançando uma lâmina d'água de um lado a outro, passando sobre a mesa central (ver Figura 25). O equipamento permite, por analogia entre os comportamentos do escoamento da água e do ar, revelar a configuração aproximada da ventilação em um ambiente estudado.

Para facilitar a visualização do comportamento do fluido, se adiciona detergente ao líquido, o que gera fina camada de espuma que percorre a mesa. Ao percorrer a maquete, esse fluido simula o comportamento da ventilação natural no ambiente modelado.

b) Confeção da maquete

Foi confeccionada uma maquete da planta baixa do pavimento tipo da edificação, utilizando chapa de MDF 3mm pintada com tinta tipo esmalte sintético preto, visando impermeabilizar a madeira e oferecer maior contraste com a espuma gerada pela mesa d'água (ver Figura 26). A maquete foi montada na escala de 1:50, por resultar em proporção adequada para a largura da mesa d'água, sobrando espaço para movimentação livre da água ao redor da mesma.

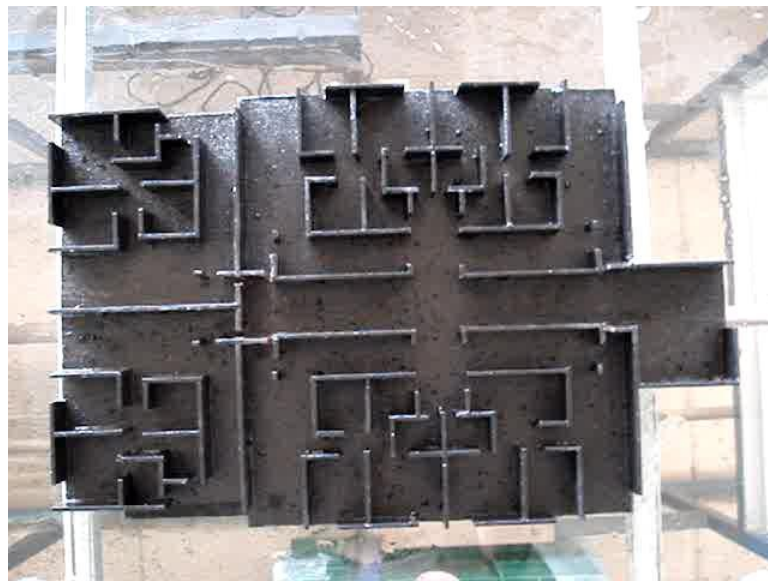


Figura 26: Maquete modelo do pavimento tipo da edificação em estudo.

Fonte: o autor

c) Caracterização do entorno

Os ensaios foram realizados considerando o entorno livre, sem edificações vizinhas que causem obstrução ou redirecionamento à movimentação dos ventos.

d) Disposição das entradas e saídas de ar

Os ensaios foram realizados com todas as esquadrias abertas, com exceção da porta de acesso principal dos apartamentos que foram simuladas, ora totalmente fechadas, ora considerando a utilização de um rasgo vertical junto às portas como artifício de passagem do vento.

4.3.1.7 Simulação computacional através do *EnergyPlus*

O *EnergyPlus* é um programa de aquisição gratuita, que realiza simulação termo-energética de edificações integrada com seus sistemas ativos, como iluminação artificial e ar condicionado. Através do programa, podem-se desenvolver estudos para melhoria da eficiência energética de edificações existentes ou em fase de projeto (WESTPHAL, 2006).

Atualmente, o *EnergyPlus* é o programa mais utilizado no meio acadêmico para pesquisas relacionadas ao desempenho energético das edificações. O uso dessa ferramenta foi adotado tendo em vista a confiabilidade dos dados gerados e a rapidez do processo para uma avaliação baseada em fenômenos complexos, como é o caso do desempenho térmico e energético das edificações. Neste trabalho, foi utilizada a versão 2.20 do programa.

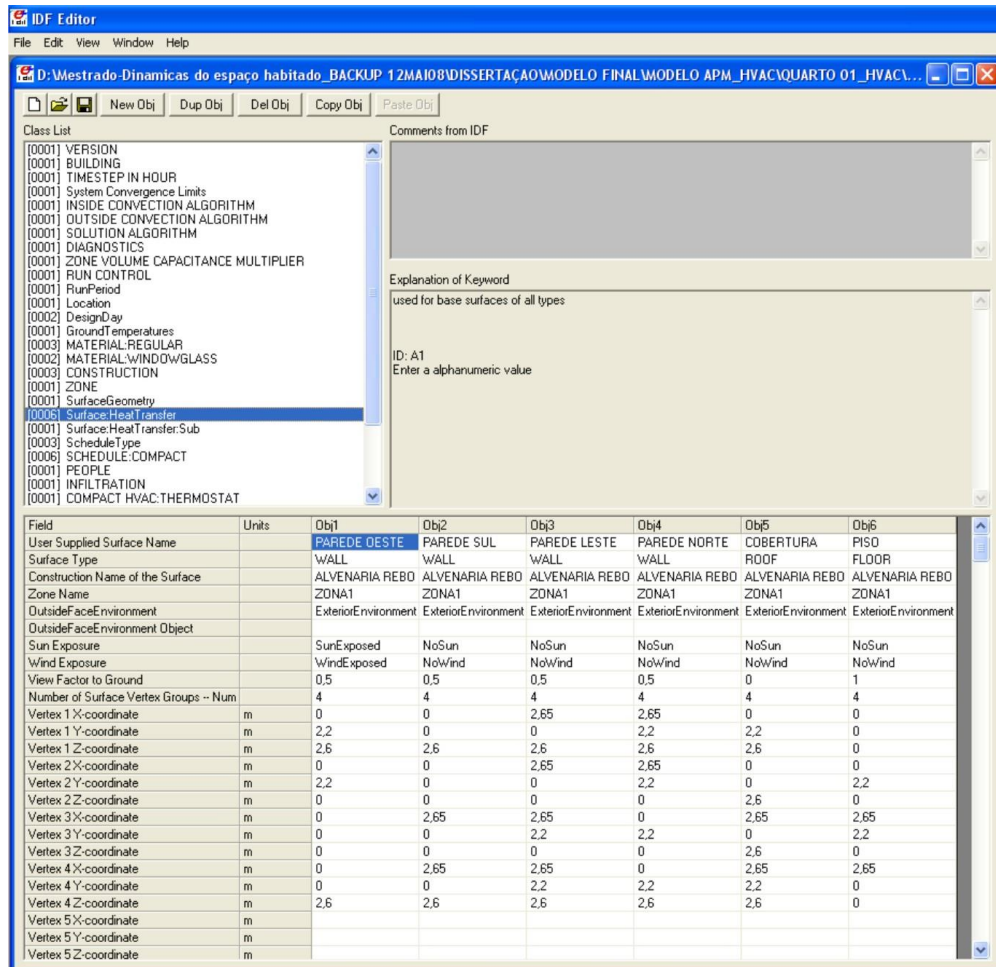


Figura 27: Tela do IDF Editor do EnergyPlus em execução. Edição dos dados de entrada do programa.
Fonte: o autor (2008)

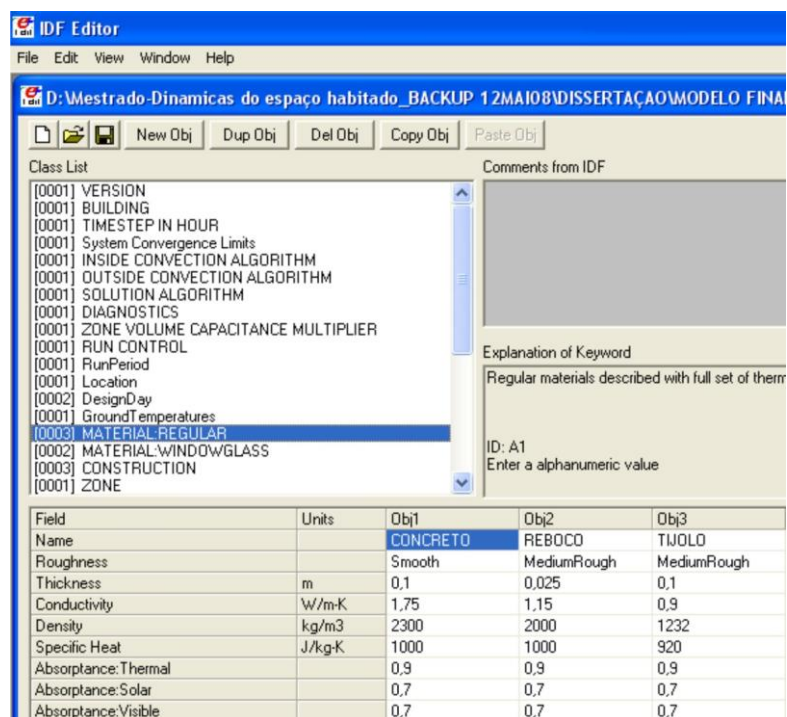
4.3.1.7.1 Dados de entrada

e) Caracterização dos ambientes simulados

Foram simulados os 02 dormitórios do edifício selecionado para estudo de caso. Foi utilizada a nomenclatura existente no caderno de especificações da construtora, que denomina os ambientes como “quarto 01” e “suíte”. O quarto 01 possui dimensões de 2.65m x 2.20m (5.83m²), pé direito de 2.60m. A suíte possui dimensões de 3.00m x 2.65m (7.95m²), pé direito de 2.60m.

Nas informações de entrada do *EnergyPlus*, no tocante à tipologia dos ambientes, foram considerados os materiais relacionados no caderno de especificações da construtora (ver anexo B).

Ambos os ambientes possuem piso cerâmico branco, paredes e teto com acabamento em pintura interna com tinta PVA branco neve. As janelas são do tipo de correr, em caixilharia de alumínio preto com fechamento em vidro transparente. As portas internas em painel compensado revestidas com folheado de madeira. O revestimento externo considerado foi textura sobre alvenaria rebocada. Considerou-se que as paredes são feitas em alvenaria rebocada (tijolo: 10cm, reboco: 2,5cm em cada face) e a laje de piso e teto em concreto maciço, com 10cm de espessura (ver Figura 28).



The screenshot shows the IDF Editor interface with a class list on the left and a table of material properties at the bottom. The class list includes various simulation parameters, with 'MATERIAL:REGULAR' selected. The table below provides detailed characteristics for three materials: CONCRETO, REBOCO, and TIJOLO.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		CONCRETO	REBOCO	TIJOLO
Roughness		Smooth	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0,1	0,025	0,1
Conductivity	W/m-K	1,75	1,15	0,9
Density	kg/m3	2300	2000	1232
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	920
Absorptance:Thermal		0,9	0,9	0,9
Absorptance:Solar		0,7	0,7	0,7
Absorptance:Visible		0,7	0,7	0,7

Figura 28: Tela do IDF Editor do *EnergyPlus* em execução. Características dos materiais utilizados.
Fonte: o autor (2008)

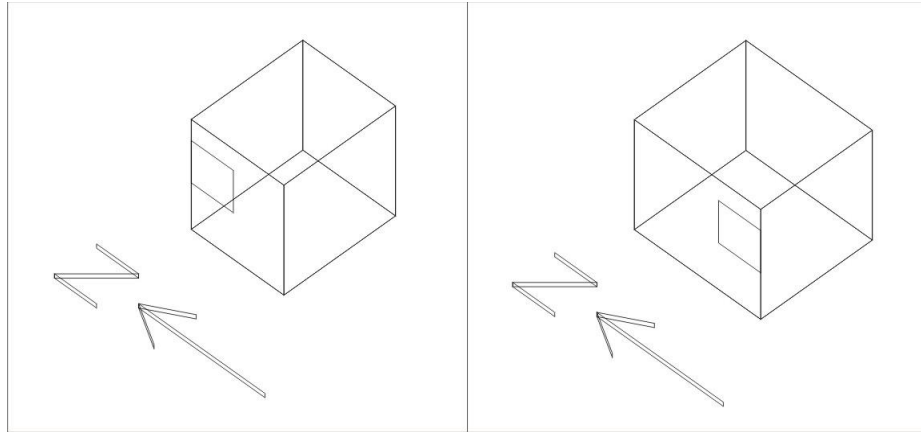


Figura 29: Visualização dos modelos em formato *dxf*, gerados pelo *EnergyPlus*.
À esquerda, modelo “quarto 01”. À direita, modelo “suíte”.

Fonte: o autor (2008).

f) Orientação geográfica

Tanto o quarto 01 quanto a suíte foram simulados considerando a implantação original da edificação. Essa implantação implica nos dois ambientes voltados para sudoeste - apartamentos 01 e 02; sudeste - apartamentos 03 e 04; e nordeste - apartamentos 05 e 06 (ver Figura 24, exibida em páginas anteriores). Assim, cada um dos modelos foram simulados nas orientações sudoeste, sudeste e nordeste.

g) Horários de simulação e carga térmica interna

As simulações foram realizadas em 04 diferentes horários, sendo consideradas diferentes cargas térmicas internas para cada situação. Abaixo, segue a explicação para cada horário:

- 22hs às 6hs: Engloba os usuários que utilizam aparelho de ar condicionado para dormir. Esse intervalo de horas foi adotado considerando a média de 08 horas de sono por dia, sendo considerada a carga térmica interna equivalente a 02 pessoas dormindo;
- 8hs às 12hs: Engloba os usuários que utilizam o quarto para trabalhar. Esse intervalo de horas foi adotado para as pessoas que trabalham em casa durante o expediente da manhã, sendo considerada como carga térmica interna 01 pessoa em atividade de trabalho

- sedentário e 01 microcomputador com estabilizador e impressora (potência de 180W, ver anexo C);
- 12hs às 14hs: Engloba os usuários que utilizam o quarto para trabalhar. Esse intervalo de horas foi adotado para as pessoas que trabalham em casa durante o expediente da tarde, sendo considerada como carga térmica interna 01 pessoa em atividade de trabalho sedentário e 01 microcomputador com estabilizador e impressora (potência de 180W, ver anexo C);
 - 8hs às 12hs / 14hs às 18hs: Engloba os usuários que utilizam o quarto para trabalhar. Esse intervalo de horas foi adotado para as pessoas que trabalham em casa durante os expedientes da manhã e da tarde, sendo considerada como carga térmica interna 01 pessoa em atividade de trabalho sedentário, e 01 microcomputador com estabilizador e impressora (potência de 180W, ver anexo C).

h) O arquivo de referência climática TRY de Maceió

O arquivo de referência TRY (*Test Reference Year*) corresponde à base de dados climáticos utilizados pelo *EnergyPlus*. Os arquivos climáticos TRY baseiam-se num banco de dados climáticos que resultam num ano de referência relativo ao clima local.

Os arquivos de referência TRY incluem variáveis como: Mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco e bulbo úmido; velocidade dos ventos, temperatura do solo; pressão barométrica; tipo de céu e radiação solar, por exemplo.

Neste trabalho, foi adotado como dado de entrada o arquivo climático TRY de referência para a cidade de Maceió, disponibilizado pelo LABEEE (Labee, 2006). Esta medida visa garantir resultados condizentes com a realidade da cidade, tendo em vista a influência ocasionada pelas variáveis embutidas no arquivo climático sobre o desempenho energético dos aparelhos de ar condicionado inseridos no modelo.

i) Definição do tipo de ar condicionado

Visando obter resultados condizentes com a realidade aplicada, foi adotado o ar condicionado de janela como modelo para este trabalho. Conforme explicitado em seções anteriores deste trabalho, o ar condicionado de janela é, até então, o mais utilizado nos edifícios residenciais de Maceió. Para este estudo o termostato do ar condicionado trabalha mantendo a temperatura interna entre 18 e 24°C.

O *EnergyPlus* possui em seu banco de dados uma série de objetos que podem ser inseridos ao arquivo “IDF”, que é a extensão padrão utilizada pelo programa. A quantidade desses objetos varia conforme a complexidade do modelo. Dentre estes objetos, o grupo “*Compact HVAC*” possui uma série de sistemas de ar condicionado pré-definidos (ver Figura 30).

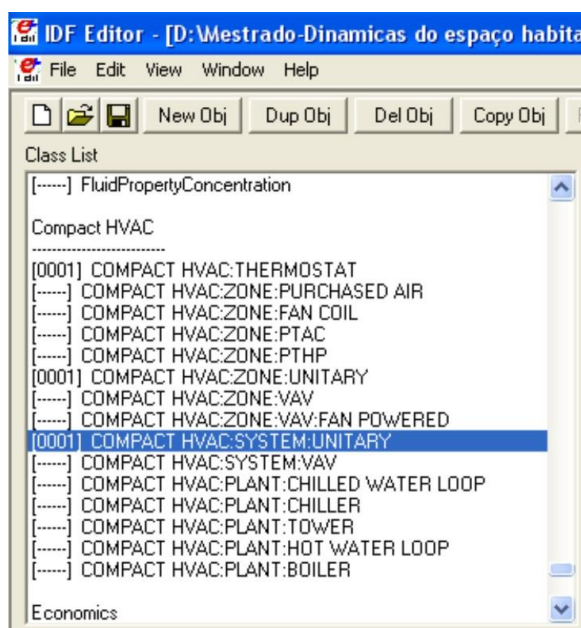


Figura 30: Tela do IDF Editor do *EnergyPlus*, grupo de objetos “Compact HVAC”

Fonte: o autor (2008)

O “*Compact HVAC: System: Unitary*” corresponde ao ar condicionado de janela, objeto que foi inserido nos modelos. Algumas das variáveis para este objeto podem ser observadas na Figura 31.

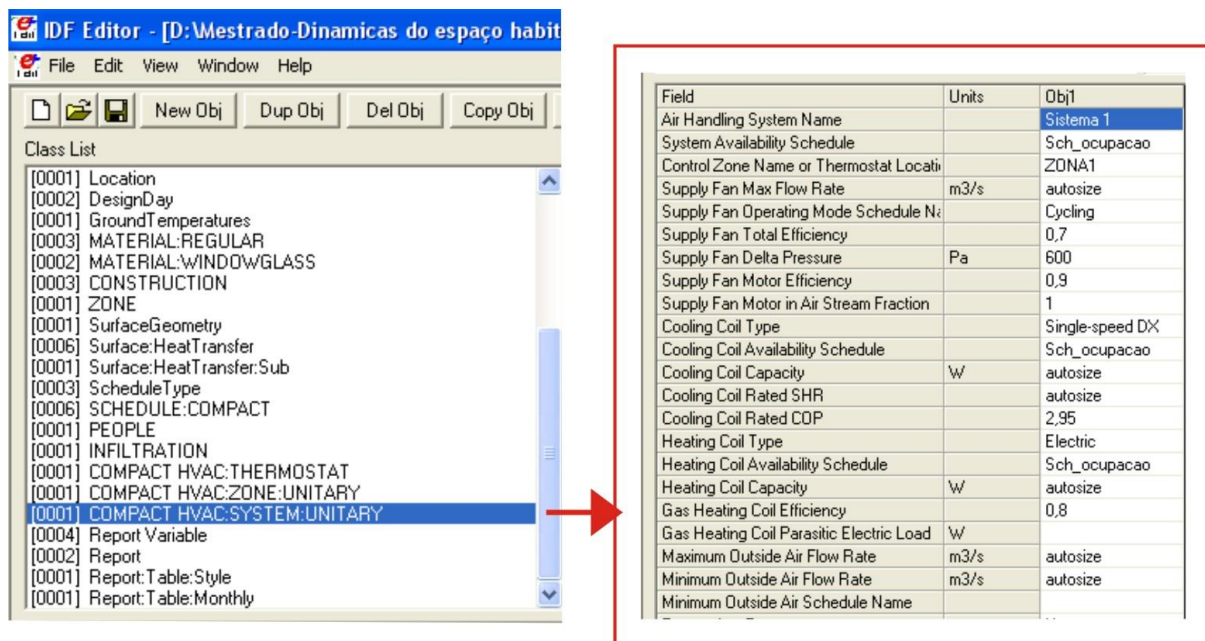


Figura 31: À direita, lista de objetos utilizados nos modelos, em destaque o objeto correspondente ao ar condicionado de janela. À esquerda, parte das variáveis do ar condicionado fornecidas pelo *EnergyPlus*.
Fonte: o autor (2008)

j) Definição da capacidade de refrigeração do ar condicionado

Conforme citado no item 2.3, a capacidade de refrigeração de condicionadores de ar do tipo janela varia, usualmente, de 7000 a 30000 Btu/h. O dimensionamento da capacidade de refrigeração ideal depende da carga térmica do ambiente, que leva em consideração fatores como volume do ambiente, área de esquadrias, número de usuários, nível de insolação, infiltração de ar e equipamentos que irradiam calor.

Para estimar a capacidade de refrigeração do aparelho de ar condicionado a ser utilizado foi considerado o maior ambiente modelado (suíte), e a situação onde há maior carga térmica interna (período diurno, com 01 aparelho de computador em funcionamento). Essa medida garante que a capacidade de refrigeração calculada estará adequada a todas as outras situações.

Para ambientes de pequeno porte, o cálculo da capacidade de refrigeração normalmente é feito com fórmulas ou cálculos simplificados. Esses cálculos apontam que, para um ambiente

com 02 usuários, o uso de 600 Btu/h por metro quadrado de área útil é uma relação razoável para se definir a capacidade de refrigeração dos aparelhos de ar condicionado. Para cada pessoa ou eletrodoméstico a mais, deve-se somar 600 Btu/h.

Outro método frequentemente utilizado pelos revendedores e usuários nesses casos é o uso de simuladores virtuais, disponíveis nos sites de vários fabricantes de ar condicionado. Esse método permite definir de forma rápida a capacidade de refrigeração necessária para ambientes de pequeno porte.

Embora essa seja a forma pela qual a maioria dos consumidores se baseia para adquirir seus equipamentos, deve-se levar em conta que a metodologia de cálculo utilizada para se chegar aos resultados não se encontra explicitada.

No entanto, buscando resultados condizentes com o que ocorre normalmente no mercado, a definição da capacidade de refrigeração dos aparelhos de ar condicionado deste estudo se realizou através de um desses simuladores (ver Figura 32).

Foram introduzidas as dimensões do maior dormitório do empreendimento - quarto de casal - sendo considerados como carga térmica: 02 usuários, e uso de 03 eletrodomésticos no ambiente. Foram considerados os seguintes equipamentos: um computador, um monitor e uma impressora, dado que as simulações nos períodos diurnos serão feitas considerando uso de equipamento de escritório no recinto. Para essa situação, o simulador sugere uma capacidade de refrigeração de 6202 Btu/h (ver Figura 33).


Ambiente	
Largura: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="3"/> m	Comprimento: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="2,65"/> m
Janelas	
Altura: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="1,10"/> m Coloque o somatório da altura das janelas.	Comprimento: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="1"/> m Coloque o somatório do comprimento das janelas.
Aberturas	
Passagem para outro ambiente, sem portas Altura: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="0"/> m Coloque o somatório da altura das aberturas.	Comprimento: (Ex.: 1,50) <input type="text" value="0"/> m Coloque o somatório do comprimento das aberturas.
Pessoas	
Total de pessoas que freqüentam o ambiente: <input type="text" value="2"/>	
Eletroeletrônicos	
Total de eletroeletrônicos em funcionamento no ambiente: <input type="text" value="3"/>	
<input type="button" value="ENVIAR"/>	

Figura 32: Dimensionador virtual de capacidade de refrigeração. Descrição das dimensões do ambiente.

Fonte: Springer carrier, <http://www.springer.com.br/springer/site/dimensionador/dimensionador.asp>.
Acessado em: 01/11/2007

Home > Conheça a Springer >

Dimensionador Virtual



Ambiente: 7,95m ²	Janelas: 1,1m ²	Pessoas: 2
Eletroeletrônicos: 3	Total de Btu/h: 6202	Aberturas: 0m ²

A capacidade de refrigeração necessária calculada é de 6202 Btu/h.

Confira agora as soluções de aparelho Janela e Splits adequadas a esta capacidade.
VER LISTA »

Nossa rede credenciada pode fornecer um cálculo preciso, levando em consideração outras variáveis. Clique e confira o **distribuidor** mais próximo de você.

Página Inicial | Soluções Residenciais | Soluções Industriais | Biblioteca Digital | Fale Conosco | Busca
Mapa do Site | Cadastre-se | Conheça a Springer | RH | Trabalhe Conosco | Sala de Imprensa
Assistência Técnica | Dimensionador Virtual | FAQ | Soluções Carrier | Canais de Distribuição
Onde Comprar | Política de Privacidade

© Springer Carrier | por Aldeia

Figura 33: Dimensionador virtual de capacidade de refrigeração. Capacidade de refrigeração recomendada.

Fonte: Springer carrier, <http://www.springer.com.br/springer/site/dimensionador/dimensionador.asp>.
Acessado em: 01/11/2007

Dessa forma, foi adotado como capacidade de refrigeração para as simulações no *EnergyPlus* o valor de 7500 Btu/h por aparelho. Dentre as menores capacidades, essa é a mais frequentemente disponível no mercado e, conseqüentemente, a mais utilizada em ambientes de pequeno porte.

k) Eficiência energética do ar condicionado

Para mensurar o custo de operação do aparelho de ar condicionado é importante observar o seu nível de eficiência energética, que corresponde à capacidade de refrigeração do aparelho dividido por sua potência nominal. A eficiência energética é dada em W/W (Watt/Watt)¹⁸.

Com o objetivo de fornecer resultados abrangentes no tocante à eficiência energética dos modelos de ar condicionado de janela disponíveis no mercado, foi consultada a tabela para o ano base 2008 do INMETRO¹⁹, referente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem, segundo o nível de eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado (ver Tabela 9).

Tabela 9: Programa Brasileiro de Etiquetagem – condicionadores de ar de janela, 2008.

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador.pdf>



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO
E QUALIDADE INDUSTRIAL
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - CONDICIONADORES DE AR - CRITÉRIOS 2008

CATEGORIA 1 - CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO INFERIOR A 9496 kJ/h

(*) Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês

(**) Selo concedido pelo PROCEL www.eletronbras.com/procel aos equipamentos com maior eficiência energética em cada categoria.

Data atualização: 25/2/2008

FABRICANTE	MARCA	MODELO	VERSÃO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO				POTÊNCIA NOMINAL		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO		CONSUMO DE ENERGIA (*)		SELO PROCEL 2008 (**)			
				BTU/h	kJ/h	W	kW	W		W/W		127V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V
								127V	220V	127V	220V								
ELECTROLUX	ELECTROLUX	EAM07F / EC07F EAE07F	F	7.500	7.913	2.198	2,20	754	754	2,92	2,92	A	A	15,8	15,8	SIM	SIM		
ELECTROLUX	ELECTROLUX	EAM07R / EC07R	R	7.500	7.913	2.198	2,20		754		2,92		A				SIM		
ELGIN	ELGIN	EJF6900	F	6.000	6.330	1.758	1,76	900	900	1,95	1,95	E	E	18,9	18,9				
ELGIN	ELGIN	EJQ6000	R	6.000	6.330	1.758	1,76		920		1,91		E		19,3				
ELGIN	ELGIN	EAF7500-1	F	7.500	7.913	2.198	2,20	750		2,93		A		15,8		SIM			
ELGIN	ELGIN	EAQ7500-2	R	7.500	7.913	2.198	2,20		745		2,95		A		15,6		SIM		
ELGIN	ELGIN	EKF-7500-1	F	7.500	7.913	2.198	2,20	770		2,85		B		16,2					
ELGIN	ELGIN	EKF-7500-1	F	7.500	7.913	2.198	2,20	770		2,85		B		16,2					
ELGIN	ELGIN	EKF-7500-2	F	7.500	7.913	2.198	2,20		810		2,71		B		17,0				
ELGIN	ELGIN	EKF-7500-2	F	7.500	7.913	2.198	2,20		810		2,71		B		17,0				
ELGIN	ELGIN	ERF7500	F	7.500	7.913	2.198	2,20	880	880	2,50	2,50	C	C	18,5	18,5				
ELGIN	ELGIN	ERQ7500	R	7.500	7.913	2.198	2,20		880		2,50		C		18,5				
ELGIN	ELGIN	EJF8300	F	8.300	8.757	2.432	2,43	1.230	1.209	1,98	2,01	E	E	25,8	25,4				
ELGIN	ELGIN	EJQ8300	R	8.300	8.757	2.432	2,43		1.209		2,01		E		25,4				
ELGIN	ELGIN	ERF8300	F	8.300	8.757	2.432	2,43	888	900	2,74	2,70	B	B	18,6	18,9				
ELGIN	ELGIN	ERQ8300	R	8.300	8.757	2.432	2,43		890		2,73		B		18,7				

¹⁸ A eficiência energética do ar condicionado refere-se ao calor removido por watt de energia consumida.

¹⁹ INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. O Inmetro é uma autarquia federal brasileira, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Brasil). Instituto

Nas simulações, foi utilizado o modelo mais eficiente dentre os que possuem selo “A” (2,95W/W), e o menos eficiente dentre os que possuem selo “E” (1,91W/W). Cada situação foi simulada, ora com um aparelho selo “A”, com eficiência energética de 2,95W/W; ora com um aparelho selo “E”, com eficiência energética de 1,91 W/W.

4.3.1.7.2 Procedimentos das simulações de desempenho energético

a) Organização das simulações

Com base nos subitens apresentados dentro da metodologia para a simulação computacional, foram elaboradas as tabelas a seguir, visando ilustrar a organização das simulações realizadas.

Tabela 10: Matriz de referência para as simulações no quarto 01

Fonte: o autor (2008)

Ambiente	Eficiência do Ar Condicionado	Grupo de Simulações	Horário	Orientação	Número total de simulações
Quarto 01	AC Selo "A" (2,95 W/W)	Situação 1	22 às 6hs	L	24
				SE	
				NE	
		Situação 2	8 às 12hs	L	
				SE	
				NE	
		Situação 3	14 às 18hs	L	
				SE	
	NE				
	Situação 4	8 às 12hs / 14 às 18hs	L		
			SE		
			NE		
	AC Selo "E" (1,91 W/W)	Situação 5	22 às 6hs	L	
				SE	
				NE	
		Situação 6	8 às 12hs	L	
SE					
NE					
Situação 7		14 às 18hs	L		
			SE		
	NE				
Situação 8	8 às 12hs / 14 às 18hs	L			
		SE			
		NE			

Tabela 11: Matriz de referência para as simulações na suíte

Fonte: o autor (2008)

Ambiente	Eficiência do Ar Condicionado	Grupo de Simulações	Horário	Orientação	Número total de simulações
Suíte	AC Selo "A" (2,95 W/W)	Situação 9	22 às 6hs	L	24
				SE	
				NE	
		Situação 10	8 às 12hs	L	
				SE	
				NE	
		Situação 11	14 às 18hs	L	
				SE	
				NE	
		Situação 12	8 às 12hs / 14 às 18hs	L	
				SE	
				NE	
	AC Selo "E" (1,91 W/W)	Situação 13	22 às 6hs	L	
				SE	
				NE	
		Situação 14	8 às 12hs	L	
SE					
NE					
Situação 15		14 às 18hs	L		
			SE		
	NE				
Situação 16	8 às 12hs / 14 às 18hs	L			
		SE			
		NE			

Com isso, foi realizado um total de 48 simulações (ver anexo A).

b) Coleta de dados

No *EnergyPlus*, foram selecionados como arquivos de saída de dados planilhas contendo os dados de consumo energético dos modelos. Esses dados apresentam valores mensais, anuais e médias de consumo energético para cada modelo simulado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Program V	EnergyPlu	4/25/2008 1:14 AM										
2	Tabular O	Comma											
3													
4	Building:	None											
5	Environme	MACEIO -TRY WMO#											
6													
7													
8	REPORT:	RELATÓRIO DE USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA											
9	FOR:	Meter											
10			INTERIORI COOLING:	ELECTRIC FANS:	ELE HEATING:	ELECTRICITY [kWh]							
11		January	0	234	280	46	0						
12		February	0	214	256	42	0						
13		March	0	233	279	45	0						
14		April	0	214	256	42	0						
15		May	0	210	251	41	0						
16		June	0	189	226	37	0						
17		July	0	185	221	36	0						
18		August	0	185	222	37	0						
19		September	0	187	224	37	0						
20		October	0	211	252	41	0						
21		November	0	212	254	42	0						
22		December	0	228	272	45	0						
23													
24		Annual Su	0	2502	2992	490	0						
25		Minimum c	0	185	221	36	0						
26		Maximum	0	234	280	46	0						
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													

Figura 34: Arquivo com relatório de uso final de energia elétrica gerado pelo *EnergyPlus*.

Fonte: o autor (2008).

4.3.1.8 Análise econômica: métodos

Foram realizadas projeções econômicas utilizando duas fórmulas básicas de matemática financeira – apresentadas nos itens a seguir – visando estimar em médio, curto e longo prazo, o montante gerado em virtude de uma aplicação periódica ou a partir de uma única aplicação. A utilização desse método visou verificar o quanto se economiza ao longo do tempo em uma aplicação financeira segura (caderneta de poupança²⁰) caso não haja utilização do ar condicionado, bem como que montante total é gerado em longo prazo com a aplicação da diferença do valor economizado com a compra do apartamento poente.

²⁰ A taxa de rentabilidade de uma aplicação em caderneta de poupança é de aproximadamente 0,5% ao mês.

Essa análise procura englobar as seguintes questões:

- 1) Tempo necessário para que o consumo de energia médio em diferentes situações pague a diferença de preço existente entre um apartamento “nascente” e um “poente”;
- 2) Tempo necessário para que o consumo de energia médio em diferentes situações pague o valor total do apartamento;
- 3) Diferença de valor entre o custo do consumo médio de energia e o valor da prestação do apartamento;
- 4) Valor gasto com energia durante o período máximo de financiamento do apartamento;
- 5) Projeção, em curto, médio e longo prazo do valor economizado com a compra do apartamento “poente” investido em caderneta de poupança;
- 6) Projeção, em curto, médio e longo prazo do custo médio mensal de energia elétrica investido em caderneta de poupança.

4.3.1.8.1 *Montante gerado a partir de aplicações periódicas*

$$M = C \cdot \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$$

Onde;

M = Montante final

C = Capital mensal investido

i = Taxa de juros da aplicação

n = Tempo de aplicação (em meses)

Fonte: CESAR (2005); FRANCISCO (1986).

4.3.1.8.2 *Montante gerado a partir de uma única aplicação*

$$M = C \cdot (1 + i)^n$$

Onde;

M = Montante final

C = Capital inicial investido

i = Taxa de juros da aplicação

n = Tempo de aplicação (em meses)

Fonte: CESAR (2005); FRANCISCO (1986).

5 ESTUDO DE CASO

5.1 ENSAIOS DE VENTILAÇÃO NATURAL²¹

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de ventilação utilizando o equipamento de mesa d'água, bem como as análises comparativas desses resultados. O item 5.1.1 está reservado para os resultados gráficos obtidos a partir dos ensaios e o item 5.1.2 está reservado às análises dos mesmos.

5.1.1 Resultados: ensaios de ventilação natural

Este item apresenta os resultados gráficos obtidos a partir das análises sobre o comportamento da ventilação nos ensaios realizados através do equipamento mesa d'água. Os subitens a seguir apresentarão subseqüentemente, o comportamento dos ventos leste, sudeste e nordeste sobre a edificação em estudo, a fim de que possa ser identificado de maneira ilustrativa o movimento da ventilação natural em cada um dos apartamentos.

5.1.1.1 Ensaio para o vento leste

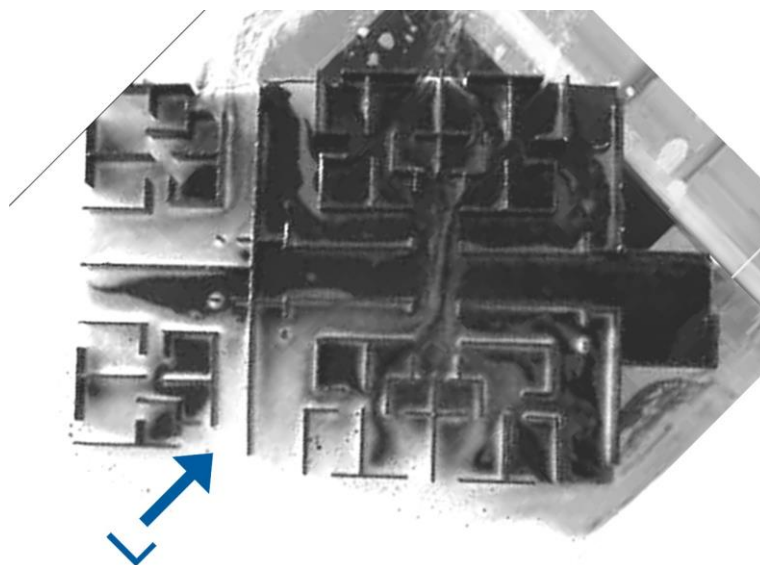


Figura 35: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D'água. Orientação Leste.

²¹ Todos os gráficos, figuras e tabelas apresentadas neste item foram elaborados pelo autor, em 2008.

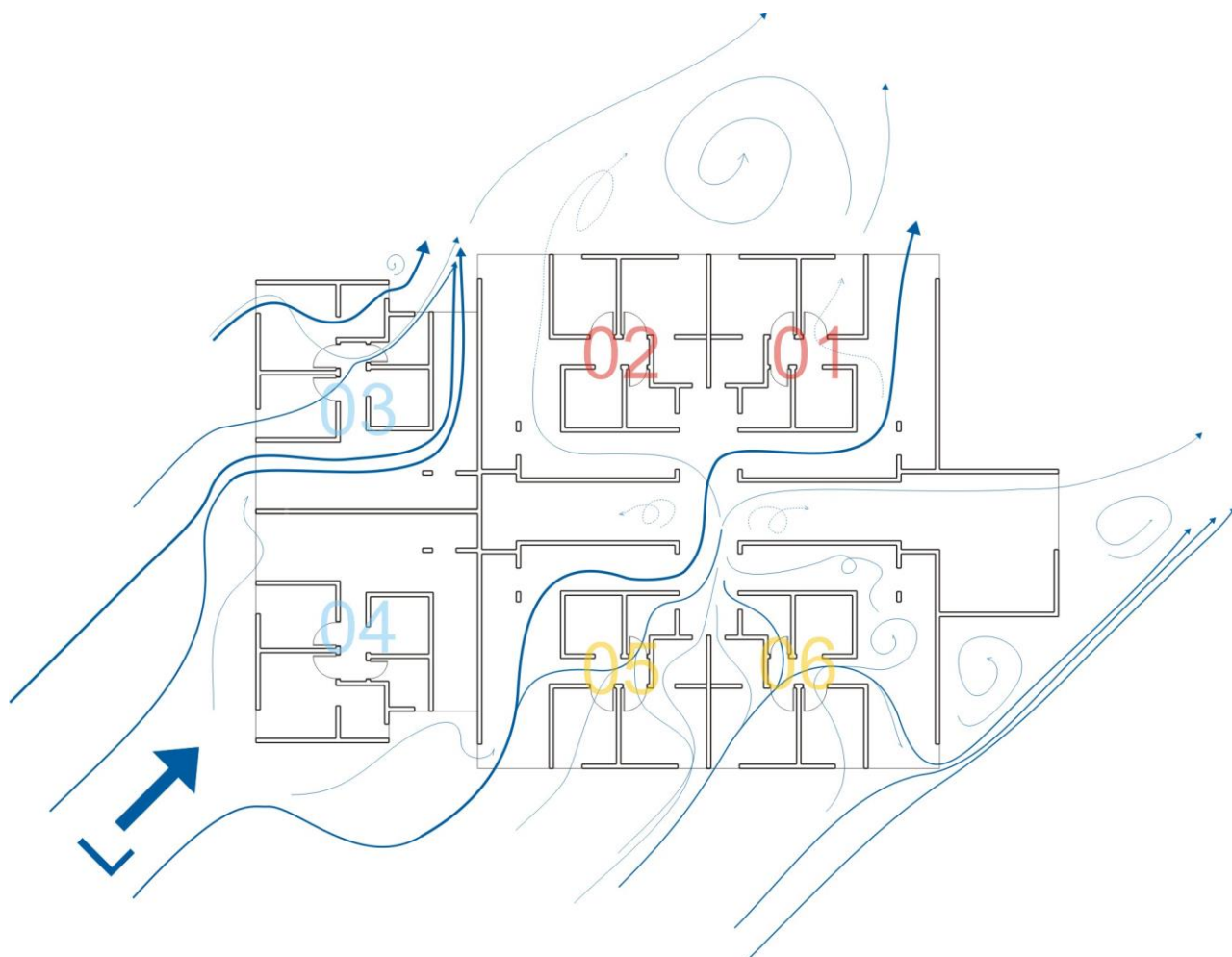


Figura 36: Leitura dos ensaios em mesa d'água para o vento leste

5.1.1.2 Ensaio para o vento sudeste

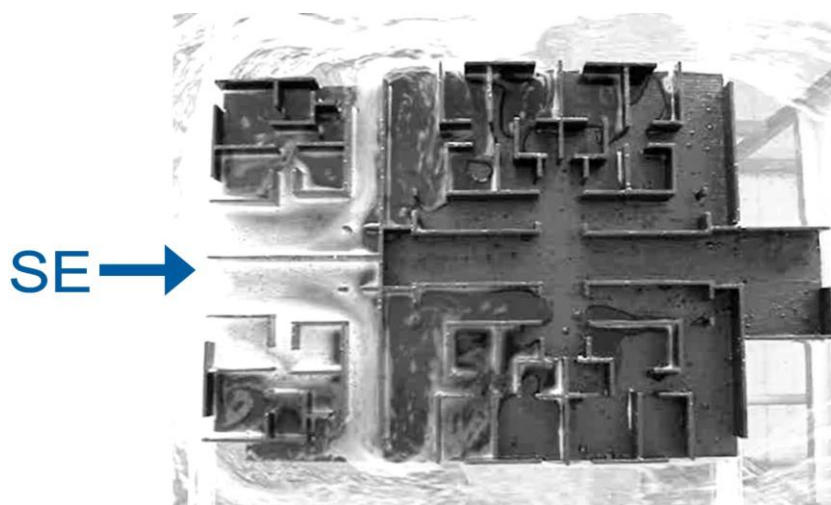


Figura 37: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D'água. Orientação Sudeste.

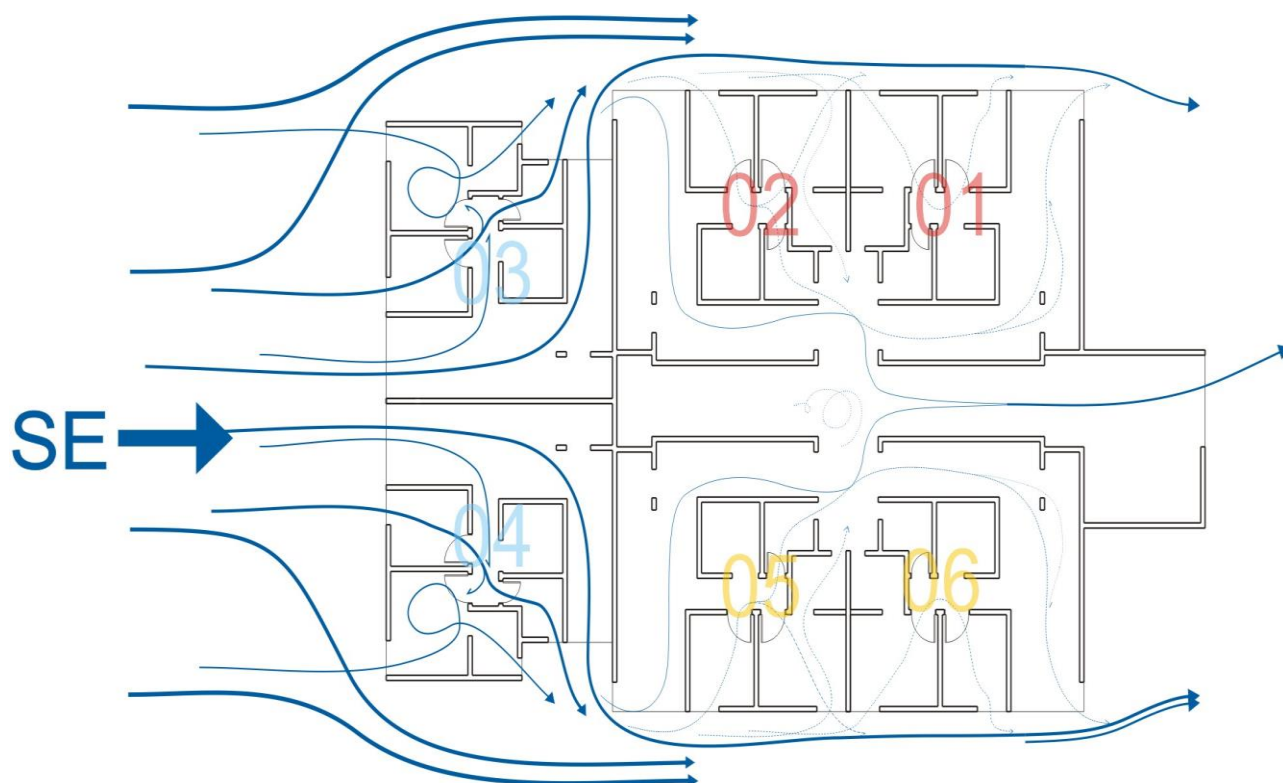


Figura 38: Leitura dos ensaios em mesa d'água para o vento sudeste.

5.1.1.3 Ensaio para o vento nordeste

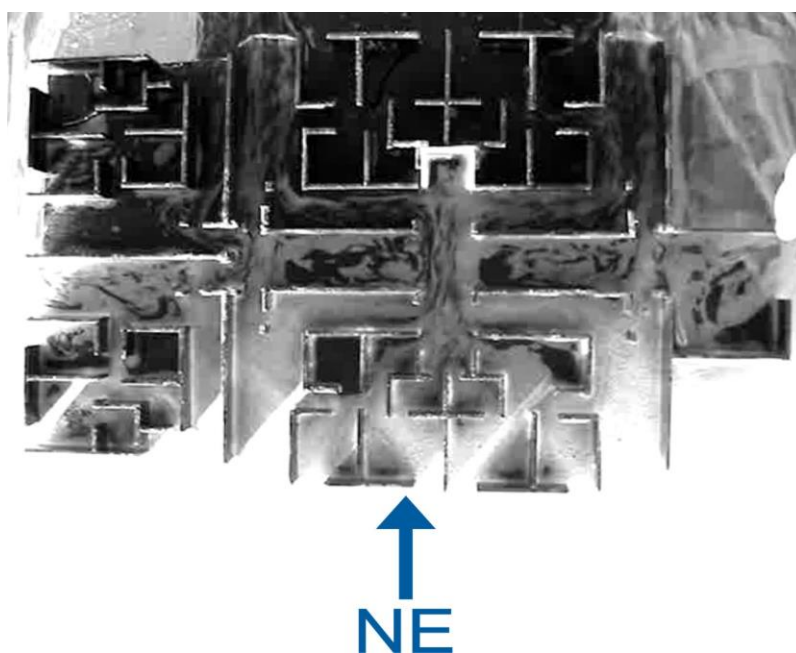


Figura 39: Ensaio de ventilação utilizando o equipamento Mesa D'água. Orientação Nordeste.

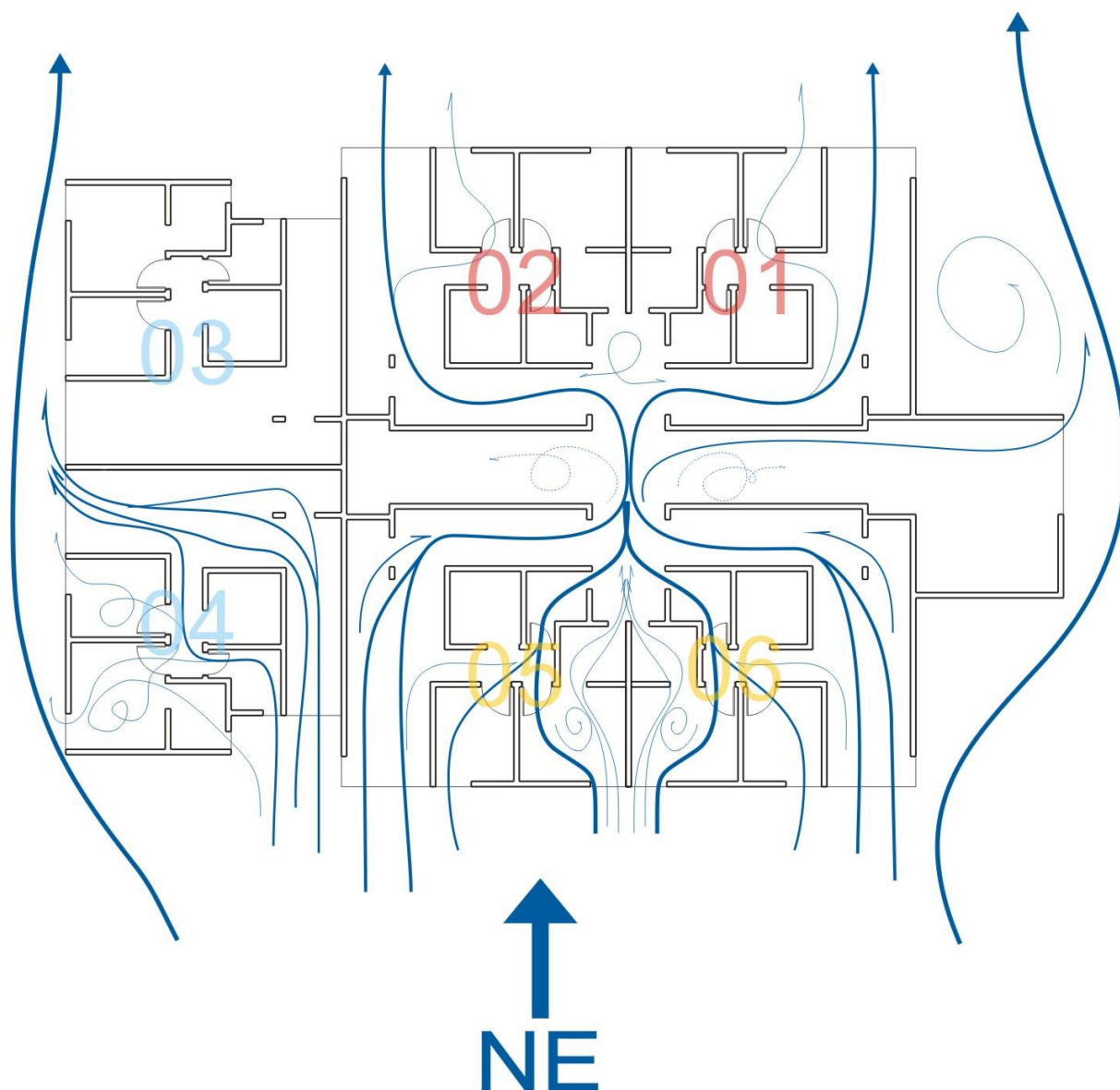


Figura 40: Leitura dos ensaios em mesa d'água para o vento nordeste.

5.1.2 Análise de resultados: ensaios de ventilação natural

5.1.2.1 Apartamentos 01 e 02

Pode-se observar, para os ventos dominantes, que os apartamentos 01 e 02, situados na fachada sudoeste, possuem o pior nível de circulação de ventilação natural (ver Figuras 36, 38 e 40).

Os ensaios mostraram circulação de ar considerável apenas na área de serviço, cozinha e sala. Foi observada penetração do vento nordeste (NE) através da abertura da área de serviço. No entanto, o acesso desse vento ocorre apenas se os apartamentos 05 e 06 estiverem com as esquadrias dos quartos e das varandas abertas (ver Figuras 36 e 40).

O vento sudeste (SE) penetra nos apartamentos 01 e 02 através de um avanço da volumetria do edifício existente na varanda, fazendo com que haja circulação desse vento nas salas. Esse mesmo avanço gera, por vezes, uma leve turbulência, fazendo com que haja penetração de vento no quarto 01 do apartamento 02 e saída através da janela da suíte e do banheiro social. O mesmo fenômeno é observado no apartamento 01, só que a penetração do vento se dá na suíte, saindo através da janela do quarto 01. No entanto, conforme observado nos ensaios, essa penetração ocorre com uma vazão bastante reduzida.

A circulação do vento leste (L) nesses apartamentos é praticamente desprezível, valendo salientar apenas uma corrente que penetra no apartamento 01 através da abertura da área de serviço. No entanto, o acesso desse vento ocorre apenas se os apartamentos 05 e 06 estiverem com as esquadrias dos quartos e das varandas abertas (ver Figura 36).

5.1.2.2 Apartamentos 03 e 04

Os ensaios mostraram que os apartamentos 03 e 04 gozam do melhor nível de circulação de ventilação natural. O apartamento 03 possui boa circulação de vento através do L e SE. Neste apartamento, os ensaios mostraram que não há circulação através do vento NE (ver Figuras 36 e 40).

O apartamento 04 tem seu potencial de ventilação natural obtido através dos ventos NE e SE. O vento NE tem boa circulação na sala e banheiro social. O SE oferece boa circulação em todo o apartamento, com exceção do gabinete, pois tal ambiente não possui abertura para saída do ar (ver Figuras 36, 38 e 40).

No apartamento 04, os ensaios mostraram um resultado muito interessante. O grande potencial do leste para a ventilação desse apartamento é completamente perdido quando a porta de acesso do apartamento está fechada, devido à ausência aberturas para saída de ar (ver Figura 36). Esse fato é preocupante, pois a tipologia estudada segue um padrão imobiliário, o que aponta provável recorrência do fato em diversas edificações da cidade.

Observando esse fato, foi realizada uma simulação para a orientação leste considerando a existência de uma abertura vertical junto à porta de acesso do apartamento. Esta simulação demonstrou uma grande melhoria na circulação dos ventos para a área de serviço, cozinha e sala do apartamento 04, conforme esquema observado a seguir.

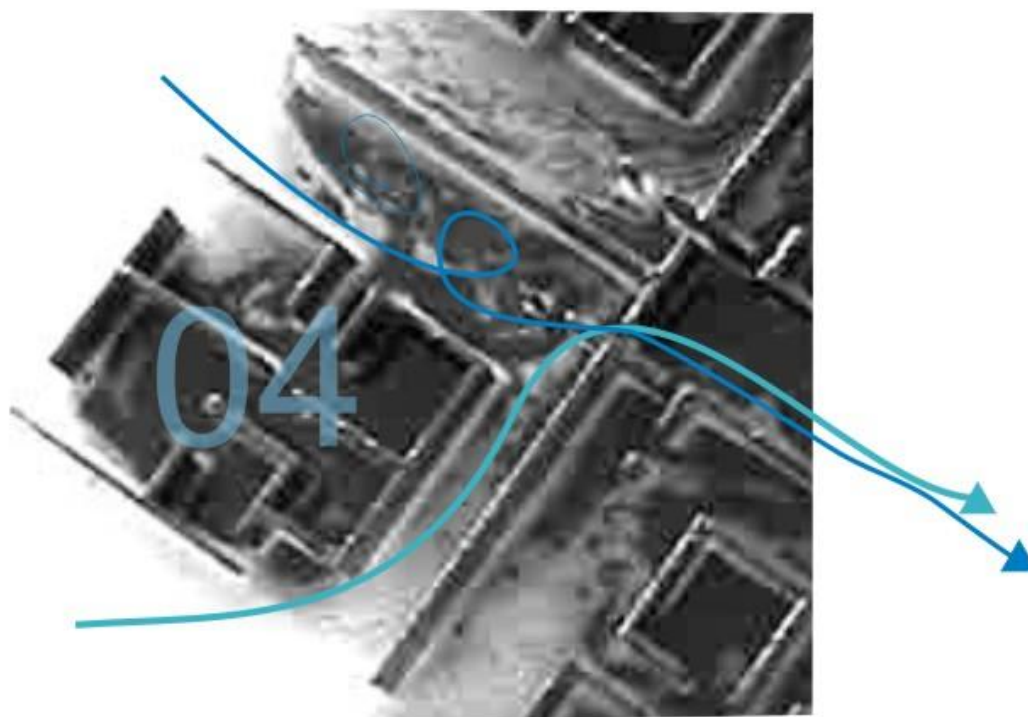


Figura 41: Leitura do ensaio em mesa d'água para o vento leste com abertura vertical vazada na porta principal do apartamento 04.

5.1.2.3 Apartamentos 05 e 06

Quanto ao vento SE, os apartamentos 05 e 06 se comportaram de modo análogo aos apartamentos 01 e 02 (ver item 5.1.2.1).

Estes apartamentos apresentaram bom nível de circulação dos ventos NE e L, sobretudo o NE. A existência de poço de ventilação para saída de ar em ambos, contribui com a forte circulação de vento em todos os ambientes, com exceção do gabinete que, conforme citado anteriormente, não possui abertura de saída de ar.

Os ensaios mostraram que o vento L faz um caminho interessante do apartamento 05 até o apartamento 01. Ele penetra através da varanda do apartamento 05, percorre sala, cozinha, área de serviço, atravessa o poço, área de circulação comum do prédio, penetra no apartamento 01 através da abertura da área de serviço até sair através de sua varanda. Esse caminho contribui com um melhor aproveitamento desse vento no apartamento 05 do que no apartamento 06 (ver Figura 36).

5.1.2.4 Comentários finais dos ensaios de ventilação

- a) Situações aparentemente favoráveis, como no caso do apartamento 04, vento L, podem ser enganosas se não observada a necessidade de zonas de pressão positiva (entrada) e negativa (saída) para que haja movimentação do ar nos ambientes internos;
- b) Soluções simples, como a utilização de seteira vazada na lateral da porta de acesso, como observado no apartamento 04, podem contribuir decisivamente com melhorias no nível de ventilação dos apartamentos. Isso demonstra, em alguns casos, o quanto é simples contribuir com a redução do consumo energético nas edificações;
- c) Os apartamentos voltados para o quadrante leste (nascentes) apresentaram melhor ventilação e conseqüente maior potencial de redução de consumo energético para manutenção do conforto térmico nos ambientes internos do que os apartamentos voltados

para o quadrante oeste (poentes). Podem-se eleger os apartamentos estudados, em uma escala comparativa de colocação quanto ao potencial para captação de ventilação natural, na seguinte ordem:

1º) Apartamentos 03 e 04

2º) Apartamento 05

3º) Apartamento 06

4º) Apartamento 01

5º) Apartamento 02

- d) Essa ordem coincide de forma relativamente coerente com a ordem quanto aos preços presentes na tabela de lançamento dos apartamentos, apresentada no item 4.3.1.2 da metodologia deste trabalho. Segundo a referida tabela, os apartamentos 03 e 04 custam R\$ 88.090,63; os apartamentos 05 e 06 custam R\$ 84.076,65 e os apartamentos 01 e 02 R\$ 80.279,64.

5.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL²²

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos nas simulações computacionais, bem como as primeiras análises comparativas dos resultados. Serão apresentadas tabelas-resumo dos resultados obtidos nas simulações das 16 situações apresentadas nas Tabelas 10 e 11 (ver anexo “A”). O item 5.2.2 contém as primeiras discussões sobre os resultados das simulações de desempenho energético.

A Tabela 12 apresenta a lista de simulações realizadas para o quarto 01 e a suíte. As primeiras tabelas e gráficos resultantes dessas simulações podem ser observados no anexo “A”.

²² Todos os gráficos, figuras e tabelas apresentadas neste item foram elaborados pelo autor, em 2008.

Tabela 12: Listagem das simulações realizadas

Fonte: o autor (2008)

Simulações	Descrição	Orientações simuladas	Nº total de simulações
Situação 1	Quarto 01 AC Selo "A" de 22hs às 6hs	SE / NE / SO	48
Situação 2	Quarto 01 AC Selo "E" de 22hs às 6hs	SE / NE / SO	
Situação 3	Quarto 01 AC Selo "A" de 8hs às 12hs	SE / NE / SO	
Situação 4	Quarto 01 AC Selo "E" de 8hs às 12hs	SE / NE / SO	
Situação 5	Quarto 01 AC Selo "A" de 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 6	Quarto 01 AC Selo "E" de 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 7	Quarto 01 AC Selo "A" de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 8	Quarto 01 AC Selo "E" de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 9	Suíte AC Selo "A" de 22hs às 6hs	SE / NE / SO	
Situação 10	Suíte AC Selo "E" de 22hs às 6hs	SE / NE / SO	
Situação 11	Suíte AC Selo "A" de 8hs às 12hs	SE / NE / SO	
Situação 12	Suíte AC Selo "E" de 8hs às 12hs	SE / NE / SO	
Situação 13	Suíte AC Selo "A" de 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 14	Suíte AC Selo "E" de 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 15	Suíte AC Selo "A" de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	SE / NE / SO	
Situação 16	Suíte AC Selo "E" de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs	SE / NE / SO	

5.2.1 Resultados: simulação computacional

Este subitem apresenta tabelas e gráficos com o resumo dos dados obtidos nas simulações computacionais realizadas (ver anexo A).

Tabela 13: Tabela resumo dos resultados: horário de 22hs às 6hs

TABELA RESUMO DOS RESULTADOS: HORÁRIO DE 22hs às 6hs								
	SELO "A"				SELO "E"			
	QUARTO 01		SUÍTE		QUARTO 01		SUÍTE	
	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)
SE	2502	R\$ 104,25	3037	R\$ 126,54	3864	R\$ 161,00	4691	R\$ 195,46
NE	2514	R\$ 104,75	3053	R\$ 127,21	3883	R\$ 161,79	4716	R\$ 196,50
SO	2606	R\$ 108,58	3169	R\$ 132,04	4026	R\$ 167,75	4895	R\$ 203,96

Tabela 14: Tabela resumo dos resultados: horário de 8hs às 12hs

TABELA RESUMO DOS RESULTADOS: HORÁRIO DE 8hs às 12hs								
	SELO "A"				SELO "E"			
	QUARTO 01		SUÍTE		QUARTO 01		SUÍTE	
	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)
SE	1691	R\$ 70,46	2054	R\$ 85,58	2612	R\$ 108,83	3172	R\$ 132,17
NE	1703	R\$ 70,96	2068	R\$ 86,17	2630	R\$ 109,58	3194	R\$ 133,08
SO	1654	R\$ 68,92	2014	R\$ 83,92	2555	R\$ 106,46	3111	R\$ 129,63

Tabela 15: Tabela resumo dos resultados: horário de 14hs às 18hs

TABELA RESUMO DOS RESULTADOS: HORÁRIO DE 14hs às 18hs								
	SELO "A"				SELO "E"			
	QUARTO 01		SUÍTE		QUARTO 01		SUÍTE	
	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)
SE	1963	R\$ 81,79	2392	R\$ 99,67	3032	R\$ 126,33	3694	R\$ 153,92
NE	1983	R\$ 82,63	2416	R\$ 100,67	3062	R\$ 127,58	3732	R\$ 155,50
SO	2051	R\$ 85,46	2493	R\$ 103,88	3168	R\$ 132,00	3851	R\$ 160,46

Tabela 16: Tabela resumo dos resultados: horário de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs

TABELA RESUMO DOS RESULTADOS: HORÁRIO DE 8hs às 12hs / 14hs às 18hs								
	SELO "A"				SELO "E"			
	QUARTO 01		SUÍTE		QUARTO 01		SUÍTE	
	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)	TOTAL ANO (kWh)	Custo médio mensal (R\$)
SE	3034	R\$ 126,42	3610	R\$ 150,42	4686	R\$ 195,25	5575	R\$ 232,29
NE	3059	R\$ 127,46	3640	R\$ 151,67	4725	R\$ 196,88	5622	R\$ 234,25
SO	3072	R\$ 128,00	3652	R\$ 152,17	4745	R\$ 197,71	5641	R\$ 235,04

5.2.2 Análise de resultados: simulação computacional

5.2.2.1 Horário de 22hs às 6hs

Conforme pode ser observado na Tabela 13, tanto no quarto 1 quanto na suíte os resultados mostram maior consumo anual de energia para os apartamentos situados na fachada sudoeste, e menor consumo para os apartamentos situados na fachada sudeste.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo "A", nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 4,33 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 5,50 entre os apartamentos SE e SO.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “E”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 6,75 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 8,50 entre os apartamentos SE e SO.

Nesse horário, a diferença de consumo de energia (kWh) entre essas orientações gira em torno de 4,15%. Isso demonstra a influência da maior quantidade de calor acumulada ao longo do dia nos apartamentos situados a sudoeste sobre o desempenho energético dos mesmos.

5.2.2.2 Horário de 8hs às 12hs

As simulações mostram para esse horário maior consumo anual de energia para os apartamentos situados na fachada nordeste, e menor consumo para aqueles voltados para sudoeste (ver Tabela 14).

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “A”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 2,04 entre os apartamentos SO e NE;
- Para a suíte, R\$ 2,25 entre os apartamentos SO e NE.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “E”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 3,12 entre os apartamentos SO e NE;
- Para a suíte, R\$ 3,45 entre os apartamentos SO e NE.

Nesse horário, a diferença de consumo de energia (kWh) entre essas orientações gira em torno de 2,96%. Esse é o único horário, dentre os simulados, em que os apartamentos voltados para sudoeste apresentam consumo de energia menor que os apartamentos voltados para o quadrante leste. Isso demonstra a influência da radiação solar durante o período da manhã sobre o consumo de energia nos apartamentos voltados para o quadrante leste.

5.2.2.3 Horário de 14hs às 18hs

Para esse horário, conforme pode ser observado na Tabela 15, as simulações mostram maior consumo anual de energia (kWh) nos apartamentos voltados para sudoeste e menor para aqueles voltados para sudeste.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “A”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 3,67 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 4,21 entre os apartamentos SE e SO.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “E”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 5,67 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 6,54 entre os apartamentos SE e SO.

Nesse caso, os apartamentos sudoeste apresentam consumo de energia em torno de 4,48% maior do que os apartamentos voltados para sudeste. Essa é a maior diferença de consumo de energia identificada entre as diferentes orientações simuladas num mesmo horário.

Comparando essa diferença com a identificada para o horário da manhã (8hs às 12hs), fica constatada uma maior influência da radiação solar durante a tarde sobre o desempenho energético do ar condicionado do que durante o período da manhã.

5.2.2.4 Horário de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs

As simulações mostram para esse horário maior consumo anual de energia para os apartamentos situados na fachada sudoeste, e menor consumo para aqueles voltados para sudeste.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “A”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 1,58 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 1,75 entre os apartamentos SE e SO.

As maiores diferenças de custo médio mensal para o aparelho selo “E”, nesse horário, foram:

- Para o quarto 1, R\$ 2,46 entre os apartamentos SE e SO;
- Para a suíte, R\$ 2,75 entre os apartamentos SE e SO.

Nesse caso, os apartamentos sudoeste apresentam consumo de energia em torno de 1,25% maior do que os apartamentos voltados para sudeste. Essa é a menor diferença de consumo de energia identificada entre as diferentes orientações simuladas num mesmo horário. No entanto, conforme esperado, é a situação onde há maior consumo de energia para todas as orientações simuladas devido ao maior tempo de funcionamento do ar condicionado (ver tabelas do item 5.2.1).

5.2.2.5 Comentários finais sobre as simulações computacionais

Os resultados mostram que o consumo de energia elétrica para uso de ar condicionado varia pouco conforme a orientação. A maior variação se dá entre os apartamentos voltados para sudeste e os voltados para sudoeste, com exceção do horário de 8hs às 12hs, onde, conforme citado no item 5.2.2.2, o maior consumo de energia foi identificado nos apartamentos voltados para nordeste e o menor para os apartamentos sudoeste.

Conseqüentemente, a variação de custo energético também é muito baixa. A maior diferença absoluta de custo de energia mensal identificada foi de R\$ 8,50 entre as orientações sudeste e noroeste na suíte, utilizando ar condicionado selo “E”.

Em termos gerais, os resultados mostram que os apartamentos voltados para sudeste apresentam menor média de consumo de energia elétrica, seguidos dos voltados para nordeste. Os apartamentos voltados para sudoeste apresentam a maior média de consumo de energia.

Quando utilizados em iguais condições, a diferença de consumo de energia entre o ar condicionado selo “A” e o selo “E” é de, aproximadamente, 54,44%.

Em condições de horário e orientação iguais, a diferença de consumo de energia entre o quarto 1 e a suíte é de, aproximadamente, 21,38%. Essa diferença se deve ao maior volume e exposição solar da suíte.

Vale lembrar que foi considerada taxa de infiltração ideal para o ar condicionado. Devido a isso, não foi considerado nas simulações o potencial da ventilação natural para remover o calor interno dos ambientes. Conforme pôde ser observado nos ensaios de ventilação, esse aproveitamento seria maior nos apartamentos 03 e 04, voltados para sudeste. Ou seja, nesses apartamentos há maior possibilidade de haver menor consumo de energia destinada à obtenção de conforto térmico.

5.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Para a realização das análises econômicas, foi considerado como referência o custo mensal médio de energia elétrica, identificado em cada situação simulada, presentes nas tabelas do item 5.2.1.

Os resultados obtidos nos ensaios de ventilação apontam qualitativamente o melhor potencial de ventilação natural para os apartamentos 03 e 04 (sudeste), e o pior para os apartamentos 01 e 02 (sudoeste).

Seguindo essa lógica, as projeções através da aplicação mensal do custo energético serão realizadas para as orientações sudeste e sudoeste, visando alcançar os objetivos propostos.

5.3.1 Resultados das projeções econômicas

5.3.1.1 Custo de energia ao longo do tempo

Este item apresenta o custo energético ao longo do tempo, baseado no custo médio mensal de cada situação simulada, conforme apresentam as tabelas a seguir.

Tabela 17: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 22hs às 6hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
		HORÁRIO: 22hs às 6hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 104,25	R\$ 108,58	R\$ 161,00	R\$ 167,75
	12 meses	R\$ 1.251,00	R\$ 1.302,96	R\$ 1.932,00	R\$ 2.013,00
	24 meses	R\$ 2.502,00	R\$ 2.605,92	R\$ 3.864,00	R\$ 4.026,00
	36 meses	R\$ 3.753,00	R\$ 3.908,88	R\$ 5.796,00	R\$ 6.039,00
	48 meses	R\$ 5.004,00	R\$ 5.211,84	R\$ 7.728,00	R\$ 8.052,00
	60 meses	R\$ 6.255,00	R\$ 6.514,80	R\$ 9.660,00	R\$ 10.065,00
	72 meses	R\$ 7.506,00	R\$ 7.817,76	R\$ 11.592,00	R\$ 12.078,00
	84 meses	R\$ 8.757,00	R\$ 9.120,72	R\$ 13.524,00	R\$ 14.091,00
	96 meses	R\$ 10.008,00	R\$ 10.423,68	R\$ 15.456,00	R\$ 16.104,00
	120 meses	R\$ 12.510,00	R\$ 13.029,60	R\$ 19.320,00	R\$ 20.130,00
	240 meses	R\$ 25.020,00	R\$ 26.059,20	R\$ 38.640,00	R\$ 40.260,00
	360 meses	R\$ 37.530,00	R\$ 39.088,80	R\$ 57.960,00	R\$ 60.390,00

Tabela 18: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
		HORÁRIO: 8hs às 12hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto1 SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 70,46	R\$ 68,92	R\$ 108,83	R\$ 106,46
	12 meses	R\$ 845,52	R\$ 827,04	R\$ 1.305,96	R\$ 1.277,52
	24 meses	R\$ 1.691,04	R\$ 1.654,08	R\$ 2.611,92	R\$ 2.555,04
	36 meses	R\$ 2.536,56	R\$ 2.481,12	R\$ 3.917,88	R\$ 3.832,56
	48 meses	R\$ 3.382,08	R\$ 3.308,16	R\$ 5.223,84	R\$ 5.110,08
	60 meses	R\$ 4.227,60	R\$ 4.135,20	R\$ 6.529,80	R\$ 6.387,60
	72 meses	R\$ 5.073,12	R\$ 4.962,24	R\$ 7.835,76	R\$ 7.665,12
	84 meses	R\$ 5.918,64	R\$ 5.789,28	R\$ 9.141,72	R\$ 8.942,64
	96 meses	R\$ 6.764,16	R\$ 6.616,32	R\$ 10.447,68	R\$ 10.220,16
	120 meses	R\$ 8.455,20	R\$ 8.270,40	R\$ 13.059,60	R\$ 12.775,20
	240 meses	R\$ 16.910,40	R\$ 16.540,80	R\$ 26.119,20	R\$ 25.550,40
	360 meses	R\$ 25.365,60	R\$ 24.811,20	R\$ 39.178,80	R\$ 38.325,60

Tabela 19: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 14hs às 18hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
		HORÁRIO: 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 81,79	R\$ 85,46	R\$ 126,33	R\$ 153,92
	12 meses	R\$ 981,48	R\$ 1.025,52	R\$ 1.515,96	R\$ 1.847,04
	24 meses	R\$ 1.962,96	R\$ 2.051,04	R\$ 3.031,92	R\$ 3.694,08
	36 meses	R\$ 2.944,44	R\$ 3.076,56	R\$ 4.547,88	R\$ 5.541,12
	48 meses	R\$ 3.925,92	R\$ 4.102,08	R\$ 6.063,84	R\$ 7.388,16
	60 meses	R\$ 4.907,40	R\$ 5.127,60	R\$ 7.579,80	R\$ 9.235,20
	72 meses	R\$ 5.888,88	R\$ 6.153,12	R\$ 9.095,76	R\$ 11.082,24
	84 meses	R\$ 6.870,36	R\$ 7.178,64	R\$ 10.611,72	R\$ 12.929,28
	96 meses	R\$ 7.851,84	R\$ 8.204,16	R\$ 12.127,68	R\$ 14.776,32
	120 meses	R\$ 9.814,80	R\$ 10.255,20	R\$ 15.159,60	R\$ 18.470,40
	240 meses	R\$ 19.629,60	R\$ 20.510,40	R\$ 30.319,20	R\$ 36.940,80
	360 meses	R\$ 29.444,40	R\$ 30.765,60	R\$ 45.478,80	R\$ 55.411,20

Tabela 20: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
		HORÁRIO: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 126,42	R\$ 128,00	R\$ 195,25	R\$ 197,71
	12 meses	R\$ 1.517,04	R\$ 1.536,00	R\$ 2.343,00	R\$ 2.372,52
	24 meses	R\$ 3.034,08	R\$ 3.072,00	R\$ 4.686,00	R\$ 4.745,04
	36 meses	R\$ 4.551,12	R\$ 4.608,00	R\$ 7.029,00	R\$ 7.117,56
	48 meses	R\$ 6.068,16	R\$ 6.144,00	R\$ 9.372,00	R\$ 9.490,08
	60 meses	R\$ 7.585,20	R\$ 7.680,00	R\$ 11.715,00	R\$ 11.862,60
	72 meses	R\$ 9.102,24	R\$ 9.216,00	R\$ 14.058,00	R\$ 14.235,12
	84 meses	R\$ 10.619,28	R\$ 10.752,00	R\$ 16.401,00	R\$ 16.607,64
	96 meses	R\$ 12.136,32	R\$ 12.288,00	R\$ 18.744,00	R\$ 18.980,16
	120 meses	R\$ 15.170,40	R\$ 15.360,00	R\$ 23.430,00	R\$ 23.725,20
	240 meses	R\$ 30.340,80	R\$ 30.720,00	R\$ 46.860,00	R\$ 47.450,40
	360 meses	R\$ 45.511,20	R\$ 46.080,00	R\$ 70.290,00	R\$ 71.175,60

Tabela 21: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 22hs às 6hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
HORÁRIO: 22hs às 6hs					
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 126,54	R\$ 132,04	R\$ 195,46	R\$ 203,96
	12 meses	R\$ 1.518,48	R\$ 1.584,48	R\$ 2.345,52	R\$ 2.447,52
	24 meses	R\$ 3.036,96	R\$ 3.168,96	R\$ 4.691,04	R\$ 4.895,04
	36 meses	R\$ 4.555,44	R\$ 4.753,44	R\$ 7.036,56	R\$ 7.342,56
	48 meses	R\$ 6.073,92	R\$ 6.337,92	R\$ 9.382,08	R\$ 9.790,08
	60 meses	R\$ 7.592,40	R\$ 7.922,40	R\$ 11.727,60	R\$ 12.237,60
	72 meses	R\$ 9.110,88	R\$ 9.506,88	R\$ 14.073,12	R\$ 14.685,12
	84 meses	R\$ 10.629,36	R\$ 11.091,36	R\$ 16.418,64	R\$ 17.132,64
	96 meses	R\$ 12.147,84	R\$ 12.675,84	R\$ 18.764,16	R\$ 19.580,16
	120 meses	R\$ 15.184,80	R\$ 15.844,80	R\$ 23.455,20	R\$ 24.475,20
	240 meses	R\$ 30.369,60	R\$ 31.689,60	R\$ 46.910,40	R\$ 48.950,40
	360 meses	R\$ 45.554,40	R\$ 47.534,40	R\$ 70.365,60	R\$ 73.425,60

Tabela 22: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
HORÁRIO: 8hs às 12hs					
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 85,58	R\$ 83,92	R\$ 132,17	R\$ 129,63
	12 meses	R\$ 1.026,96	R\$ 1.007,04	R\$ 1.586,04	R\$ 1.555,56
	24 meses	R\$ 2.053,92	R\$ 2.014,08	R\$ 3.172,08	R\$ 3.111,12
	36 meses	R\$ 3.080,88	R\$ 3.021,12	R\$ 4.758,12	R\$ 4.666,68
	48 meses	R\$ 4.107,84	R\$ 4.028,16	R\$ 6.344,16	R\$ 6.222,24
	60 meses	R\$ 5.134,80	R\$ 5.035,20	R\$ 7.930,20	R\$ 7.777,80
	72 meses	R\$ 6.161,76	R\$ 6.042,24	R\$ 9.516,24	R\$ 9.333,36
	84 meses	R\$ 7.188,72	R\$ 7.049,28	R\$ 11.102,28	R\$ 10.888,92
	96 meses	R\$ 8.215,68	R\$ 8.056,32	R\$ 12.688,32	R\$ 12.444,48
	120 meses	R\$ 10.269,60	R\$ 10.070,40	R\$ 15.860,40	R\$ 15.555,60
	240 meses	R\$ 20.539,20	R\$ 20.140,80	R\$ 31.720,80	R\$ 31.111,20
	360 meses	R\$ 30.808,80	R\$ 30.211,20	R\$ 47.581,20	R\$ 46.666,80

Tabela 23: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 14hs às 18hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
HORÁRIO: 14hs às 18hs					
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 99,67	R\$ 103,88	R\$ 153,92	R\$ 160,46
	12 meses	R\$ 1.196,04	R\$ 1.246,56	R\$ 1.847,04	R\$ 1.925,52
	24 meses	R\$ 2.392,08	R\$ 2.493,12	R\$ 3.694,08	R\$ 3.851,04
	36 meses	R\$ 3.588,12	R\$ 3.739,68	R\$ 5.541,12	R\$ 5.776,56
	48 meses	R\$ 4.784,16	R\$ 4.986,24	R\$ 7.388,16	R\$ 7.702,08
	60 meses	R\$ 5.980,20	R\$ 6.232,80	R\$ 9.235,20	R\$ 9.627,60
	72 meses	R\$ 7.176,24	R\$ 7.479,36	R\$ 11.082,24	R\$ 11.553,12
	84 meses	R\$ 8.372,28	R\$ 8.725,92	R\$ 12.929,28	R\$ 13.478,64
	96 meses	R\$ 9.568,32	R\$ 9.972,48	R\$ 14.776,32	R\$ 15.404,16
	120 meses	R\$ 11.960,40	R\$ 12.465,60	R\$ 18.470,40	R\$ 19.255,20
	240 meses	R\$ 23.920,80	R\$ 24.931,20	R\$ 36.940,80	R\$ 38.510,40
	360 meses	R\$ 35.881,20	R\$ 37.396,80	R\$ 55.411,20	R\$ 57.765,60

Tabela 24: Projeção do custo energético ao longo do tempo. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs

CUSTO DE ENERGIA AO LONGO DO TEMPO					
HORÁRIO: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs					
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo	Custo médio mensal	R\$ 150,42	R\$ 152,17	R\$ 232,29	R\$ 235,04
	12 meses	R\$ 1.805,04	R\$ 1.826,04	R\$ 2.787,48	R\$ 2.820,48
	24 meses	R\$ 3.610,08	R\$ 3.652,08	R\$ 5.574,96	R\$ 5.640,96
	36 meses	R\$ 5.415,12	R\$ 5.478,12	R\$ 8.362,44	R\$ 8.461,44
	48 meses	R\$ 7.220,16	R\$ 7.304,16	R\$ 11.149,92	R\$ 11.281,92
	60 meses	R\$ 9.025,20	R\$ 9.130,20	R\$ 13.937,40	R\$ 14.102,40
	72 meses	R\$ 10.830,24	R\$ 10.956,24	R\$ 16.724,88	R\$ 16.922,88
	84 meses	R\$ 12.635,28	R\$ 12.782,28	R\$ 19.512,36	R\$ 19.743,36
	96 meses	R\$ 14.440,32	R\$ 14.608,32	R\$ 22.299,84	R\$ 22.563,84
	120 meses	R\$ 18.050,40	R\$ 18.260,40	R\$ 27.874,80	R\$ 28.204,80
	240 meses	R\$ 36.100,80	R\$ 36.520,80	R\$ 55.749,60	R\$ 56.409,60
	360 meses	R\$ 54.151,20	R\$ 54.781,20	R\$ 83.624,40	R\$ 84.614,40

5.3.1.2 Diferença de preço entre apartamentos SE e SO aplicado em caderneta de poupança

Neste item será feita a projeção econômica em caderneta de poupança do montante resultante da diferença de preço entre os apartamentos nascentes e os apartamentos poentes. Esse montante representa a economia possibilitada pela compra dos apartamentos poentes. Foi considerado, como valor de aplicação, a maior diferença entre os valores da tabela de lançamento do edifício (ver item 4.3.1.2, Tabela 6).

De acordo com a tabela, a maior diferença está entre os apartamentos situados na fachada sudeste (03 e 04) e os situados na fachada sudoeste (01 e 02), sendo da ordem de R\$ 7.810,99.

Os apartamentos 01 e 02 custam 9,7% a menos que os apartamentos 03 e 04.

Tabela 25: Projeção de investimento da diferença de valor entre o apartamento nascente e o poente aplicado em caderneta de poupança

Projeção de investimento do montante de R\$ 7810,99 com 0,5% de juros ao mês		
12 meses	R\$	8.292,75
24 meses	R\$	8.804,23
36 meses	R\$	9.347,25
48 meses	R\$	9.923,77
60 meses	R\$	10.535,85
72 meses	R\$	11.185,68
84 meses	R\$	11.875,59
96 meses	R\$	12.608,05
120 meses	R\$	14.211,28
240 meses	R\$	25.855,97
360 meses	R\$	47.042,27

Esse valor, aplicado durante 360 meses (30 anos) em caderneta de poupança, gera um montante de R\$ 47.042,27.

5.3.1.3 Custo mensal de energia aplicado em caderneta de poupança

Neste item será feita a projeção de investimento em caderneta de poupança do custo energético mensal para as orientações sudeste e sudoeste nos diferentes horários, ora utilizando ar condicionado selo “A”, ora utilizando ar condicionado selo “E”.

Tabela 26: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 22hs às 6hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 22hs às 6hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 104,25	R\$ 108,58	R\$ 161,00	R\$ 167,75
	12 meses	R\$ 1.285,98	R\$ 1.339,40	R\$ 1.986,03	R\$ 2.069,29
	24 meses	R\$ 2.651,28	R\$ 2.761,40	R\$ 4.094,54	R\$ 4.266,21
	36 meses	R\$ 4.100,79	R\$ 4.271,11	R\$ 6.333,11	R\$ 6.598,63
	48 meses	R\$ 5.639,70	R\$ 5.873,94	R\$ 8.709,75	R\$ 9.074,91
	60 meses	R\$ 7.273,53	R\$ 7.575,63	R\$ 11.232,97	R\$ 11.703,92
	72 meses	R\$ 9.008,12	R\$ 9.382,27	R\$ 13.911,83	R\$ 14.495,09
	84 meses	R\$ 10.849,71	R\$ 11.300,35	R\$ 16.755,90	R\$ 17.458,40
	96 meses	R\$ 12.804,88	R\$ 13.336,72	R\$ 19.775,40	R\$ 20.604,49
	120 meses	R\$ 17.084,42	R\$ 17.794,02	R\$ 26.384,57	R\$ 27.490,76
	240 meses	R\$ 48.167,76	R\$ 50.168,40	R\$ 74.388,58	R\$ 77.507,36
	360 meses	R\$ 104.720,69	R\$ 109.070,24	R\$ 161.726,92	R\$ 168.507,40

Tabela 27: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 8hs às 12hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto1 SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 70,46	R\$ 68,92	R\$ 108,83	R\$ 106,46
	12 meses	R\$ 869,16	R\$ 850,17	R\$ 1.342,48	R\$ 1.313,24
	24 meses	R\$ 1.791,94	R\$ 1.752,77	R\$ 2.767,76	R\$ 2.707,49
	36 meses	R\$ 2.771,62	R\$ 2.711,04	R\$ 4.280,95	R\$ 4.187,72
	48 meses	R\$ 3.811,73	R\$ 3.728,42	R\$ 5.887,47	R\$ 5.759,26
	60 meses	R\$ 4.916,00	R\$ 4.808,55	R\$ 7.593,07	R\$ 7.427,72
	72 meses	R\$ 6.088,37	R\$ 5.955,30	R\$ 9.403,88	R\$ 9.199,09
	84 meses	R\$ 7.333,05	R\$ 7.172,78	R\$ 11.326,37	R\$ 11.079,71
	96 meses	R\$ 8.654,50	R\$ 8.465,34	R\$ 13.367,43	R\$ 13.076,33
	120 meses	R\$ 11.546,94	R\$ 11.294,56	R\$ 17.834,99	R\$ 17.446,60
	240 meses	R\$ 32.555,40	R\$ 31.843,86	R\$ 50.283,91	R\$ 49.188,87
	360 meses	R\$ 70.778,13	R\$ 69.231,18	R\$ 109.321,37	R\$ 106.940,67

Tabela 28: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 14hs às 18hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 81,79	R\$ 85,46	R\$ 126,33	R\$ 153,92
	12 meses	R\$ 1.008,93	R\$ 1.054,20	R\$ 1.558,35	R\$ 1.898,69
	24 meses	R\$ 2.080,08	R\$ 2.173,41	R\$ 3.212,82	R\$ 3.914,49
	36 meses	R\$ 3.217,30	R\$ 3.361,66	R\$ 4.969,33	R\$ 6.054,61
	48 meses	R\$ 4.424,66	R\$ 4.623,20	R\$ 6.834,18	R\$ 8.326,74
	60 meses	R\$ 5.706,49	R\$ 5.962,55	R\$ 8.814,05	R\$ 10.739,00
	72 meses	R\$ 7.067,38	R\$ 7.384,50	R\$ 10.916,03	R\$ 13.300,05
	84 meses	R\$ 8.512,21	R\$ 8.894,16	R\$ 13.147,66	R\$ 16.019,06
	96 meses	R\$ 10.046,15	R\$ 10.496,93	R\$ 15.516,93	R\$ 18.905,77
	120 meses	R\$ 13.403,69	R\$ 14.005,13	R\$ 20.702,88	R\$ 25.224,31
	240 meses	R\$ 37.790,32	R\$ 39.486,01	R\$ 58.369,63	R\$ 71.117,33
	360 meses	R\$ 82.159,29	R\$ 85.845,86	R\$ 126.900,39	R\$ 154.614,96

Tabela 29: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Quarto 1 / Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Quarto1 SE	Quarto1 SO	Quarto1 SE	Quarto 1 SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 126,42	R\$ 128,00	R\$ 195,25	R\$ 197,71
	12 meses	R\$ 1.559,46	R\$ 1.578,95	R\$ 2.408,52	R\$ 2.438,86
	24 meses	R\$ 3.215,11	R\$ 3.255,29	R\$ 4.965,59	R\$ 5.028,15
	36 meses	R\$ 4.972,87	R\$ 5.035,02	R\$ 7.680,37	R\$ 7.777,14
	48 meses	R\$ 6.839,05	R\$ 6.924,52	R\$ 10.562,60	R\$ 10.695,68
	60 meses	R\$ 8.820,33	R\$ 8.930,56	R\$ 13.622,60	R\$ 13.794,23
	72 meses	R\$ 10.923,81	R\$ 11.060,33	R\$ 16.871,33	R\$ 17.083,89
	84 meses	R\$ 13.157,03	R\$ 13.321,46	R\$ 20.320,43	R\$ 20.576,46
	96 meses	R\$ 15.527,98	R\$ 15.722,05	R\$ 23.982,27	R\$ 24.284,43
	120 meses	R\$ 20.717,63	R\$ 20.976,56	R\$ 31.997,44	R\$ 32.400,59
	240 meses	R\$ 58.411,21	R\$ 59.141,23	R\$ 90.213,48	R\$ 91.350,11
	360 meses	R\$ 126.990,79	R\$ 128.577,93	R\$ 196.131,56	R\$ 198.602,67

Tabela 30: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 22hs às 6hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
	HORÁRIO: 22hs às 6hs				
	SELO "A"		SELO "E"		
	Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO	
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 126,54	R\$ 132,04	R\$ 195,46	R\$ 203,96
	12 meses	R\$ 1.560,94	R\$ 1.628,79	R\$ 2.411,11	R\$ 2.515,96
	24 meses	R\$ 3.218,16	R\$ 3.358,04	R\$ 4.970,93	R\$ 5.187,10
	36 meses	R\$ 4.977,59	R\$ 5.193,94	R\$ 7.688,64	R\$ 8.022,99
	48 meses	R\$ 6.845,54	R\$ 7.143,08	R\$ 10.573,96	R\$ 11.033,79
	60 meses	R\$ 8.828,70	R\$ 9.212,43	R\$ 13.637,25	R\$ 14.230,30
	72 meses	R\$ 10.934,18	R\$ 11.409,43	R\$ 16.889,47	R\$ 17.623,95
	84 meses	R\$ 13.169,51	R\$ 13.741,92	R\$ 20.342,29	R\$ 21.226,92
	96 meses	R\$ 15.542,72	R\$ 16.218,28	R\$ 24.008,07	R\$ 25.052,11
	120 meses	R\$ 20.737,29	R\$ 21.638,63	R\$ 32.031,86	R\$ 33.424,83
	240 meses	R\$ 58.466,65	R\$ 61.007,88	R\$ 90.310,51	R\$ 94.237,86
	360 meses	R\$ 127.111,33	R\$ 132.636,17	R\$ 196.342,51	R\$ 204.880,89

Tabela 31: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
	HORÁRIO: 8hs às 12hs				
	SELO "A"		SELO "E"		
	Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO	
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 85,58	R\$ 83,92	R\$ 132,17	R\$ 129,63
	12 meses	R\$ 1.055,68	R\$ 1.035,20	R\$ 1.630,39	R\$ 1.599,06
	24 meses	R\$ 2.176,47	R\$ 2.134,25	R\$ 3.361,34	R\$ 3.296,74
	36 meses	R\$ 3.366,38	R\$ 3.301,09	R\$ 5.199,05	R\$ 5.099,14
	48 meses	R\$ 4.629,69	R\$ 4.539,89	R\$ 7.150,11	R\$ 7.012,70
	60 meses	R\$ 5.970,92	R\$ 5.855,10	R\$ 9.221,50	R\$ 9.044,29
	72 meses	R\$ 7.394,87	R\$ 7.251,43	R\$ 11.420,66	R\$ 11.201,18
	84 meses	R\$ 8.906,65	R\$ 8.733,88	R\$ 13.755,45	R\$ 13.491,10
	96 meses	R\$ 10.511,67	R\$ 10.307,77	R\$ 16.234,25	R\$ 15.922,26
	120 meses	R\$ 14.024,79	R\$ 13.752,75	R\$ 21.659,93	R\$ 21.243,68
	240 meses	R\$ 39.541,46	R\$ 38.774,47	R\$ 61.067,95	R\$ 59.894,36
	360 meses	R\$ 85.966,40	R\$ 84.298,90	R\$ 132.766,75	R\$ 130.215,28

Tabela 32: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 14hs às 18hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 99,67	R\$ 103,88	R\$ 153,92	R\$ 160,46
	12 meses	R\$ 1.229,49	R\$ 1.281,42	R\$ 1.898,69	R\$ 1.979,36
	24 meses	R\$ 2.534,80	R\$ 2.641,87	R\$ 3.914,49	R\$ 4.080,81
	36 meses	R\$ 3.920,63	R\$ 4.086,23	R\$ 6.054,61	R\$ 6.311,87
	48 meses	R\$ 5.391,93	R\$ 5.619,68	R\$ 8.326,74	R\$ 8.680,54
	60 meses	R\$ 6.953,98	R\$ 7.247,71	R\$ 10.739,00	R\$ 11.195,30
	72 meses	R\$ 8.612,37	R\$ 8.976,15	R\$ 13.300,05	R\$ 13.865,16
	84 meses	R\$ 10.373,05	R\$ 10.811,20	R\$ 16.019,06	R\$ 16.699,70
	96 meses	R\$ 12.242,32	R\$ 12.759,43	R\$ 18.905,77	R\$ 19.709,07
	120 meses	R\$ 16.333,85	R\$ 17.023,79	R\$ 25.224,31	R\$ 26.296,08
	240 meses	R\$ 46.051,62	R\$ 47.996,81	R\$ 71.117,33	R\$ 74.139,08
	360 meses	R\$ 100.120,01	R\$ 104.349,02	R\$ 154.614,96	R\$ 161.184,48

Tabela 33: Projeção de investimento mensal do custo energético em caderneta de poupança. Ambiente: Suíte / Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs

APLICAÇÃO MENSAL EM CADERNETA DE POUPANÇA (TAXA DE JUROS: 0,5%)					
		HORÁRIO: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs			
		SELO "A"		SELO "E"	
		Suíte SE	Suíte SO	Suíte SE	Suíte SO
Tempo de aplicação	Custo médio mensal	R\$ 150,42	R\$ 152,17	R\$ 232,29	R\$ 235,04
	12 meses	R\$ 1.855,52	R\$ 1.877,10	R\$ 2.865,43	R\$ 2.899,35
	24 meses	R\$ 3.825,47	R\$ 3.869,98	R\$ 5.907,59	R\$ 5.977,53
	36 meses	R\$ 5.916,94	R\$ 5.985,78	R\$ 9.137,38	R\$ 9.245,56
	48 meses	R\$ 8.137,40	R\$ 8.232,07	R\$ 12.566,39	R\$ 12.715,15
	60 meses	R\$ 10.494,81	R\$ 10.616,91	R\$ 16.206,88	R\$ 16.398,75
	72 meses	R\$ 12.997,62	R\$ 13.148,84	R\$ 20.071,91	R\$ 20.309,54
	84 meses	R\$ 15.654,80	R\$ 15.836,93	R\$ 24.175,33	R\$ 24.461,54
	96 meses	R\$ 18.475,87	R\$ 18.690,82	R\$ 28.531,84	R\$ 28.869,62
	120 meses	R\$ 24.650,73	R\$ 24.937,52	R\$ 38.067,53	R\$ 38.518,20
	240 meses	R\$ 69.500,19	R\$ 70.308,76	R\$ 107.327,48	R\$ 108.598,09
	360 meses	R\$ 151.099,15	R\$ 152.857,05	R\$ 233.338,80	R\$ 236.101,22

5.3.2 Análises finais sobre as projeções econômicas

5.3.2.1 Discussão geral sobre o valor gasto com energia em longo prazo

Para todos os casos simulados, o custo mensal de energia economizado durante o prazo de financiamento máximo do imóvel representa parcela considerável do valor total do apartamento.

Em 360 meses, o custo mínimo de energia foi de R\$ 24.811,20 e ocorreu no quarto 01, no horário de 8hs às 12hs utilizando ar condicionado selo “A”. Esse valor representa 28,16% do preço total à vista dos apartamentos 03 e 04 (R\$ 88.090,63) e 30,9% do preço total à vista dos apartamentos 01 e 02 (R\$ 80.279,64).

O custo de energia máximo de energia em 360 meses foi de R\$ 84.614,40 e ocorreu na suíte, no horário de 8hs às 12hs / 14hs às 18hs utilizando ar condicionado selo “E”. Esse valor representa 96,05% do preço total à vista dos apartamentos 03 e 04 (R\$ 88.090,63) e 105,39% do preço total à vista dos apartamentos 01 e 02 (R\$ 80.279,64). Ou seja, em algumas situações o valor gasto com energia durante os 360 meses de financiamento supera o preço total à vista de alguns apartamentos sem a necessidade de aplicação financeira.

O custo mensal médio de energia mínimo identificado foi de R\$ 70,46, para o quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” durante o horário de 8hs às 12hs. Isso representa 13,29% do valor médio da prestação paga durante a construção do edifício (R\$ 530,00).

O média do custo mensal de energia pode chegar até R\$ 235,04, para a suíte sudoeste utilizando ar condicionado selo “E” durante o horário de 8hs às 12hs e 14hs às 18hs. Isso representa 44% do valor médio da prestação paga durante a construção do edifício (R\$ 530,00).

Quando utilizados em iguais condições, o ar condicionado selo “E” eleva o custo de energia em aproximadamente 54,44% em relação ao ar condicionado selo “A”.

Em condições de horário, orientação e eficiência do ar condicionado iguais, a diferença do custo de energia entre o quarto 1 e a suíte é de aproximadamente 21,38%.

5.3.2.2 Cruzamento dos resultados (sem aplicação financeira)

Este item irá comparar os resultados do item 5.3.1.1 com a economia proporcionada pela compra do apartamento poente. Tem o objetivo de apresentar em quanto tempo o custo de energia, sem aplicação financeira, supera o montante de R\$ 7.810,99, que é o valor economizado com a opção de compra do apartamento poente.

O custo de energia considerado para a realização dessa comparação é aquele resultante do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” na orientação sudeste. Essa opção se deu para que os resultados ganhem maior credibilidade, tendo em vista que essa situação resultou em menor consumo de energia para todos os horários. As comparações serão apresentadas a seguir, divididas por horário.

5.3.2.2.1 *Horário: 22hs às 6hs*

O custo de energia supera o montante de R\$ 7.810,99 em 6 anos. Em 30 anos, a diferença é ampliada R\$ 29.719,01. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 49.879,01.

5.3.2.2.2 *Horário: 8hs às 12hs*

O custo de energia supera o montante de R\$ 7.810,99 em 8 anos. Em 30 anos, a diferença é ampliada para R\$ 17.554,61. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 31.367,81.

5.3.2.2.3 *Horário: 14hs às 18hs*

O custo de energia supera o montante de R\$ 7.810,99 em 7 anos. Em 30 anos, a diferença é ampliada para R\$ 21.633,41. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 37.667,81.

5.3.2.2.4 *Horário: 8hs às 12hs / 14hs às 18hs*

O custo de energia supera o montante de R\$ 7.810,99 em 5 anos. Em 30 anos, a diferença é ampliada para R\$ 37.700,21. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 62.479,01.

5.3.2.3 Cruzamento dos resultados (com aplicação financeira)

Este item irá comparar os resultados dos itens 5.3.1.2 e 5.3.1.3. Tem o objetivo de apresentar em quanto tempo o montante gerado pela aplicação do custo mensal de energia em caderneta de poupança supera o montante gerado pela aplicação do montante de R\$ 7.810,99, que é o valor economizado com a opção de compra do apartamento poente.

O custo de energia considerado para a realização dessa comparação é aquele resultante do quarto 01 utilizando ar condicionado selo “A” na orientação sudeste. Essa opção se deu para que os resultados ganhem maior credibilidade, tendo em vista que essa situação resultou em menor consumo de energia para todos os horários. As comparações serão apresentadas a seguir, divididas por horário.

5.3.2.3.1 *Horário: 22hs às 6hs*

A aplicação mensal em caderneta de poupança do custo de energia (R\$ 104,25) supera a aplicação fixa de R\$ 7.810,99 entre 6 e 7 anos. Em 30 anos, a diferença entre as duas

aplicações é ampliada para R\$ 57.678,42 a favor da aplicação mensal do custo de energia. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 114.684,65.

5.3.2.3.2 *Horário: 8hs às 12hs*

A aplicação mensal em caderneta de poupança do custo de energia (R\$ 70,46) supera a aplicação fixa de R\$ 7.810,99 entre 8 e 12 anos. Em 30 anos, a diferença entre as duas aplicações é ampliada para R\$ 23.735,86 a favor da aplicação mensal do custo de energia. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 62.279,10.

5.3.2.3.3 *Horário: 14hs às 18hs*

A aplicação mensal em caderneta de poupança do custo de energia (R\$ 81,79) supera a aplicação fixa de R\$ 7.810,99 entre 7 e 10 anos. Em 30 anos, a diferença entre as duas aplicações é ampliada para R\$ 35.117,02 a favor da aplicação mensal do custo de energia. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 79.858,12.

5.3.2.3.4 *Horário: 8hs às 12hs e 14hs às 18hs*

A aplicação mensal em caderneta de poupança do custo de energia (R\$ 126,42) supera a aplicação fixa de R\$ 7.810,99 entre 5 e 6 anos. Em 30 anos, a diferença entre as duas aplicações é ampliada para R\$ 79.948,52 a favor da aplicação mensal do custo de energia. Caso seja utilizado ar condicionado selo “E”, essa diferença chega a R\$ 149.089,29.

5.4 ESTUDO DE CASO: CONCLUSÃO

O impacto econômico do uso de ar condicionado apresenta grande relevância em todos os casos simulados. O consumo energético por ar condicionado gera, durante o período máximo de financiamento permitido para compra dos apartamentos (360 meses), montantes

consideráveis; tanto quando comparado à diferença de valor entre os apartamentos nascentes e os poentes, quanto ao valor total à vista de cada apartamento.

Para todos os casos simulados, o custo médio mensal de energia aplicado em caderneta de poupança durante o período máximo de financiamento (360 meses), supera com sobra considerável a aplicação fixa do montante economizado pela opção de compra do apartamento poente, para a mesma aplicação financeira.

Da mesma forma, em todos os casos o custo energético derivado da utilização de aparelhos de ar condicionado sem aplicação financeira supera, ao longo dos 360 meses de financiamento, a economia possibilitada pela compra do apartamento poente.

Seguindo a mesma lógica, o custo médio mensal de energia elétrica representa parcela significativa do valor da prestação dos imóveis.

Alguns resultados mostraram que, no longo prazo, o uso desenfreado de aparelhos de ar condicionado ao longo do período máximo de financiamento dos apartamentos resulta em um custo energético que, por vezes, supera o preço dos imóveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou o impacto econômico gerado pela utilização de aparelhos de ar condicionado em apartamentos residenciais de 02 quartos (área útil entre 60 e 70m²) sob orientações e horários distintos, utilizando dois níveis de eficiência energética para aparelhos de ar condicionado de janela (selo “A” e selo “E”, conforme dados do INMETRO).

A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória, tornando possível o alcance dos objetivos pretendidos. A revisão bibliográfica permitiu o aprofundamento sobre as questões que contribuem para o consumo de energia nos apartamentos residenciais na cidade de Maceió. Foram abordados desde fatores diretamente relacionados, como a adequação das edificações ao clima, até agentes indiretos de grande interferência, como é o caso do Mercado Imobiliário.

A utilização da mesa d’água nos ensaios de ventilação permitiu a realização de uma análise qualitativa satisfatória. A visualização do movimento fluídico dos ventos por analogia à água, em tempo real, permitiu uma observação satisfatória do escoamento dos ventos.

Os resultados dos ensaios de ventilação natural mostraram melhor desempenho para os apartamentos situados no quadrante leste e pior para os apartamentos situados no quadrante oeste. Esses resultados mostram que os apartamentos situados na fachada sudeste possuem maior potencial de economia de energia através do uso de ventilação natural como estratégia de conforto térmico.

A realização das simulações termo-energéticas através do *software EnergyPlus* apresentou-se bastante satisfatória. Além de fornecer dados bastante confiáveis, o *EnergyPlus* é capaz de realizar simulações complexas em um período de tempo curto. O tempo de simulação para obter dados relativos a um ano inteiro de desempenho da edificação foi de, em média, 10 segundos.

A maior dificuldade encontrada para a realização das simulações residiu na configuração do modelo, tendo em vista que o *EnergyPlus* apresenta uma interface não muito amistosa. Além disso, o programa possui uma grande quantidade de variáveis, o que exige habilidade por parte do pesquisador para que não ocorram conflitos entre os dados de entrada e saída do mesmo.

A utilização de simulações computacionais pode ter contribuição significativa para além da realização de novas pesquisas acadêmicas. O uso dessa ferramenta na fase de projeto arquitetônico pode contribuir decisivamente com a construção de edificações mais eficientes do ponto de vista energético.

Quanto aos resultados obtidos no estudo de caso, foi revelada a grande influência econômica que o consumo energético pelo uso de aparelhos de ar condicionado pode exercer sobre o orçamento familiar. Demonstram, ainda, o enorme potencial econômico e ambiental representado pelo uso adequado da ventilação natural como estratégia bioclimática nas construções localizadas em regiões quentes e úmidas.

Vale lembrar que as análises consideraram apenas os custos operacionais de 01 aparelho. A utilização de cada aparelho adicional eleva os resultados a números cada vez mais surpreendentes. Outra questão importante reside nos custos envolvidos na compra, manutenção e reposição dos equipamentos em longo prazo. A estimativa desses custos foi apresentada na metodologia deste trabalho.

Tendo em vista que as diversas razões para a utilização do aparelho de ar condicionado fogem do domínio desse estudo, é impossível afirmar que a opção pela compra do apartamento nascente garanta que o uso do aparelho não seja necessário do ponto de vista térmico ou que tal uso não ocorrerá por outros fatores.

No entanto, é fato que a má adaptação das edificações ao clima contribui fortemente para a utilização de tal equipamento para obtenção de conforto térmico. Por consequência, os apartamentos onde a ventilação natural apresentou melhor desempenho possuem maior potencial para usufruir das economias projetadas nas análises econômicas.

Os resultados contribuem para que o mercado consumidor fique atento no momento da aquisição de um imóvel, tendo em vista a possibilidade de economia de energia e ganho indireto de capital incorporada numa decisão acertada quanto à adequação do imóvel ao clima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 1992. Brasília: Senado Federal, subsecretaria de edições técnicas, 1996. 585 p.

ASHRAE (2003) **Air contaminants**. ANSI/ASHRAE *standard 62*

ASHRAE (2003) **Odors**. ANSI/ASHRAE *standard 62*

ASHRAE (2003) **Ventilation and infiltration**. ANSI/ASHRAE *standard 62*

BARBIRATO, G. M. ; SOUZA, Léa Cristina Lucas de ; TORRES, Simone Carnaúba (2007) **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. 1ª. ed. Maceió - AL: EDUFAL, v. 01. 164 p.

BERGLUND B. *et al* (1984) Prescription for healthy building. **In: Proceedings of the third international conference on indoor air quality and climate**. Stockholm, Sweden, 20-24 August, vol. 4, pp 5-14.

BICCA, Paulo (1984) **Arquiteto a máscara e a face**. Projeto editores associados, São Paulo.

BITTENCOURT, Leonardo S. *et al* (1988) **Análise do clima de Maceió**. Arq/UFAL, Maceió - AL.

BITTENCOURT, Leonardo S. (2005) **Clima e repertório arquitetônico**. In: *Projetar*. Rio de Janeiro - RJ.

BITTENCOURT, Leonardo S. *et al* (2005) **Introdução à ventilação natural**. EDUFAL, Maceió. 147p.

BITTENCOURT, Leonardo S. (2004) **Uso das Cartas Solares: Diretrizes para arquitetos**. EDUFAL, Maceió/AL. 109p.

BITTENCOURT, Leonardo S. *et al* (1997) A influência da relação entre a taxa de ocupação x nº de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos. **In: Anais do IV Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC)**. Salvador-BA.

BITTENCOURT, Leonardo S. (1993) **Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: An Investigation on the Influence of Geometric Aspects of Perforated Block Walls to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings**. Londres: PhD Thesis, Architectural Association Graduate School.

CÂNDIDO, Maria Christina (2006) **Ventilação natural e Código de Obras: uma análise das tipologias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió**. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

CÉSAR, B. (2005) **Matemática Financeira: teoria e 700 questões**. Ed. Campus, Rio de Janeiro – RJ, 5ª. Edição

CORBIOLI, N. (2004) Ar condicionado: janela, split ou central. Para esfriar o ambiente, e o bolso. **In: Revista Projeto Design**. São Paulo, ed.297

COSTA, Ennio Cruz da (1991) **Física aplicada à construção: conforto térmico**. Edgard Blücher, São Paulo, 4ª ed

COUTO, Marcelo (2002) Ar condicionado completa 1º centenário. **In: Revista ABRVA**, junho de 2002, pp. 24-30

CREDER, H. (1988) **Instalações de Ar Condicionado**. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro. 365p.

CRUZ, Jorge M. **Sustentabilidade do Ambiente Construído: Conservação de Energia Através do Uso da Ventilação Natural como Forma de Refrigeração Passiva do Ambiente Urbano**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ UFAL, Maceió, 2001.

DEREK, T. *et al* (1997) **What do we mean by intelligent buildings?** In: Automation in construction. Department of Construction and Engineering, the University of Reading, Reading, UK.

ELBERT, M. M. (1990) **Ciência & Ambiente**. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM v. 01, nº. 01, jul. 1990.

FANGER, P. (1992) Projetando a boa qualidade do ar em edifícios com ar condicionado. **In: Revista ABRVA**, nº 6, agosto de 1992, pp. 55-56

FERREIRA, Aurélio Buarque (1999) **Dicionário Aurélio Eletrônico, século XXI**. Nova Fronteira, São Paulo-SP.

FRANCISCO, W. (1988) **Matemática Financeira**. Ed. Atlas, São Paulo – SP, 6ª. Edição.

GALDEANO, Ernesto (2002) Globalización versus región en la arquitectura Latinoamericana. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. **Revista Digital de la FAU-UNNE**. Area Digital No. 2 Feb. Chaco. Argentina. [<http://arq.unne.edu.ar/>]

GELLER, H. (1994) **O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. INEE, Rio de Janeiro.

GIVONI, B. (2000) Building design in hot climates. **In: TIA CONFERENCE**, Oxford.

GIVONI, B. (1992) Comfort, climate analysis and building design guidelines. **In: Energy and Building 18**.

GIVONI, B. (1994) **Passive and Low Energy Cooling of Buildings**. Nova York: Van Nostrand Reinhold.

GOULART, Solange V. G. *et al.* (1998). **Dados climáticos de 14 cidades brasileiras**. RPA editorial, São Paulo-SP.

HAGAN, S. (2005) Environmentally Sustainable Architecture and the New. **In: NUTAU: Social Demands, Technological Innovations and the City**. Sao Paulo, Brazil.

HOUGH, M. (1998) **Naturaleza y ciudad – planificación urbana y procesos ecológicos**. Ed. G. Gili, Barcelona.

IBGE CIDADES, <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>, acessado em 27/03/2007.

IEA. **Internacional energy agency**. Disponível em <http://www.iea.org/> acessado em: 12/09/06.

LABEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acessado em 05 out. 2006.

LAMBERTS, R. *et al* (2004) **Eficiência energética na arquitetura**. Pro Livros, São Paulo.192p.

LAMBERTS, R. *et al* (2005) **Desempenho térmico de edificações**. Labeee, Florianópolis – SC.

LEITÃO, Gerônimo. **A construção do Eldorado Urbano. O plano Piloto da Barra da Tijuca e Baixada de Jacarepaguá 1970/1988**. Niterói, 1999.132p.

MAHFUZ, Edson. (1990) Muita construção, pouca arquitetura. **Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, n. 32, p.63.

MARTINS, Thiago Luiz de O. G. (2007). **Dispositivos de proteção solar e eficiência energética em edifícios de escritório: uma avaliação para a cidade de Maceió-AL**. 2007. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado - DEHA) – Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 2007.

MARICATO, Ermínia (2001) **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Vozes, Rio de Janeiro – RJ.

MASCARÓ, L. (1985) **Energia na edificação: estratégias para minimizar o seu consumo**. Projeto, São Paulo. 136p.

MOTTA, Ana Lúcia T. S. (2002) A influência da qualidade do ar nas patologias apresentadas pelos materiais de revestimento e na saúde humana. **In: Workshop sobre durabilidade das construções 2**. São José dos Campos-SP, 5p.

OLGYAY, Victor (1973) **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. 4ª ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

PAUKEN, Mike P. E. (1999) Sleeping soundly on summer nights. **In: ASHRAE Journal**, maio de 1999, pp. 40-47

PEIXOTO, Luciana (2005) **Sustentabilidade e eficiência energética das edificações: O uso da ventilação natural como estratégia de projeto em edificações de clima quente e úmido**. Maceió: Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, PRODEMA.

PIAGET, J. **Language and learning**. Routledge, Kegan Paul, 1980.

Portal Gazetaweb, <http://gaweb.globo.com/>

PROCEL/ELETOBRAS. **Programa nacional de conservação de energia elétrica: áreas de atuação – edificações.** Disponível em <http://www.eletobras.gov.br/procel> acessado em: 25/05/06.

ROAF, S. et alli (2001) **Ecohouse – a Design Guide.** Achitectural Press, USA. 346p.

RORIZ, M.; NAVARRO, F. E. C. (2005) Arquitetura e clima na Bolívia: três momentos da história. **In: ENCAC – Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído,** Maceió-AL.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de Transição para o Século XXI: Desenvolvimento e Meio Ambiente.** São Paulo: Studio Nobel, 1993.

SANTAMOURIS, M. et alli (2001) **Energy and climate in the urban built environment.** James & James, Londres, UK. 402 p.

SANTAMOURIS, M. et alli (2001) On the impact of urban climate in the energy consumption of buildings. **In: Solar energy,** vol. 70, No. 3, pp. 201-216, Pergamon, Great Britain.

SCHLEE, Andrey Rosenthal. **In: Ciência & Ambiente.** Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Vol. 1, n 1 (jul. 1990).

SCHMID, Aloisio L. (2005) **A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído.** Pacto Ambiental, Curitiba-PR, 338p.

SILVA, Ennio P. (2004) Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável. **Com ciência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico.** Disponível em <http://comciencia.locaweb.com.br/reportagens/2004/12/15.shtml> acessado em: 10/09/06

SILVA, Vanessa G. (2003) **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo - SP.

SILVA, Vanessa G. Entrevista. **In: Revista Projeto Design,** São Paulo, p.10-13. n. 332. Outubro, 2007.

SINDUSCON: **Sindicato da Indústria de Construção Civil de alagoas.** <http://www.sinduscon-al.com.br/>

TEZA, Cláudio T. et alli (2005) Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic temperature (III): metrópoles brasileiras. **In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**. Goiânia, Brasil, abril de 2005.

TOLEDO, A. (2001) Caracterização de sistemas de ventilação natural em tipologias correntes de dormitórios em Maceió-AL. **In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, São Pedro – SP.

TOLEDO, Alexandre M. (2001) **Possibilidades de economia de energia elétrica no conforto térmico de dormitórios em climas tropicais moderados: estudo comparativo entre aparelhos de ar condicionado e ventiladores de teto**. Monografia de conclusão de disciplina de doutorado - Programna de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - PPGEC/UFSC, Florianópolis-SC.

TOLEDO, Alexandre M. (2001) **Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do código de obras e edificações de Maceió**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Julho de 2001.

TOLEDO, Alexandre M. (2006) **Avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em apartamentos: uma aplicação em Maceió/AL**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Maio de 2006.

UHDE, E., SALTHAMMER, T. (2007) Impact of reaction products form building materials and furnishings on indoor air quality – A review of recent advances in indoor chemistry. **In: Atmospheric environment**, doi:10.1016/j.atmosenv.2006.05.082

VALENÇA, M. M; GOMES, R. C. C. (2002) **Globalização e desigualdade**. A.S. Editores, Natal-RN.

VILLAÇA, Flávio. **O que todo cidadão precisa saber sobre habitação**. Ed. Global, São Paulo, 1986.

YELLOT, J.I. (1981) Evaporative Cooling. **In: International Passive and Hybrid Cooling Conference**. Bowen, A. (Ed.), ISES – American Section. Cambridge.

WESTPHAL, F. *et al* (2006) **Curso: Introdução ao Energy Plus**. Labeee, Florianópolis – SC.

WIKIPEDIA, The Free Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>

WILL, Harry M. (1998) The first century of air conditioning. **In: ASHRAE Journal.** dezembro de 1998, pp.28-35

ANEXOS

ANEXO A – Tabelas e gráficos resultantes das simulações realizadas no *Energy Plus*.

Situação 1: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 22 às 6hs

Tabela 34: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 22 às 6hs

	Consumo (kWh): 22 às 6hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	234	232	251	\$ 117.00	\$ 116.00	\$ 125.50
Fev	214	213	226	\$ 107.00	\$ 106.50	\$ 113.00
Mar	233	234	243	\$ 116.50	\$ 117.00	\$ 121.50
Abr	214	216	219	\$ 107.00	\$ 108.00	\$ 109.50
Mai	210	214	214	\$ 105.00	\$ 107.00	\$ 107.00
Jun	189	193	192	\$ 94.50	\$ 96.50	\$ 96.00
Jul	185	188	187	\$ 92.50	\$ 94.00	\$ 93.50
Ago	185	188	190	\$ 92.50	\$ 94.00	\$ 95.00
Set	187	189	195	\$ 93.50	\$ 94.50	\$ 97.50
Out	211	210	221	\$ 105.50	\$ 105.00	\$ 110.50
Nov	212	210	225	\$ 106.00	\$ 105.00	\$ 112.50
Dez	228	225	243	\$ 114.00	\$ 112.50	\$ 121.50
Ano	2502	2514	2606	\$ 1,251.00	\$ 1,257.00	\$ 1,303.00
Mín	185	188	187	\$ 92.50	\$ 94.00	\$ 93.50
Máx	234	234	251	\$ 117.00	\$ 117.00	\$ 125.50

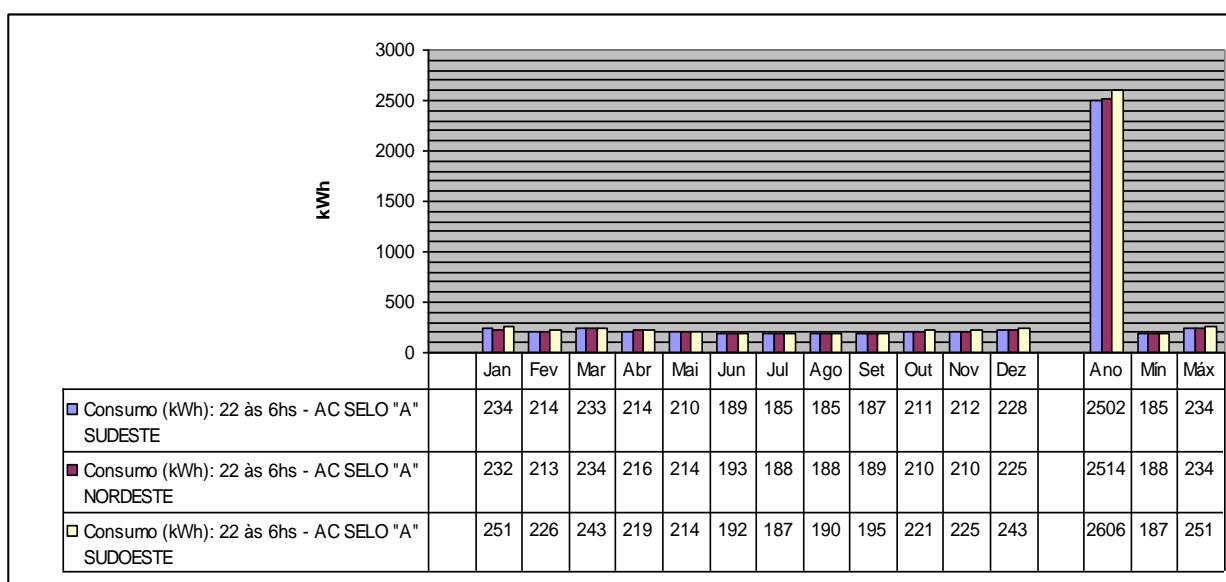


Gráfico 4: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 22 às 6hs

Situação 2: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 22 às 6hs

Tabela 35: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 22 às 6hs

	Consumo (kWh): 22 às 6hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	362	358	388	\$ 181.00	\$ 179.00	\$ 194.00
Fev	330	329	349	\$ 165.00	\$ 164.50	\$ 174.50
Mar	360	362	375	\$ 180.00	\$ 181.00	\$ 187.50
Abr	330	334	339	\$ 165.00	\$ 167.00	\$ 169.50
Mai	324	330	330	\$ 162.00	\$ 165.00	\$ 165.00
Jun	292	299	297	\$ 146.00	\$ 149.50	\$ 148.50
Jul	285	291	290	\$ 142.50	\$ 145.50	\$ 145.00
Ago	286	291	294	\$ 143.00	\$ 145.50	\$ 147.00
Set	289	292	301	\$ 144.50	\$ 146.00	\$ 150.50
Out	325	325	341	\$ 162.50	\$ 162.50	\$ 170.50
Nov	328	325	348	\$ 164.00	\$ 162.50	\$ 174.00
Dez	352	348	375	\$ 176.00	\$ 174.00	\$ 187.50
Ano	3864	3883	4026	\$ 1,932.00	\$ 1,941.50	\$ 2,013.00
Mín	285	291	290	\$ 142.50	\$ 145.50	\$ 145.00
Máx	362	362	388	\$ 181.00	\$ 181.00	\$ 194.00

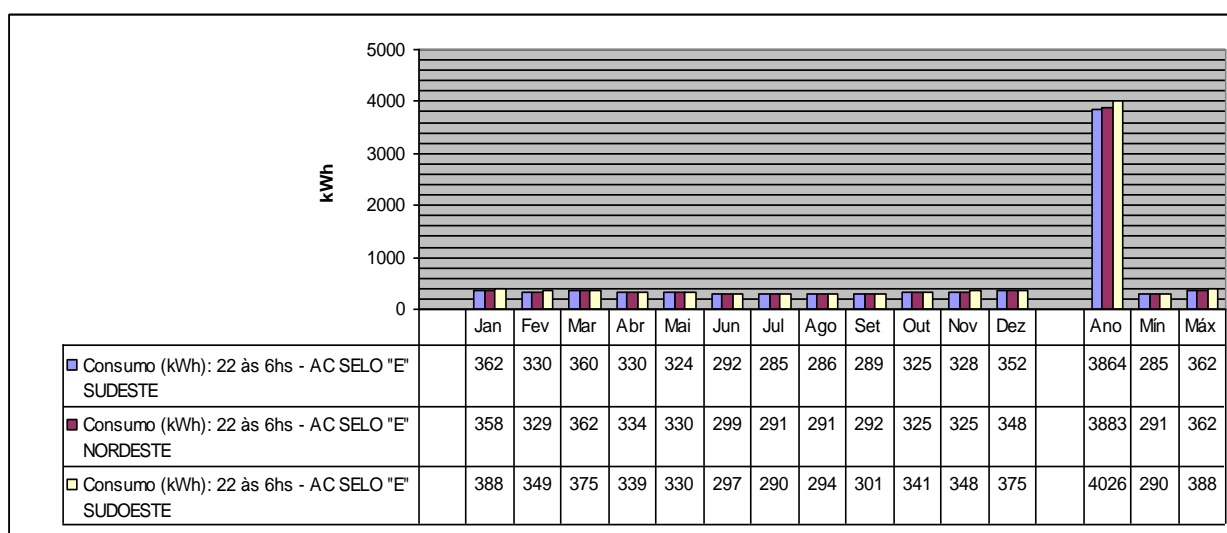


Gráfico 5: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 22 às 6hs

Situação 3: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs

Tabela 36: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	165	158	159	\$ 82.50	\$ 79.00	\$ 79.50
Fev	148	146	145	\$ 74.00	\$ 73.00	\$ 72.50
Mar	162	164	157	\$ 81.00	\$ 82.00	\$ 78.50
Abr	142	147	140	\$ 71.00	\$ 73.50	\$ 70.00
Mai	137	144	137	\$ 68.50	\$ 72.00	\$ 68.50
Jun	121	127	121	\$ 60.50	\$ 63.50	\$ 60.50
Jul	115	120	115	\$ 57.50	\$ 60.00	\$ 57.50
Ago	116	122	116	\$ 58.00	\$ 61.00	\$ 58.00
Set	123	127	120	\$ 61.50	\$ 63.50	\$ 60.00
Out	147	146	141	\$ 73.50	\$ 73.00	\$ 70.50
Nov	152	146	145	\$ 76.00	\$ 73.00	\$ 72.50
Dez	164	157	158	\$ 82.00	\$ 78.50	\$ 79.00
Ano	1691	1703	1654	\$ 845.50	\$ 851.50	\$ 827.00
Mín	115	120	115	\$ 57.50	\$ 60.00	\$ 57.50
Máx	165	164	159	\$ 82.50	\$ 82.00	\$ 79.50

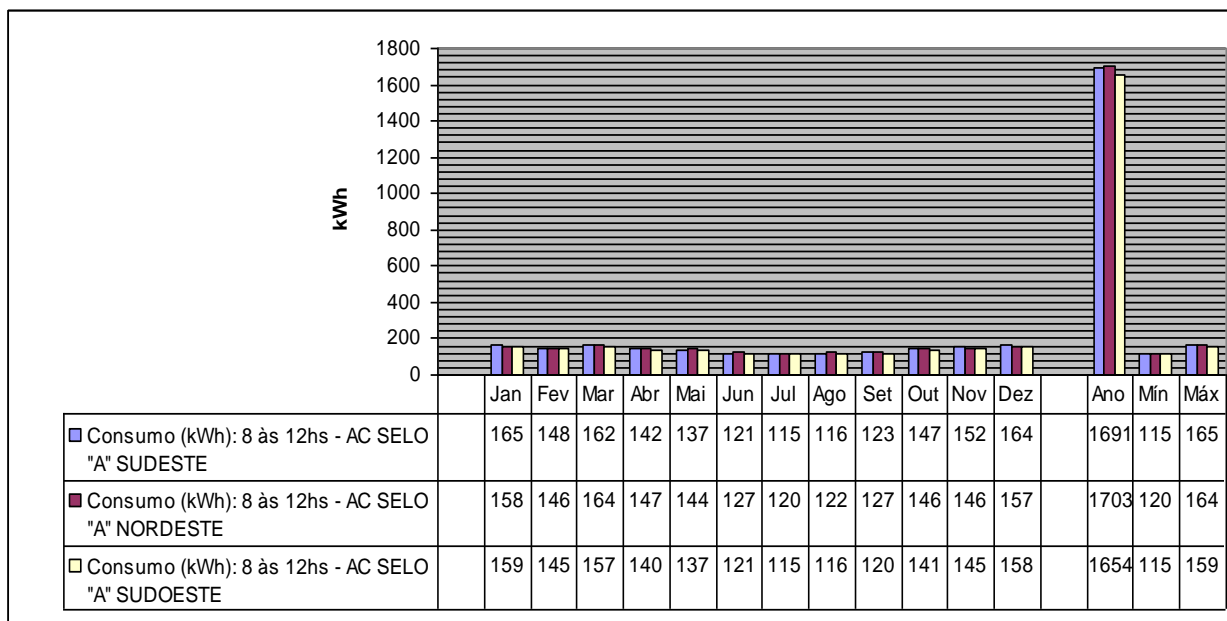


Gráfico 6: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs

Situação 4: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs

Tabela 37: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	255	245	246	\$ 127.50	\$ 122.50	\$ 123.00
Fev	229	225	224	\$ 114.50	\$ 112.50	\$ 112.00
Mar	250	253	243	\$ 125.00	\$ 126.50	\$ 121.50
Abr	219	226	217	\$ 109.50	\$ 113.00	\$ 108.50
Mai	211	223	211	\$ 105.50	\$ 111.50	\$ 105.50
Jun	186	195	187	\$ 93.00	\$ 97.50	\$ 93.50
Jul	177	186	177	\$ 88.50	\$ 93.00	\$ 88.50
Ago	179	188	179	\$ 89.50	\$ 94.00	\$ 89.50
Set	190	196	185	\$ 95.00	\$ 98.00	\$ 92.50
Out	227	226	217	\$ 113.50	\$ 113.00	\$ 108.50
Nov	235	226	224	\$ 117.50	\$ 113.00	\$ 112.00
Dez	253	242	245	\$ 126.50	\$ 121.00	\$ 122.50
Ano	2612	2630	2555	\$ 1,306.00	\$ 1,315.00	\$ 1,277.50
Mín	177	186	177	\$ 88.50	\$ 93.00	\$ 88.50
Máx	255	253	246	\$ 127.50	\$ 126.50	\$ 123.00

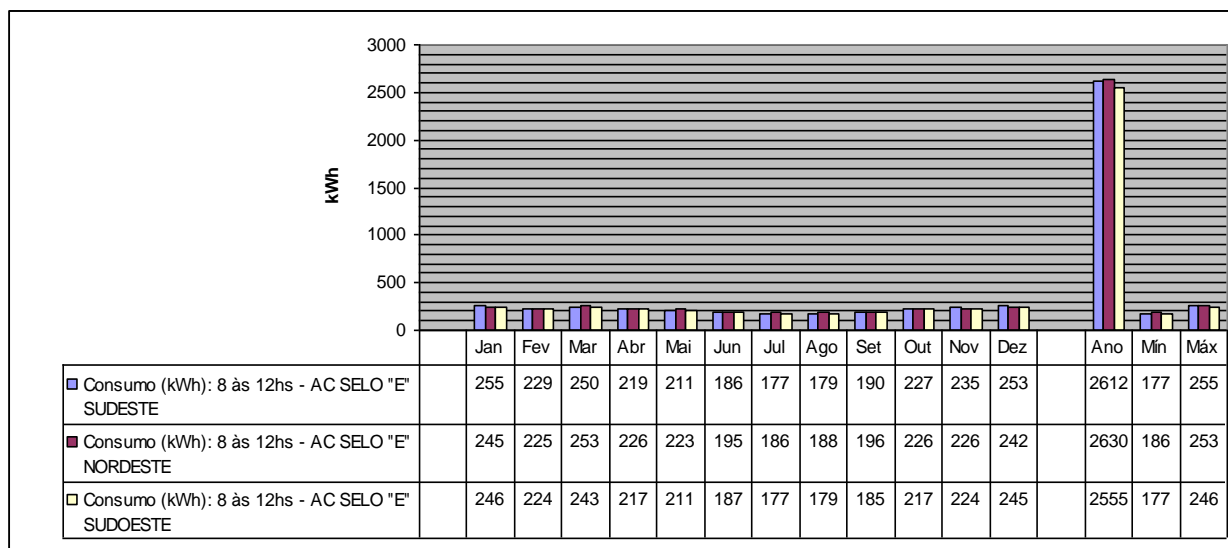


Gráfico 7: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs

Situação 5: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 14 às 18hs

Tabela 38: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 14 às 18hs

	Consumo (kWh): 14 às 18hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	198	193	213	\$ 99.00	\$ 96.50	\$ 106.50
Fev	177	175	187	\$ 88.50	\$ 87.50	\$ 93.50
Mar	187	190	195	\$ 93.50	\$ 95.00	\$ 97.50
Abr	169	173	173	\$ 84.50	\$ 86.50	\$ 86.50
Mai	160	167	162	\$ 80.00	\$ 83.50	\$ 81.00
Jun	137	143	138	\$ 68.50	\$ 71.50	\$ 69.00
Jul	134	140	135	\$ 67.00	\$ 70.00	\$ 67.50
Ago	135	140	138	\$ 67.50	\$ 70.00	\$ 69.00
Set	141	144	147	\$ 70.50	\$ 72.00	\$ 73.50
Out	166	166	175	\$ 83.00	\$ 83.00	\$ 87.50
Nov	173	169	187	\$ 86.50	\$ 84.50	\$ 93.50
Dez	186	181	201	\$ 93.00	\$ 90.50	\$ 100.50
Ano	1963	1983	2051	\$ 981.50	\$ 991.50	\$ 1,025.50
Mín	134	140	135	\$ 67.00	\$ 70.00	\$ 67.50
Máx	198	193	213	\$ 99.00	\$ 96.50	\$ 106.50

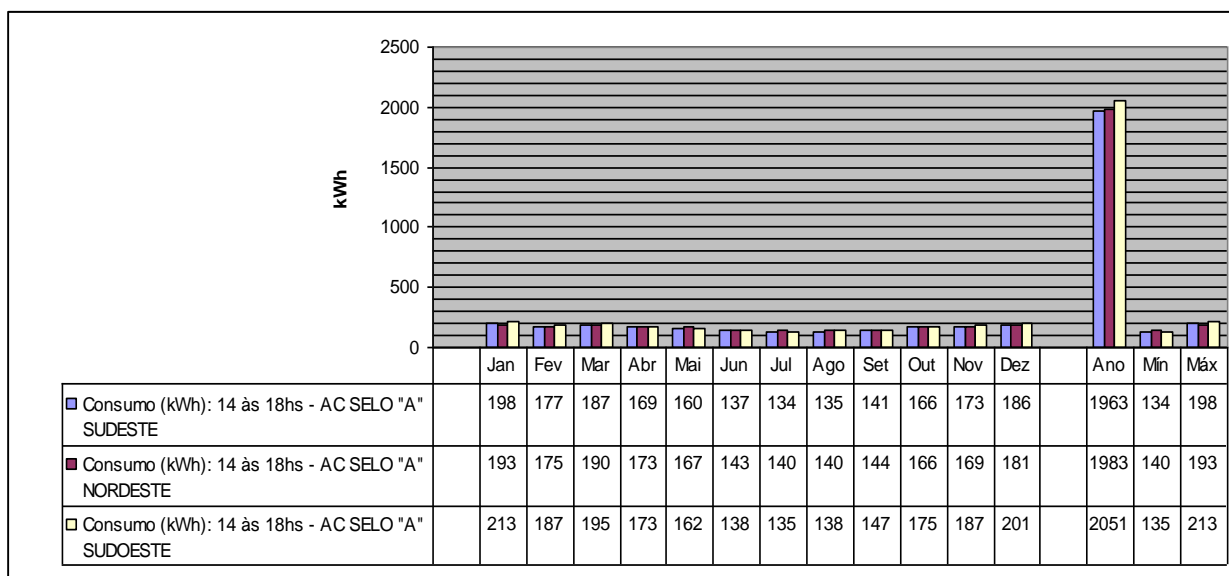


Gráfico 8: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 14 às 18hs

Situação 6: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 14 às 18hs

Tabela 39: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 14 às 18hs

	Consumo (kWh): 14 às 18hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	306	298	329	\$ 153.00	\$ 149.00	\$ 164.50
Fev	273	270	290	\$ 136.50	\$ 135.00	\$ 145.00
Mar	289	293	301	\$ 144.50	\$ 146.50	\$ 150.50
Abr	260	268	267	\$ 130.00	\$ 134.00	\$ 133.50
Mai	247	258	251	\$ 123.50	\$ 129.00	\$ 125.50
Jun	211	221	213	\$ 105.50	\$ 110.50	\$ 106.50
Jul	206	216	208	\$ 103.00	\$ 108.00	\$ 104.00
Ago	209	217	213	\$ 104.50	\$ 108.50	\$ 106.50
Set	218	223	227	\$ 109.00	\$ 111.50	\$ 113.50
Out	256	256	271	\$ 128.00	\$ 128.00	\$ 135.50
Nov	267	262	288	\$ 133.50	\$ 131.00	\$ 144.00
Dez	288	280	311	\$ 144.00	\$ 140.00	\$ 155.50
Ano	3032	3062	3168	\$ 1,516.00	\$ 1,531.00	\$ 1,584.00
Mín	206	216	208	\$ 103.00	\$ 108.00	\$ 104.00
Máx	306	298	329	\$ 153.00	\$ 149.00	\$ 164.50

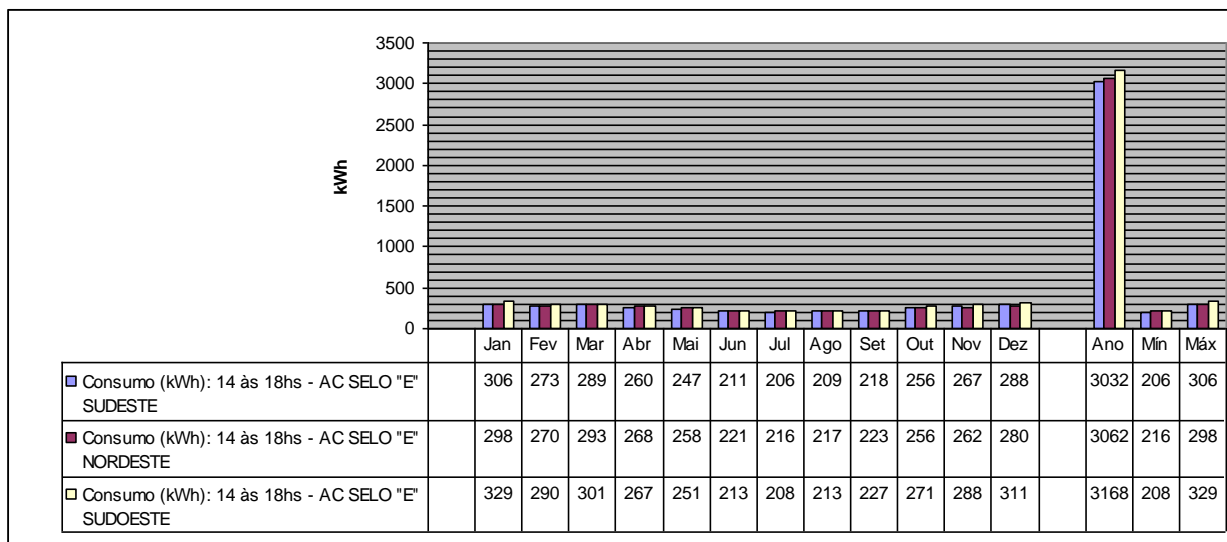


Gráfico 9: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 14 às 18hs

Situação 7: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Tabela 40: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Consumo (kWh): 8 às 12hs/14 às 18hs - AC SELO "A"				Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	303	292	310	\$ 151.50	\$ 146.00	\$ 155.00
Fev	270	266	275	\$ 135.00	\$ 133.00	\$ 137.50
Mar	289	292	290	\$ 144.50	\$ 146.00	\$ 145.00
Abr	255	263	257	\$ 127.50	\$ 131.50	\$ 128.50
Mai	244	256	245	\$ 122.00	\$ 128.00	\$ 122.50
Jun	213	222	214	\$ 106.50	\$ 111.00	\$ 107.00
Jul	207	217	208	\$ 103.50	\$ 108.50	\$ 104.00
Ago	210	219	211	\$ 105.00	\$ 109.50	\$ 105.50
Set	220	226	222	\$ 110.00	\$ 113.00	\$ 111.00
Out	261	261	264	\$ 130.50	\$ 130.50	\$ 132.00
Nov	271	263	276	\$ 135.50	\$ 131.50	\$ 138.00
Dez	292	281	299	\$ 146.00	\$ 140.50	\$ 149.50
Ano	3034	3059	3072	\$ 1,517.00	\$ 1,529.50	\$ 1,536.00
Mín	207	217	208	\$ 103.50	\$ 108.50	\$ 104.00
Máx	303	292	310	\$ 151.50	\$ 146.00	\$ 155.00

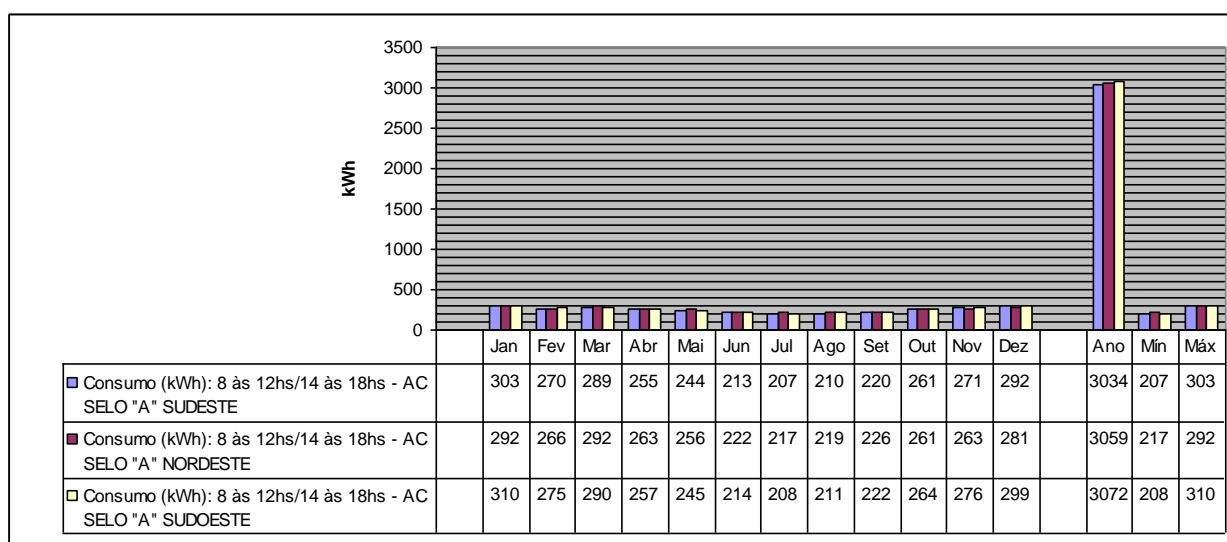


Gráfico 10: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Situação 8: Quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Tabela 41: Consumo mensal e anual (kWh) do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs/14 às 18hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	467	451	478	\$ 233.50	\$ 225.50	\$ 239.00
Fev	417	411	425	\$ 208.50	\$ 205.50	\$ 212.50
Mar	446	452	448	\$ 223.00	\$ 226.00	\$ 224.00
Abr	394	407	396	\$ 197.00	\$ 203.50	\$ 198.00
Mai	377	396	379	\$ 188.50	\$ 198.00	\$ 189.50
Jun	328	344	330	\$ 164.00	\$ 172.00	\$ 165.00
Jul	319	335	321	\$ 159.50	\$ 167.50	\$ 160.50
Ago	324	338	327	\$ 162.00	\$ 169.00	\$ 163.50
Set	340	349	343	\$ 170.00	\$ 174.50	\$ 171.50
Out	404	403	407	\$ 202.00	\$ 201.50	\$ 203.50
Nov	419	407	427	\$ 209.50	\$ 203.50	\$ 213.50
Dez	451	434	462	\$ 225.50	\$ 217.00	\$ 231.00
Ano	4686	4725	4745	\$ 2,343.00	\$ 2,362.50	\$ 2,372.50
Mín	319	335	321	\$ 159.50	\$ 167.50	\$ 160.50
Máx	467	452	478	\$ 233.50	\$ 226.00	\$ 239.00

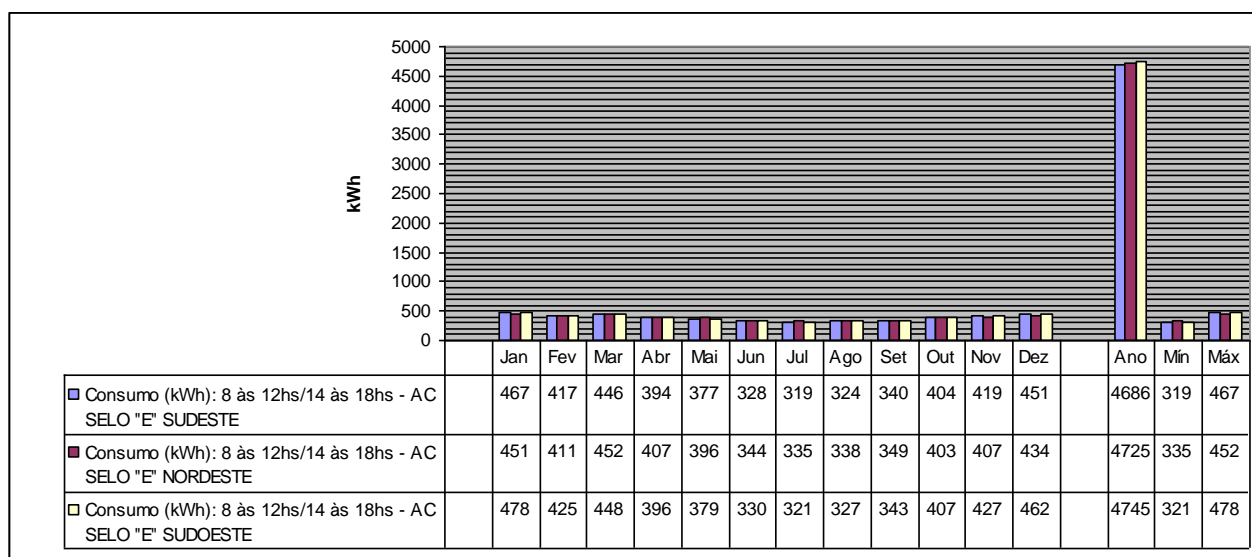


Gráfico 11: Cruzamento dos valores de consumo do quarto 01 utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Situação 9: Suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 22hs às 6hs

Tabela 42: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 22hs às 6hs

	Consumo (kWh): 22 às 6hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	285	282	306	\$ 142.50	\$ 141.00	\$ 153.00
Fev	260	259	275	\$ 130.00	\$ 129.50	\$ 137.50
Mar	283	285	295	\$ 141.50	\$ 142.50	\$ 147.50
Abr	260	263	267	\$ 130.00	\$ 131.50	\$ 133.50
Mai	254	260	260	\$ 127.00	\$ 130.00	\$ 130.00
Jun	230	235	234	\$ 115.00	\$ 117.50	\$ 117.00
Jul	224	229	228	\$ 112.00	\$ 114.50	\$ 114.00
Ago	225	229	231	\$ 112.50	\$ 114.50	\$ 115.50
Set	227	229	237	\$ 113.50	\$ 114.50	\$ 118.50
Out	255	255	268	\$ 127.50	\$ 127.50	\$ 134.00
Nov	258	255	274	\$ 129.00	\$ 127.50	\$ 137.00
Dez	277	273	295	\$ 138.50	\$ 136.50	\$ 147.50
Ano	3037	3053	3169	\$ 1,518.50	\$ 1,526.50	\$ 1,584.50
Mín	224	229	228	\$ 112.00	\$ 114.50	\$ 114.00
Máx	285	285	306	\$ 142.50	\$ 142.50	\$ 153.00

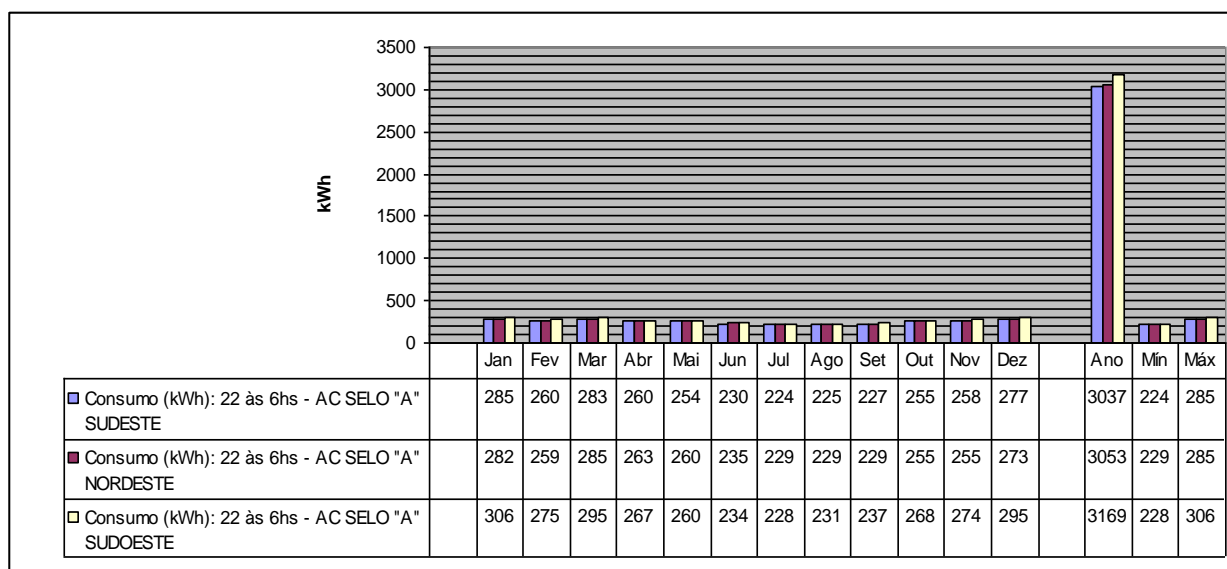


Gráfico 12: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 22hs às 6hs

Situação 10: Suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 22hs às 6hs

Tabela 43: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 22hs às 6hs

	Consumo (kWh): 22 às 6hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	440	435	472	\$ 220.00	\$ 217.50	\$ 236.00
Fev	401	400	425	\$ 200.50	\$ 200.00	\$ 212.50
Mar	437	440	456	\$ 218.50	\$ 220.00	\$ 228.00
Abr	401	406	412	\$ 200.50	\$ 203.00	\$ 206.00
Mai	393	401	401	\$ 196.50	\$ 200.50	\$ 200.50
Jun	355	363	361	\$ 177.50	\$ 181.50	\$ 180.50
Jul	346	353	351	\$ 173.00	\$ 176.50	\$ 175.50
Ago	347	353	357	\$ 173.50	\$ 176.50	\$ 178.50
Set	350	354	366	\$ 175.00	\$ 177.00	\$ 183.00
Out	394	394	414	\$ 197.00	\$ 197.00	\$ 207.00
Nov	398	394	423	\$ 199.00	\$ 197.00	\$ 211.50
Dez	427	422	456	\$ 213.50	\$ 211.00	\$ 228.00
Ano	4691	4716	4895	\$ 2,345.50	\$ 2,358.00	\$ 2,447.50
Mín	346	353	351	\$ 173.00	\$ 176.50	\$ 175.50
Máx	440	440	472	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 236.00

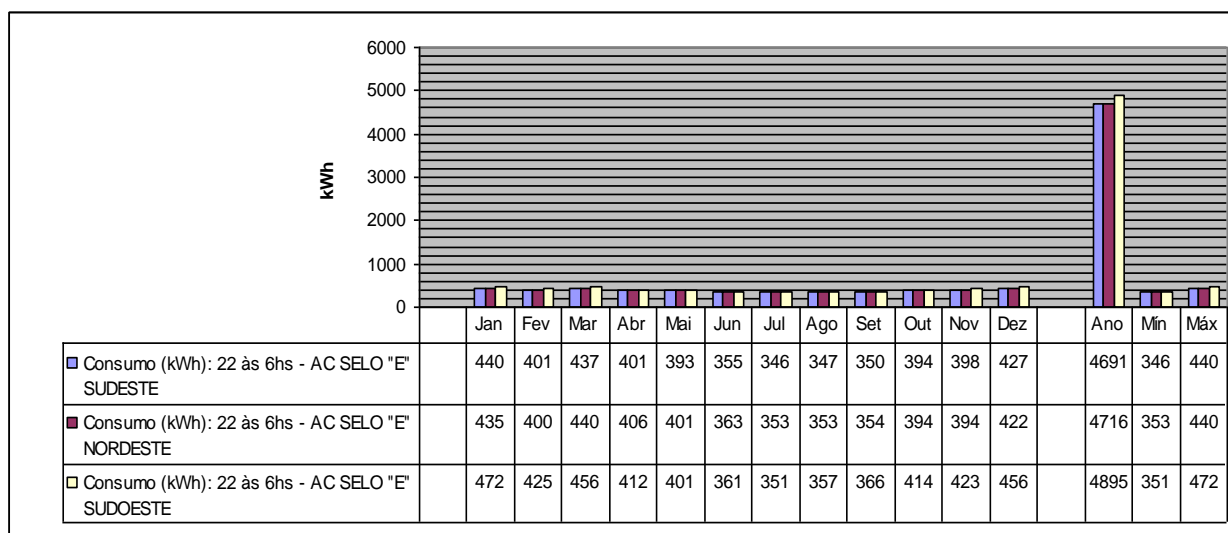


Gráfico 13: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 22hs às 6hs

Situação 11: Suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8hs às 12hs

Tabela 44: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8hs às 12hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	200	192	194	\$ 100.00	\$ 96.00	\$ 97.00
Fev	180	177	177	\$ 90.00	\$ 88.50	\$ 88.50
Mar	197	199	192	\$ 98.50	\$ 99.50	\$ 96.00
Abr	173	178	171	\$ 86.50	\$ 89.00	\$ 85.50
Mai	166	175	166	\$ 83.00	\$ 87.50	\$ 83.00
Jun	147	154	148	\$ 73.50	\$ 77.00	\$ 74.00
Jul	139	146	140	\$ 69.50	\$ 73.00	\$ 70.00
Ago	141	147	141	\$ 70.50	\$ 73.50	\$ 70.50
Set	150	154	146	\$ 75.00	\$ 77.00	\$ 73.00
Out	178	177	171	\$ 89.00	\$ 88.50	\$ 85.50
Nov	184	178	177	\$ 92.00	\$ 89.00	\$ 88.50
Dez	199	190	193	\$ 99.50	\$ 95.00	\$ 96.50
Ano	2054	2068	2014	\$ 1,027.00	\$ 1,034.00	\$ 1,007.00
Mín	139	146	140	\$ 69.50	\$ 73.00	\$ 70.00
Máx	200	199	194	\$ 100.00	\$ 99.50	\$ 97.00

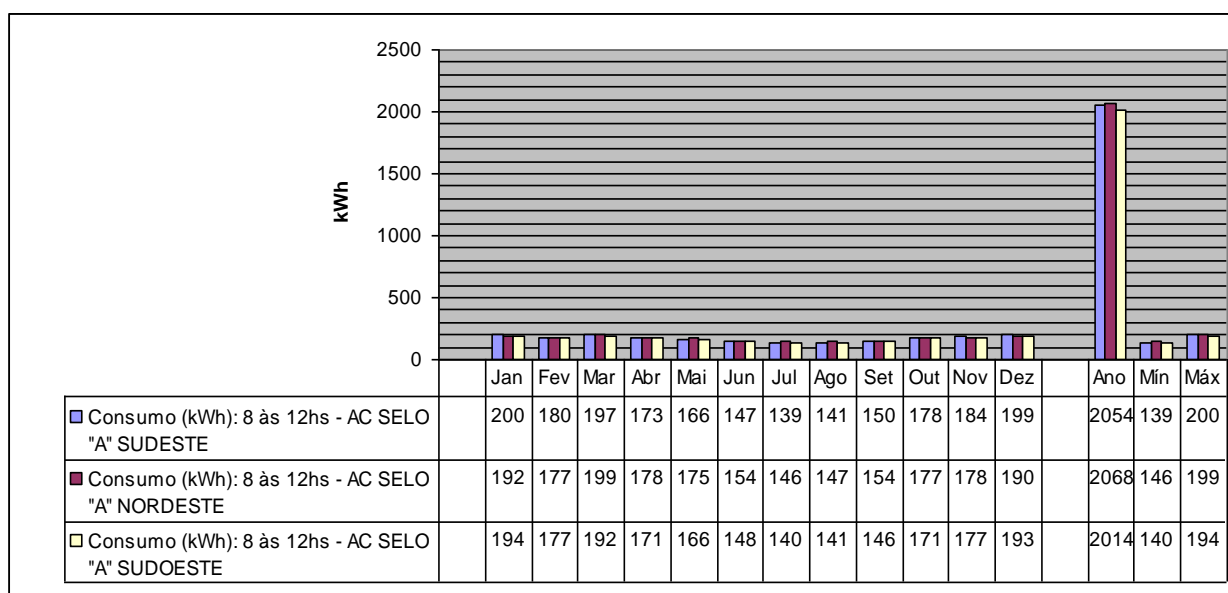


Gráfico 14: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8hs às 12hs

Situação 12: Suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8hs às 12hs

Tabela 45: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8hs às 12hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	310	297	300	\$ 155.00	\$ 148.50	\$ 150.00
Fev	278	274	273	\$ 139.00	\$ 137.00	\$ 136.50
Mar	304	308	296	\$ 152.00	\$ 154.00	\$ 148.00
Abr	266	275	264	\$ 133.00	\$ 137.50	\$ 132.00
Mai	257	270	257	\$ 128.50	\$ 135.00	\$ 128.50
Jun	227	238	228	\$ 113.50	\$ 119.00	\$ 114.00
Jul	215	226	216	\$ 107.50	\$ 113.00	\$ 108.00
Ago	218	228	217	\$ 109.00	\$ 114.00	\$ 108.50
Set	231	237	225	\$ 115.50	\$ 118.50	\$ 112.50
Out	275	274	264	\$ 137.50	\$ 137.00	\$ 132.00
Nov	285	274	273	\$ 142.50	\$ 137.00	\$ 136.50
Dez	307	294	298	\$ 153.50	\$ 147.00	\$ 149.00
Ano	3172	3194	3111	\$ 1,586.00	\$ 1,597.00	\$ 1,555.50
Mín	215	226	216	\$ 107.50	\$ 113.00	\$ 108.00
Máx	310	308	300	\$ 155.00	\$ 154.00	\$ 150.00

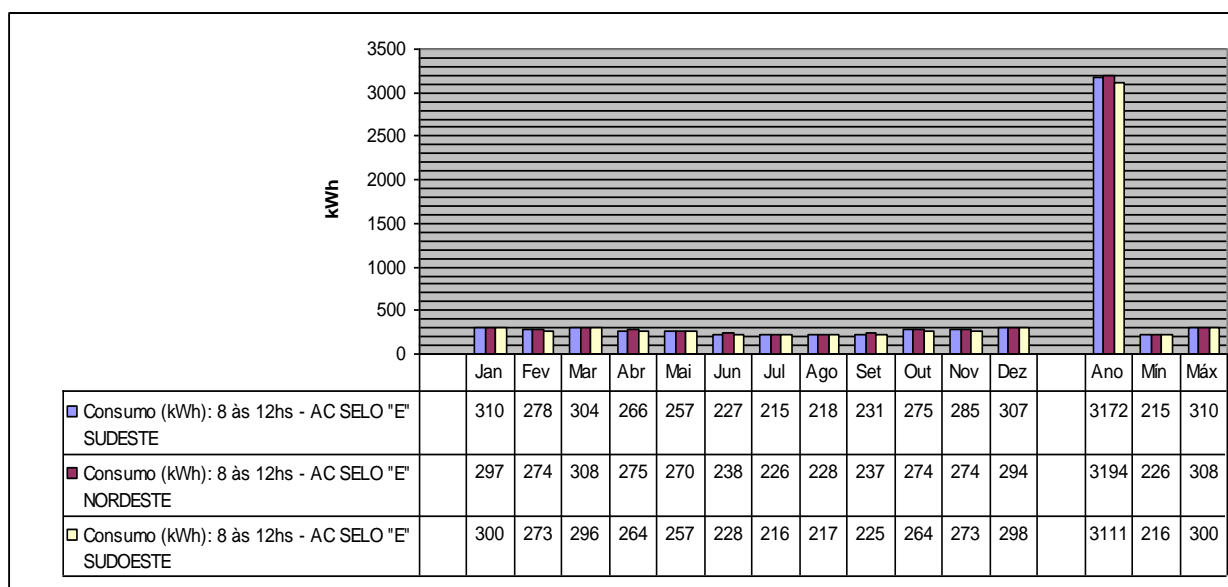


Gráfico 15: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8hs às 12hs

Situação 13: Suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 14hs às 18hs

Tabela 46: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 14hs às 18hs

	Consumo (kWh): 14 às 18hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	241	235	259	\$ 120.50	\$ 117.50	\$ 129.50
Fev	216	213	228	\$ 108.00	\$ 106.50	\$ 114.00
Mar	228	231	237	\$ 114.00	\$ 115.50	\$ 118.50
Abr	205	212	210	\$ 102.50	\$ 106.00	\$ 105.00
Mai	195	204	197	\$ 97.50	\$ 102.00	\$ 98.50
Jun	166	175	168	\$ 83.00	\$ 87.50	\$ 84.00
Jul	162	171	164	\$ 81.00	\$ 85.50	\$ 82.00
Ago	164	171	168	\$ 82.00	\$ 85.50	\$ 84.00
Set	172	176	178	\$ 86.00	\$ 88.00	\$ 89.00
Out	202	202	213	\$ 101.00	\$ 101.00	\$ 106.50
Nov	211	206	227	\$ 105.50	\$ 103.00	\$ 113.50
Dez	228	221	245	\$ 114.00	\$ 110.50	\$ 122.50
Ano	2392	2416	2493	\$ 1,196.00	\$ 1,208.00	\$ 1,246.50
Mín	162	171	164	\$ 81.00	\$ 85.50	\$ 82.00
Máx	241	235	259	\$ 120.50	\$ 117.50	\$ 129.50

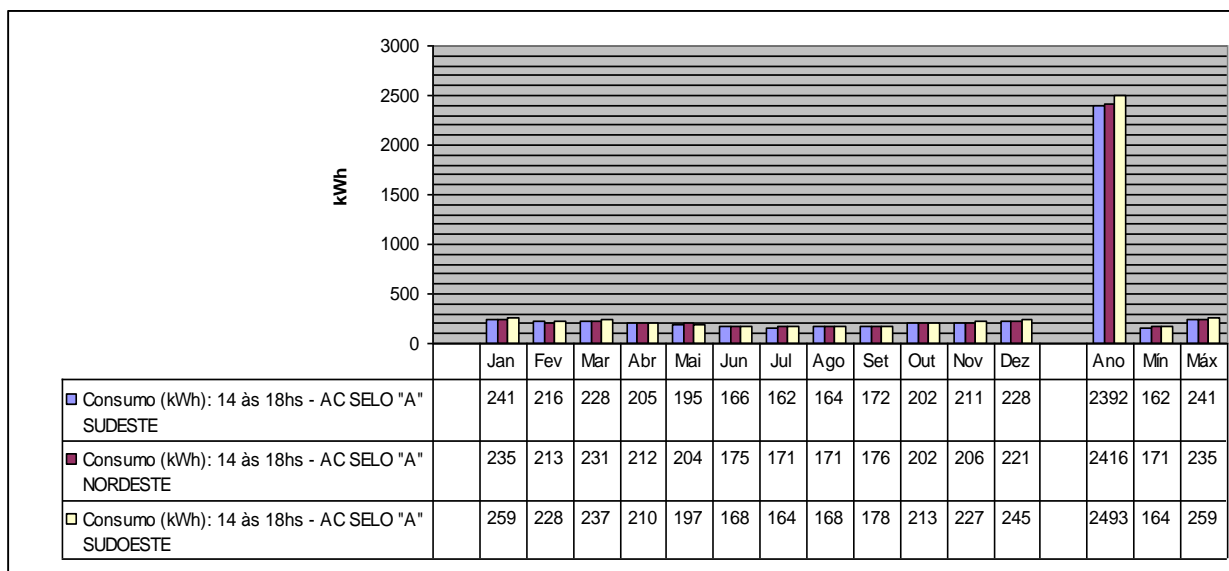


Gráfico 16: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 14hs às 18hs

Situação 14: Suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 14hs às 18hs

Tabela 47: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 14hs às 18hs

	Consumo (kWh): 14 às 18hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	373	363	400	\$ 186.50	\$ 181.50	\$ 200.00
Fev	333	330	352	\$ 166.50	\$ 165.00	\$ 176.00
Mar	353	357	366	\$ 176.50	\$ 178.50	\$ 183.00
Abr	317	327	324	\$ 158.50	\$ 163.50	\$ 162.00
Mai	301	315	305	\$ 150.50	\$ 157.50	\$ 152.50
Jun	257	270	259	\$ 128.50	\$ 135.00	\$ 129.50
Jul	251	264	253	\$ 125.50	\$ 132.00	\$ 126.50
Ago	254	264	259	\$ 127.00	\$ 132.00	\$ 129.50
Set	265	271	275	\$ 132.50	\$ 135.50	\$ 137.50
Out	312	312	329	\$ 156.00	\$ 156.00	\$ 164.50
Nov	326	319	350	\$ 163.00	\$ 159.50	\$ 175.00
Dez	352	341	379	\$ 176.00	\$ 170.50	\$ 189.50
Ano	3694	3732	3851	\$ 1,847.00	\$ 1,866.00	\$ 1,925.50
Mín	251	264	253	\$ 125.50	\$ 132.00	\$ 126.50
Máx	373	363	400	\$ 186.50	\$ 181.50	\$ 200.00

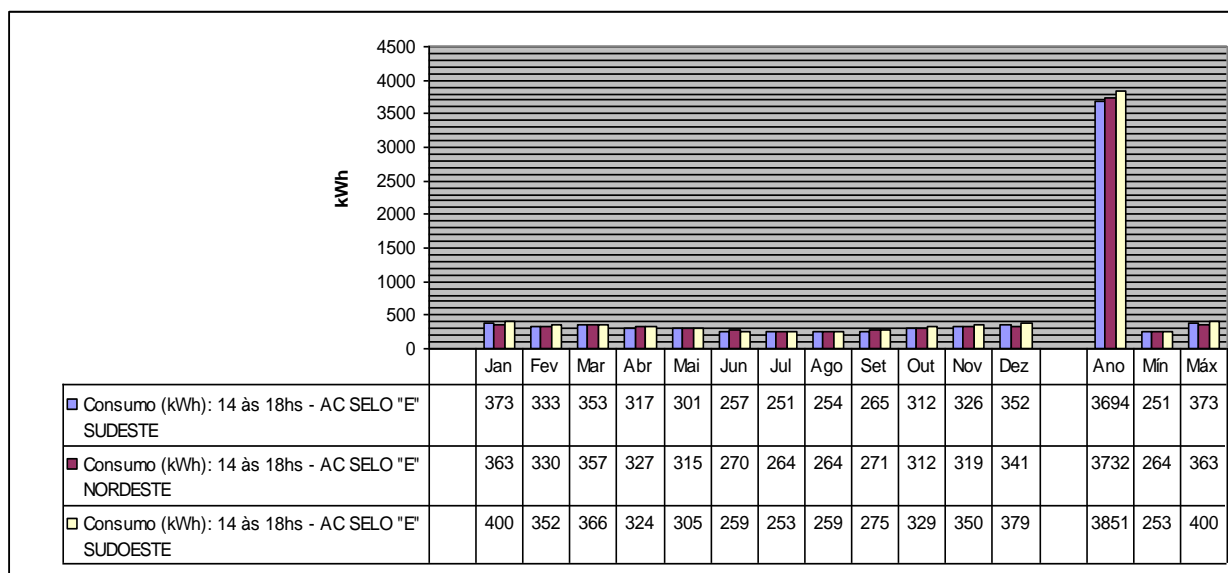


Gráfico 17: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 14hs às 18hs

Situação 15: Suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14hs às 18hs

Tabela 48: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs/14 às 18hs - AC SELO "A"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	360	347	368	\$ 180.00	\$ 173.50	\$ 184.00
Fev	321	316	327	\$ 160.50	\$ 158.00	\$ 163.50
Mar	343	348	345	\$ 171.50	\$ 174.00	\$ 172.50
Abr	303	314	305	\$ 151.50	\$ 157.00	\$ 152.50
Mai	290	305	292	\$ 145.00	\$ 152.50	\$ 146.00
Jun	253	265	255	\$ 126.50	\$ 132.50	\$ 127.50
Jul	246	258	247	\$ 123.00	\$ 129.00	\$ 123.50
Ago	250	260	252	\$ 125.00	\$ 130.00	\$ 126.00
Set	262	269	264	\$ 131.00	\$ 134.50	\$ 132.00
Out	311	310	313	\$ 155.50	\$ 155.00	\$ 156.50
Nov	323	313	328	\$ 161.50	\$ 156.50	\$ 164.00
Dez	347	334	356	\$ 173.50	\$ 167.00	\$ 178.00
Ano	3610	3640	3652	\$ 1,805.00	\$ 1,820.00	\$ 1,826.00
Mín	246	258	247	\$ 123.00	\$ 129.00	\$ 123.50
Máx	360	348	368	\$ 180.00	\$ 174.00	\$ 184.00

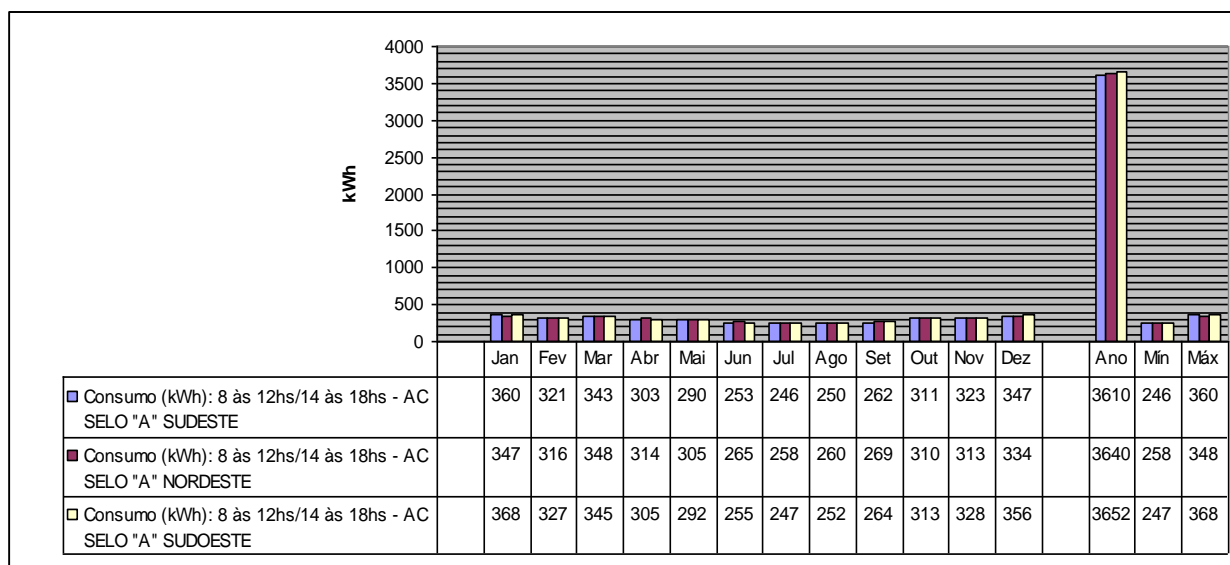


Gráfico 18: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "A" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

Situação 16: Suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14hs às 18hs

Tabela 49: Consumo mensal e anual (kWh) da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

	Consumo (kWh): 8 às 12hs/14 às 18hs - AC SELO "E"			Custo de energia elétrica		
	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE	SUDESTE	NORDESTE	SUDOESTE
Jan	555	536	568	\$ 277.50	\$ 268.00	\$ 284.00
Fev	496	489	505	\$ 248.00	\$ 244.50	\$ 252.50
Mar	531	538	533	\$ 265.50	\$ 269.00	\$ 266.50
Abr	469	484	472	\$ 234.50	\$ 242.00	\$ 236.00
Mai	448	471	451	\$ 224.00	\$ 235.50	\$ 225.50
Jun	391	410	393	\$ 195.50	\$ 205.00	\$ 196.50
Jul	380	399	382	\$ 190.00	\$ 199.50	\$ 191.00
Ago	386	402	389	\$ 193.00	\$ 201.00	\$ 194.50
Set	405	416	408	\$ 202.50	\$ 208.00	\$ 204.00
Out	480	479	484	\$ 240.00	\$ 239.50	\$ 242.00
Nov	499	483	507	\$ 249.50	\$ 241.50	\$ 253.50
Dez	536	516	549	\$ 268.00	\$ 258.00	\$ 274.50
Ano	5575	5622	5641	\$ 2,787.50	\$ 2,811.00	\$ 2,820.50
Mín	380	399	382	\$ 190.00	\$ 199.50	\$ 191.00
Máx	555	538	568	\$ 277.50	\$ 269.00	\$ 284.00

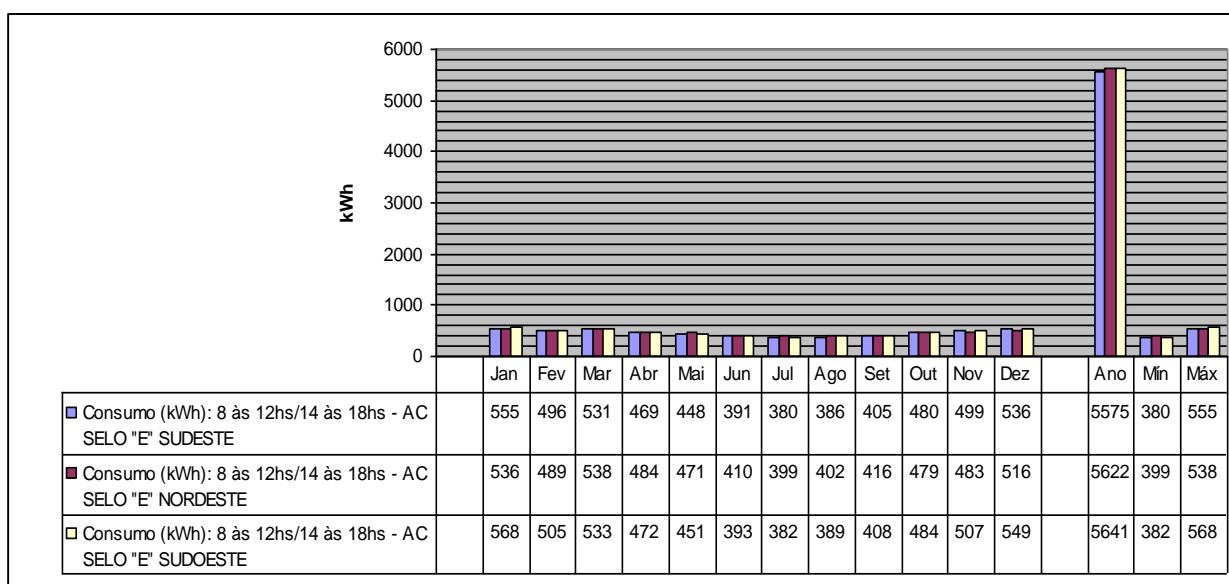


Gráfico 19: Cruzamento dos valores de consumo da suíte utilizando ar condicionado selo "E" de 8 às 12hs e 14 às 18hs

ANEXO B – Caderno de especificações do Edifício Torre Norte.



Ed. Torre Norte

CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

I – O EDIFÍCIO

O Edifício TORRE NORTE é uma construção do tipo residencial multifamiliar isolada.

II – LOCALIZAÇÃO

Localiza-se à Av. Comendador Gustavo Paiva, 222 – Cruz das Almas, Maceió/Alagoas.

O terreno possui uma área de 2.208,62 m², com as seguintes dimensões: 51,90m de frente limitando-se com a Avenida Gustavo Paiva; 40,50m de fundos, 45,09m pelo lado direito e 50,00m de lado esquerdo.

III – INCORPORADOR E CONSTRUTOR

Nome: Uchôa Construções Ltda.
C.N.P.J.M.F: 09.276.767/0001-12

IV – PROJETO ARQUITETÔNICO

Arquiteto: Luiz Fernando B. Carneiro (Lula) – Atrium

V – CARACTERÍSTICAS

O Edifício TORRE NORTE é constituído de um bloco com 16 (dezesesseis) pavimentos no total, distribuídos da seguinte forma:

- 01 (um) pilotis, 15 pavimentos tipos com 06 apartamentos por andar.
- Pilotis com acesso e estacionamento para autos, acesso para pedestres, guarita de segurança com lavabo privativo, 02 (dois) elevadores – social e serviço, depósito e W.C.'s feminino e masculino para zelador e funcionários das unidades, recepção/ estar, área de lazer com salão de festas dotado de churrasqueira e bar, W.C's masculino e feminino, piscinas infantil e adulto com deck e chuveirão, pista de cooper, jardins, subestação abrigada com gerador e medidores.
- Pavimento tipo com 06 (seis) apartamentos por andar, hall social e serviço, 02 (dois) elevadores e escada de incêndio.
- Os apartamentos terão direito a 01 (uma) vaga de estacionamento predeterminada em projeto.

ESPECIFICAÇÕES DE ACABAMENTOS DOS APARTAMENTOS TIPO

1 - VARANDA

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Forro de gesso com pintura PVA látex sobre massa
 PAREDES : Em textura acrílica.
 RODAPÉ : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.

2 - ESTAR, JANTAR, CIRCULAÇÃO SOCIAL, QUARTOS E GABINETE

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Em pintura PVA látex sobre massa
 PAREDES : Em pintura PVA látex sobre massa
 RODAPÉ : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.

3 - COZINHA E ÁREA DE SERVIÇO

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Forro de gesso com pintura PVA látex sobre massa.
 PAREDES : Em cerâmica esmaltada até a altura de 1,5m da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 BANCADA : Em granito com 01 (uma) cuba inox, para a cozinha e um tanque de louça na área de serviço. Os metais serão da marca Deca, Fabrimar, Docol ou similar; e as louças Deca, Celite, Elizabeth ou similar.

4 - BANHEIRO SOCIAL E SUITE

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Forro de gesso com pintura PVA látex sobre massa, sobre gesso.
 PAREDES : Em cerâmica esmaltada até a altura de 1,5m (exceto na área do chuveiro que é de piso a teto) da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 APARELHOS : Uma bancada de granito com cuba, uma bacia sanitária com caixa de descarga acoplada e um ponto para ducha manual. Os metais serão da marca Deca, Fabrimar, Docol ou similar; e as louças Deca, Celite, Elizabeth ou similar.

ESPECIFICAÇÃO DOS ACABAMENTOS DAS ÁREAS COMUNS

1 - PILOTIS

1.1 - MEDIDORES, GERADOR, SUBESTAÇÃO

PISO : Em cimentado.
 TETO : Em concreto aparente com selador.
 PAREDES : Em pintura hidrator sobre concreto aparente, internamente e textura acrílica externamente.
 ESQUADRIA : Em pintura esmaltada no fechamento dos boxes, medidores e abrigo da subestação e gerador.
 METÁLICA

1.2 - ESCADA DE INCÊNDIO

PISO : Em cimentado.
 TETO : Em pintura hidrator sobre concreto aparente.
 PAREDES : Em textura acrílica
 CORRIMÃO : Estrutura metálica pintada com tinta esmalte.

1.3 - GUARITA

PISO : Em cimentado com acabamento liso.
 TETO : Em pintura PVA látex sobre massa.
 PAREDES : Em textura acrílica interna e externamente.
 BANCADA : Em granito.

1.4 - W.C. GUARITA E W.C'S DE SERVIÇO

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Em pintura PVA látex sobre massa, sobre gesso.
 PAREDES : Em cerâmica esmaltada até a altura de 1,5m da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 APARELHOS : Um lavatório de fixar em louça e uma bacia sanitária com caixa de descarga acoplada Os metais serão da marca Deca, Fabrimar, Docol ou similar; e as louças Deca, Celite, Elizabeth ou similar.

1.5 - ACESSO E CIRCULAÇÃO DE PEDESTRE

PISO : Em cimentado com acabamento liso e detalhes coloridos. Na escada, os degraus terão proteção de cantoneiras.
 PAREDES : Em textura acrílica bem como nas colunas.

1.6 - ACESSO DE AUTO E ESTACIONAMENTO

PISO : Em cimentado com acabamento liso e detalhes coloridos. Vagas de garagem demarcadas no chão.
 TETO : Em gesso pintado com tinta PVA látex.
 PAREDES : Em textura acrílica.

1.7 - DEPÓSITO

PISO : Em cimentado com acabamento liso.
 TETO : Em gesso pintado com tinta PVA látex.
 PAREDES : Em pintura PVA látex sobre massa.

1.8 - HALL SOCIAL

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Em gesso pintado com tinta PVA látex.
 PAREDES : Em textura especial.
 RODAPÉ : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.

1.9 - SALÃO DE FESTAS

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Pintado com tinta PVA látex.
 PAREDES : Em pintura PVA látex sobre massa.
 RODAPÉ : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.

1.10 - BAR, W.C.F E W.C.M

PISO : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 TETO : Pintado com tinta PVA látex.
 PAREDES : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth, Eliane ou similar.
 BANCADA DO BAR : Em granito com 01 (uma) cuba em inox. Os metais serão da marca Deca, Fabrimar, DOCOL, ou similar
 APARELHOS DOS WCS : Uma bancada de granito com 01 cubas de louça, uma bacia sanitária com caixa acoplada e um ponto de ducha manual. Os metais serão da marca Deca, Fabrimar, Docol ou similar; e as louças Deca, Celite, Elizabeth ou similar.

1.11 - DEPÓSITO DE LIXO

PISO : Em cimentado.
 TETO : Em concreto aparente com selador.
 PAREDES : Em cerâmica esmaltada da marca Cocrisa, Elizabeth ou similar, até altura de 1,50m e pintura hidrator sobre concreto aparente, internamente e textura acrílica externamente.
 ESQUADRIA METÁLICA : Em pintura esmaltada no fechamento do box.

1.12 - MURO

Será revestido por textura acrílica conforme detalhes de pintura e detalhes das fachadas, internamente e externamente somente na parte frontal do edifício (fachada).

2. FACHADAS**2.1 - ELEVAÇÕES**

Conforme detalhes do projeto arquitetônico, revestida em textura acrílica.

2.2 - ESQUADRIAS

Todas as esquadrias serão em alumínio natural, conforme detalhes do projeto arquitetônico.

3. CALÇADAS

Em lajotas de cimento 50x50.

ANEXO C – Caracterização dos eletrodomésticos quanto à potência, estimativa de uso e consumo de energia elétrica.

Tabela 50: Caracterização dos eletrodomésticos quanto à potência, estimativa de uso e consumo de energia elétrica.

Fonte: <http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?TeamID={32B00ABC-E2F7-46E6-A325-1C929B14269F}>
Acessado em: 04/02/2008

Aparelhos Elétricos	Potência Média Watts	Dias estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (Kwh)
ABRIDOR/AFIADOR	135	10	5 min	0,11
AFIADOR DE FACAS	20	5	30 min	0,05
APARELHO DE SOM 3 EM 1	80	20	3 h	4,8
APARELHO DE SOM PEQUENO	20	30	4 h	2,4
AQUECEDOR DE AMBIENTE	1550	15	8 h	186,0
AQUECEDOR DE MAMADEIRA	100	30	15 min	0,75
AR-CONDICIONADO 7.500 BTU	1000	30	8 h	120
AR-CONDICIONADO 10.000 BTU	1350	30	8 h	162
AR-CONDICIONADO 12.000 BTU	1450	30	8 h	174
AR-CONDICIONADO 15.000 BTU	2000	30	8 h	240
AR-CONDICIONADO 18.000 BTU	2100	30	8 h	252
ASPIRADOR DE PÓ	100	30	20 min	10,0
BARBEADOR/DEPILADOR/MASSAGEADOR	10	30	30 min	0,15
BATEDEIRA	120	8	30 h	0,48
BOILER 50 e 60 L	1500	30	6 h	270,0
BOILER 100 L	2030	30	6 h	365,4
BOILER 200 a 500 L	3000	30	6 h	540,0
BOMBA D'ÁGUA 1/4 CV	335	30	30 min	5,02
BOMBA D'ÁGUA 1/2 CV	613	30	30 min	9,20
BOMBA D'ÁGUA 3/4 CV	849	30	30 min	12,74
BOMBA D'ÁGUA 1 CV	1051	30	30 min	15,77
BOMBA AQUÁRIO GRANDE	10	30	24 h	7,2
BOMBA AQUÁRIO PEQUENO	5	30	24 h	3,6
CAFETEIRA ELÉTRICA	600	30	1 h	18,0
CHURRASQUEIRA	3800	5	4 h	76,0
CHUVEIRO ELÉTRICO	3500	30	40 min **	70,0
CIRCULADOR AR GRANDE	200	30	8 h	48,0
CIRCULADOR AR PEQUENO/MÉDIO	90	30	8 h	21,6
COMPUTADOR/IMPRESSORA/ESTABILIZADOR	180	30	3 h	16,2
CORTADOR DE GRAMA GRANDE	1140	2	2 h	4,5
CORTADOR DE GRAMA PEQUENO	500	2	2 h	2,0
ENCERADEIRA	500	2	2 h	2,0
ESCOVA DE DENTES ELÉTRICA	50	30	10 min	0,2
ESPREMEDOR DE FRUTAS	65	20	10 min	0,22
EXAUSTOR FOGÃO	170	30	4 h	20,4

ANEXO D – Conta de energia de para determinação da tarifa energética.

Figura 42: Conta de energia de um apartamento residencial situado no bairro de Jatiúca, Maceió-AL
Fonte: arquivo pessoal (2008)

ceal

Nota Fiscal / Conta de Energia Elétrica N° 204369
Regime especial de impressão autorizado pela Sec. de Fazenda

JATIUCA
CEP 57.035-670 - MACEIO
CPF RG

CIA ENERGETICA DE ALAGOAS
AV FERNANDES LIMA, 3349
GRUTA DE LOURDES - MACEIO - AL
CEP: 57.057-900
CNPJ: 12.272.084/0001-00 IE: 24007177-8

Para contato com a empresa, informe este número

Código Único
0489124-4

Emissão	Data Leitura Anterior	Data Leitura Atual	Data Próxima Leitura	Dias de Consumo	Apresentação	Mês Faturado	
10/04/2008	10/03/2008	10/04/2008	12/05/2008	31	16/04/2008	04/2008	
Cod. Fat.	Classe	Ligação	Poste	Forma Faturamento	Motivo FD	Número FD	
1.1.1.3	Residencial	Trifásica	XX 1 01 430	Normal			
Consumo	Medidor	Leit. Atual	Leit. Anterior	Constante	NPL	Cons. Medido	Cons. Faturado
	03023354	76803	75752	1,00000	5	1051	1051

Histórico kWh	Composição da Tarifa	Itens Faturados
03/2008 868	Distribuição 196,50	Consumo 1.051 kWh a 0,510679 536,72
02/2008 853	Energia 131,16	Contribuição de Iluminação Pública (COSIP) 8,08
01/2008 1227	Transmissão 11,82	Fecoeep - 10,73
12/2007 663	Encargos 19,87	Pis - 5,79
11/2007 764	Tributos 177,37	Cofins - 26,67
10/2007 597		
09/2007 590		
08/2007 642		
07/2007 411		
06/2007 442		
05/2007 444		
04/2007 356		
Média 3 meses	982	

Histórico de Pagamento				Indicadores de Continuidade		
Mês/Ano	FD	Vencimento	Valor Pagamento	Agente Arrecadador	Mês:02/2008	Meta Realizado
03/2008	0	25/03/2008	454,01	25/03/2008 BANCO DO BRASIL - BRASIL S.	DIC	17,00 0,00
02/2008	0	27/02/2008	439,69	27/02/2008 BANCO DO BRASIL - BRASIL S.	FIC	10,00 0,00
01/2008	0	29/01/2008	643,60	29/01/2008 BANCO DO BRASIL - BRASIL S.	DMIC	9,00 0,00
					DEC	0,00 1,00
					FEC	0,00 0,56

Ligue para 0800 82 0196 e faça opção de vencimento de sua conta 2 7 12 17 22 27
Tensão Contratada - 380V Faixa Adequada - 345,80 a 395,20V

"Abril: vacine contra a Aftosa."

Base de Cálculo	Aliquota	Valor do ICMS	Vencimento	Valor a Pagar
536,72	27,00	144,91	24/04/2008	R\$ 544,80

Reservado ao Fisco
8501.41CF.3999.8F1E.C671.1B57.786B.F4C1

439