

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL

**LÚCIA HELENA AIRES MARTINS**

**A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E DA ABSORTÂNCIA DA ENVOLTÓRIA  
NO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS  
MULTIPAVIMENTOS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

João Pessoa  
2013

**LÚCIA HELENA AIRES MARTINS**

**A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E DA ABSORTÂNCIA DA ENVOLTÓRIA  
NO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS  
MULTIPAVIMENTOS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Solange Leder.

João Pessoa

2013

**Lúcia Helena Aires Martins**

**A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E DA ABSORTÂNCIA DA ENVOLTÓRIA  
NO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS  
MULTIPAVIMENTOS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

Dissertação defendida em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013 e aprovada pela banca  
examinadora constituída pelos professores:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Solange Maria Leder  
(Orientadora / PPGEUA – UFPB)

---

Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva  
(PPGEP - UFPB)

---

Prof. Dra. Solange Goulart  
(UFRN)

João Pessoa  
2013

*À DEUS, minha fortaleza e meu refúgio e, a meus pais, Geraldo e Rita, pela dedicação e compreensão em todos os momentos desta e de outras caminhadas.*

## AGRADECIMENTOS

Expresso meu profundo agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, sem elas, possivelmente não seria o mesmo.

Primeiramente agradeço à Deus por ter me dado forças e coragem suficiente para enfrentar mais um desafio em minha vida, me renovando a cada manhã.

Aos meus pais e irmã pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos de estresse e ausência, sempre procurando me ajudar.

A todas minhas amigas pela compreensão pelos momentos de ausência e apoio nos momentos de desânimo.

À minha amiga e sócia Anny Karinny, pelo incentivo e compreensão nos momentos de estresse.

Ao meu namorado Thiago, pela presença, compressão e apoio constante.

A todos os amigos do laboratório de conforto (Labcon/Ufpb), pelos agradáveis momentos vividos, pelas enriquecedoras discussões, compartilhando sempre as dúvidas, angústias e as vitórias conquistadas.

À Prof.<sup>a</sup> orientadora Solange Leder pelo incentivo, paciência e ensinamentos transmitidos durante todo o decorrer do mestrado.

Agradecimentos especiais ao Prof. Luiz Bueno, por ter gentilmente disponibilizado o funcionário, Erivaldo Lopes, que me recebeu muito bem e foi o suporte nas primeiras descobertas no mundo da estatística.

À CAPES pelo auxílio através da bolsa de estudo.

Aqui fica meu reconhecimento e gratidão a todos que ajudaram direta ou indiretamente para que este desafio se tornasse realidade.

Meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

MARTINS, Lúcia Helena Aires. **A Influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e energético de edificações residenciais multipavimentos na cidade de João Pessoa-PB.**

Diante da importância da adequação da edificação ao clima em busca de edificações mais eficientes termicamente e energeticamente, este trabalho avalia a influência dos dispositivos de sombreamento e do coeficiente de absorção solar da envoltória no desempenho térmico e energético de edifícios residenciais multipavimentos localizados no bairro de Manaíra, município de João Pessoa-PB, através de simulações computacionais, utilizando o programa *DesignBuilder*. O trabalho compreendeu o desenvolvimento de uma metodologia para o levantamento das principais características de edifícios residenciais multipavimentos no recorte urbano em estudo. Foram analisados 25 edifícios com relação à: frequência de ocorrência de números de pavimentos, forma do terreno e da edificação, área dos apartamentos tipo, percentual de área de janela e de parede nas fachadas, orientação das fachadas, existência de elementos de proteção solar e características construtivas gerais. Com base nos dados levantados, um modelo representativo da realidade construtiva foi elaborado, denominada de tipologia predominante e utilizada como caso base das simulações. Um conjunto de tipologias foi simulado, determinado a partir de alterações de variáveis construtivas, como proteção solar e coeficiente de absorção da envoltória, assim como, a variável urbana obstrução do entorno. As variáveis de análise consideradas foram a temperatura do ar interna, o ganho solar através dos fechamentos opacos e transparentes e a carga necessária para resfriamento. Observou-se que o sombreamento provocado pelo entorno contribui para a redução da temperatura interna e ganho de calor, porém nem sempre o balanço é favorável, alguns modelos analisados apresentaram um aumento no ganho solar pelos fechamentos opacos. Assim como, o adensamento do entorno, pode elevar a temperatura do ar e o consumo de energia nos ambientes internos. O uso da veneziana nas aberturas resultou no melhor desempenho térmico e energético, superior à adoção de baixo coeficiente de absorção ( $\alpha=0,20$ ).

**Palavras-chave:** Elementos de Proteção Solar. Absorvância. Simulação Computacional. Desempenho térmico e energético.

## ABSTRACT

MARTINS, Lúcia Helena Aires. **The influence of shading and absorptance of the envelope in the thermal and energy performance of residential buildings in João Pessoa-PB.**

Given the importance of adaptation of the building to the climate in search of more thermally and energy efficient buildings, this study evaluates the influence of shading devices and solar absorption coefficient of the envelope in the thermal and energy performance of residential buildings located in the Manaíra, João Pessoa-PB, through computer simulations, using the DesignBuilder program. The work involved the development of a methodology for the identification of the main characteristics of residential buildings in urban cutout study. Were analyzed 25 buildings with respect to: frequency of occurrence of numbers of floors, terrain and edification shape, area of apartments, percentage area of window and of wall in the facades, facade orientation, existence of elements of sun protection and constructive characteristics general. Based on the data collected, a representative model of constructive reality was elaborated, called predominant typology and used as the base case in the simulations. One set of typologies was simulated, determined from alterations constructive variables such as solar protection and absorption coefficient of the envelope, as well as, the urban variable surroundings obstruction. The analysis variables considered were the temperature of the internal air, solar gain through opaque and transparent closings and load required for cooling. Was observed that the shading caused in the area around contributes to a reduction in internal temperature and solar gain, but the balance is not always favorable, some models analyzed presented an increase in solar gain by opaque closings. Just like the density of surrounding area can elevate the air temperature and energy consumption in domestic environments. The use of the shutter openings resulted in better thermal and energy performance, higher than the adoption of low absorption coefficient ( $\alpha = 0.20$ ).

**Keywords:** Elements of Sun Protection. Absorptance. Computational Simulation. Thermal and energy performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formas de aporte da radiação solar na varanda: a- direta; b- refletida; c- absorvida e reemitida.....	38
Figura 2: Edificações da amostra – presença de varandas.....	38
Figura 3: As concepções alternativas para os três tipos de dispositivos de sombreamento.....	40
Figura 4: Layout dos três blocos de apartamentos analisados.....	40
Figura 5: Tipos de dispositivos de proteção solar analisados.....	41
Figura 6: Desempenho dos dormitórios na SB-8.....	43
Figura 7: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	48
Figura 8: Resumo da metodologia adotada.....	56
Figura 9: Mapa com a caracterização da área de estudo.....	57
Figura 10: Imagem aérea do bairro de Manaíra - verticalização.....	58
Figura 11: Diretrizes construtivas para Zona residencial.....	58
Figura 12: Diagrama das características obtidas no levantamento.....	60
Figura 13: Mapa do bairro de Manaíra com destaque para as edificações com mais de 5 pavimentos.....	61
Figura 14: Exemplo de uma das fichas descritiva aplicada às edificações da amostra.....	62
Figura 15: Indicadores obtidos dos levantamentos dos detalhes construtivos.....	65
Figura 16: Descrição das etapas de simulação.....	65
Figura 17: Descrição da nomenclatura dos modelos ao variar o entorno, a proteção solar e a absortância.....	67
Figura 18: Mapa recorte escolhido para definição do entorno para as simulações.....	68
Figura 19: Casos simulados para análise do entorno.....	69
Figura 20: Casos simulados para análise do sombreamento.....	69
Figura 21: Casos simulados para análise da absortância das paredes externas.....	71
Figura 22: Descrição do gráfico de caixas.....	75
Figura 23: Resumo do nível de significância adotado na pesquisa.....	75
Figura 24: Mapa do bairro de Manaíra com localização dos 25 edifícios estudados.....	79
Figura 25: Frequência de ocorrência das formas dos terrenos.....	80
Figura 26: Frequência de ocorrência das formas dos terrenos.....	80
Figura 27: Frequência de ocorrência das dimensões de comprimento e profundidade.....	81
Figura 28: Frequência de ocorrência das áreas dos pavimentos-tipo.....	81
Figura 29: Frequência de ocorrência dos valores da altura do pavimento tipo.....	82
Figura 30: Frequência de ocorrência do número de pavimentos.....	82
Figura 31: Frequência de ocorrência do número de pavimentos-tipo.....	83
Figura 32: Frequência de ocorrência do número de apartamentos por andar.....	83
Figura 33: Frequência de ocorrência do PJJ por orientação.....	84
Figura 34: Frequência de ocorrência do PJJ e do PPF por orientação.....	84
Figura 35: Frequência de ocorrência da fachada principal por orientação.....	85
Figura 36: Edificações da amostra – presença de varandas / tendência ao fechamento.....	85
Figura 37: Frequência de ocorrência do número do tipo de esquadria.....	86
Figura 38: Frequência de ocorrência do tipo de vidro.....	86
Figura 39: Planta baixa tipologia predominante.....	88
Figura 40: Planta baixa com setorização do pavimento tipo da tipologia predominante.....	89
Figura 41: Planta baixa tipologia predominante com zoneamento.....	91
Figura 42: Tipologia predominante modelada no DesignBuilder.....	91
Figura 43: Escala gradual decrescente de desempenho dos modelos para a variável temperatura do ar.....	95
Figura 44: Comportamento da temperatura do ar para os modelos SP, ABS0.90 e VEN considerando o entorno.....	98
Figura 45: Comportamento da temperatura do ar para o modelo SP considerando os pavimentos.....	100
Figura 46: Temperatura do ar para o modelo ABS0.90 considerando os pavimentos.....	101



Figura 47: Temperatura do ar para o modelo VEN considerando os pavimentos.....	102
Figura 48: Graus-hora para refrigeração - modelos base e aos dois extremos (ABS 0.90 e VEN).....	104
Figura 49: Gráfico comparativo dos percentuais de horas de desconforto entre os modelos .....	105
Figura 50: Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI_SP.....	105
Figura 51: Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI_ABS0.90 .....	106
Figura 52: Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI_VEN .....	106
Figura 53: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário I.....	107
Figura 54: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário II.....	108
Figura 55: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário III.....	108
Figura 56: Escala gradual decrescente dos modelos para a variável ganhos solares pelos fechamentos transparentes.....	111
Figura 57: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando o entorno .....	112
Figura 58: Ganhos solares através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando o entorno .....	113
Figura 59: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando o entorno. ....	114
Figura 60: Ganhos solares através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando o entorno .....	115
Figura 61: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando o entorno .....	115
Figura 62: Ganhos solares pelos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando o entorno .....	116
Figura 63: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando os pavimentos.....	117
Figura 64: Comportamento dos ganhos solares pelos fechamentos transparentes para o modelo VEN considerando os pavimentos.....	118
Figura 65: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando os pavimentos. ....	119
Figura 66: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando os pavimentos .....	120
Figura 67: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando os pavimentos .....	121
Figura 68: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando os pavimentos .....	122
Figura 69: Ganhos solares através das paredes para todos os modelos propostos, considerando o cenário I.....	123
Figura 70: Escala gradual decrescente dos modelos para a variável ganhos solares pelos fechamentos opacos.....	126
Figura 71: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando o entorno .....	127
Figura 72: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando o entorno .....	127
Figura 73: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90, considerando o entorno .....	128
Figura 74: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP, considerando o entorno. ....	128

Figura 75: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando os pavimentos.....	130
Figura 76: Comportamento dos ganhos solares pelos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90 considerando os pavimentos .....	132
Figura 77: Ganho solar pelos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando os pavimentos .....	133
Figura 78: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP50, considerando os pavimentos .....	134
Figura 79: Consumo de energia para refrigeração de todos os modelos propostos, considerando o cenário I.....	137
Figura 80: Escala gradual decrescente dos modelos para a variável consumo de energia para refrigeração .....	140
Figura 81: Comportamento do consumo de energia para o modelo CI_SP ao longo do ano .....	141
Figura 82: Comportamento do consumo de energia para o modelo CI_ABS0.90 ao longo do ano .....	141
Figura 83: Comportamento do consumo de energia para o modelo CI_ABS0.20 ao longo do ano .....	142
Figura 84: Comportamento do consumo de energia para o modelo CI_VEN ao longo do ano .....	142
Figura 85: Comportamento do consumo de energia para refrigeração para o modelo SP considerando o entorno .....	143
Figura 86: Consumo de energia para refrigeração para o modelo ABS0.90, considerando o entorno .....	144
Figura 87: Consumo de energia para refrigeração para o modelo ABS0.20, considerando o entorno .....	145
Figura 88: Consumo de energia para refrigeração para o modelo VEN considerando o entorno .....	146
Figura 89: Comparação do consumo mensal de energia entre os modelos .....	148

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo total por classe (GWh).....	16
Tabela 2: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8.....	49
Tabela 3: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 8 - abertura em beiras (h), para ventilação do ático.....	49
Tabela 4: Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8. ....	49
Tabela 5: Aberturas para ventilação.....	49
Tabela 6: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.....	50
Tabela 7: Transmitância térmica de parede externas.....	51
Tabela 8: Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.....	51
Tabela 9: Absortância para radiação solar e emissividade para radiações a temperaturas comuns.....	70
Tabela 10: Dados compilados de absortância solar publicados por diversos autores.....	71
Tabela 11: Características ocupacionais do modelo representativo de edificação multifamiliar – renda média.....	72
Tabela 12: Médias mensais da temperatura do ar da cidade de João Pessoa-PB.....	73
Tabela 13: Número e variação do ano de ocupação dos edifícios.....	78
Tabela 14: PJF e PPF adotados na tipologia predominante.....	84
Tabela 15: Descrição da alvenaria da tipologia predominante seguindo os parâmetros da NBR 15220.....	87
Tabela 16: Quadro de esquadrias da tipologia predominante.....	88
Tabela 17: Tabela com dados adotados para a setorização da tipologia predominante.....	89
Tabela 18: Quadro síntese da tipologia predominante.....	90
Tabela 19: Valores referentes ao intervalo de confiança para temperatura do ar (°C).....	97
Tabela 20: Valores referentes ao intervalo de confiança para temperatura do ar considerando o entorno (°C).....	99
Tabela 21: Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo SP (°C).....	100
Tabela 22: Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo ABS0.90 (°C).....	102
Tabela 23: Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo VEN (°C).....	103
Tabela 24: Ganho solar através dos fechamentos transparentes (kWh).....	110
Tabela 25: Diferença estimada entre as proteções solares e a tipologia base (kWh).....	112
Tabela 26: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando o entorno.....	113
Tabela 27: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando o entorno.....	113
Tabela 28: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando o entorno.....	114
Tabela 29: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando o entorno.....	115
Tabela 30: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando o entorno.....	116
Tabela 31: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando o entorno.....	117
Tabela 32: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando os pavimentos.....	118
Tabela 33: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando os pavimentos.....	119
Tabela 34: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando os pavimentos.....	120
Tabela 35: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando os pavimentos.....	121

Tabela 36: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando os pavimentos. ....	121
Tabela 37: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando os pavimentos .....	122
Tabela 38: Ganho solar através dos fechamentos opacos (kWh). ....	125
Tabela 39: Ganho solar através dos fechamentos opacos considerando o entorno (kWh). ....	129
Tabela 40: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando os pavimentos.....	131
Tabela 41: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90, considerando os pavimentos .....	132
Tabela 42: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando os pavimentos .....	134
Tabela 43: Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP50 considerando os pavimentos .....	135
Tabela 44: Valores referentes ao intervalo de confiança para consumo de energia para refrigeração (kWh) .....	139
Tabela 45: Consumo de energia para refrigeração do modelo SP, considerando o entorno (kWh).....	143
Tabela 46: Consumo de energia para refrigeração do modelo ABS 0.90, considerando o entorno (kWh) .....	144
Tabela 47: Consumo de energia para refrigeração ar do modelo ABS0.20, considerando o entorno (kWh).....	145
Tabela 48: Consumo de energia para refrigeração ar do modelo VEN considerando o entorno .....	146
Tabela 49: Consumo mensal kWh – tipologia base x absortância 0.20.....	146
Tabela 50: Consumo mensal kWh – tipologia base x absortância 0.90.....	147
Tabela 51: Consumo mensal kWh – tipologia base x edifício com proteção solar veneziana .....	147

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo dos principais resultados referentes às variáveis temperatura do ar e ganhos solares pelos fechamentos transparentes .....	152
Quadro 2: Resumo dos principais resultados referentes as variáveis ganhos solares pelos fechamentos opacos e consumo de energia para refrigeração .....	153

## SUMÁRIO

### 1 INTRODUÇÃO

1.1	Contextualização do tema.....	15
1.2	Objetivos.....	19
1.3	Justificativa.....	20
1.4	Estrutura da dissertação.....	23

### 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1	Eficiência energética em edificações.....	26
2.2	Desempenho térmico e energético.....	28
2.2.1	A Importância das Variáveis Construtivas para a Eficiência Energética.....	31
2.2.2	A envoltória.....	33
2.3	Sombreamento.....	35
2.4	Definição da tipologia predominante.....	43
2.4.1	O programa simulador.....	45
2.5	Normas sobre eficiência energética e código de obras.....	46
2.6	Considerações finais.....	53

### 3 METODOLOGIA

3.1	Caracterização da área de estudo.....	57
3.2	Levantamento de dados.....	59
3.3	Definição da tipologia predominante.....	62
3.3.1	Forma, proporção e área.....	63
3.3.2	Número de pavimentos e pavimentos-tipo.....	63
3.3.3	Percentual de área de janela e de parede na fachada (PJF) e (PPF).....	64
3.3.4	Orientação das fachadas.....	64
3.3.5	Elementos de proteção solar.....	64
3.3.6	Características construtivas gerais.....	64
3.4	Simulações computacionais.....	65
3.4.1	Simulação da tipologia predominante.....	66
3.4.2	Simulação das variações da tipologia predominante.....	66
3.4.2.1	Entorno.....	67
3.4.2.2	Fator de projecção.....	69
3.4.2.3	Variação da absorvância das paredes externas.....	70
3.4.3	Parâmetros de entrada.....	71
3.4.3.1	Caracterização dos Materiais Construtivos.....	71
3.4.3.2	Taxas de infiltração de ar.....	72

3.4.3.3 Padrão de uso e ocupação.....	72
3.4.3.4 Temperatura do solo.....	72
3.4.3.5 Ar condicionado.....	73
3.5 Tratamento dos dados.....	73
3.6 Considerações finais.....	76
<b>4 RESULTADOS</b>	
4.1 Caracterização da tipologia predominante.....	78
4.1.1 Forma, proporção e área.....	80
4.1.2 Número de pavimentos e apartamentos por andar.....	82
4.1.3 Percentual de área de janela e de parede na fachada (PJF) e (PPF).....	83
4.1.4 Orientação das fachadas.....	84
4.1.5 Elementos de proteção solar.....	85
4.1.6 Cores dos edifícios.....	86
4.1.7 Características construtivas.....	86
4.2 Tipologia predominante.....	87
4.3 Simulações computacionais.....	90
4.3.1 Desempenho térmico.....	92
4.3.1.1 Temperatura do ar.....	92
4.3.1.2 Ganho solares pelos fechamentos transparentes.....	107
4.3.1.3 Ganhos solares pelos fechamentos opacos.....	122
4.3.2 Desempenho energético.....	136
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
APÊNDICE A.....	160
APÊNDICE B.....	186
APÊNDICE C.....	190
APÊNDICE D.....	192
APÊNDICE E.....	200
APÊNDICE F.....	201



# 1. Introdução





## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Atualmente, há uma preocupação mundial em reduzir o impacto ambiental das edificações justificado por questões, como o aquecimento global e o esgotamento das fontes energéticas. Em países desenvolvidos, existem inúmeros programas governamentais e não governamentais que, através de recomendações, de normas e leis, procuram orientar o processo de projeto e a construção de edificações voltadas para a eficiência energética.

A possibilidade real do esgotamento dos recursos naturais imprescindíveis à humanidade, como água potável, energia não renovável, solo saudável e matéria-prima disponível, provocou uma acelerada busca pela recuperação e pela preservação dos mesmos. Questões relacionadas ao meio ambiente estão constantemente em pauta em todos os meios de comunicação, informando e alertando sobre ações ou problemas relacionados à escassez da água, ao desmatamento, ao aquecimento global, à crise energética etc. O rastro deixado pelo desenvolvimento é visível e suas consequências já estão sendo contabilizadas. O que pode ser feito é planejar e agir com consciência para mudar o curso da história do meio ambiente.

Dentro desse contexto, convém destacar também as recentes e as recorrentes crises no abastecimento de energia elétrica. Tendo em vista que é de vital importância a preocupação com o consumo excessivo de eletricidade para o condicionamento de edificações, visto que esta demanda ocorre, com frequência, nos horários de pico de consumo. Agrega-se ainda à problemática, novos investimentos para geração elétrica através de soluções pouco sustentáveis, como em termoelétricas por queima de carvão ou gás natural.

Em vista disso, percebe-se a importância do setor residencial, objeto desta pesquisa, dentro da estrutura de consumo de energia elétrica no país e colocando-se este como um dos principais setores, quando se busca uma redução na taxa de aumento do consumo energético no país. De acordo com o anuário estatístico de energia elétrica de 2012, o consumo do setor residencial vem crescendo ao longo dos anos e, em 2011, respondeu por 25,9% do total de consumo de energia elétrica do Brasil, ficando atrás somente do setor industrial (Tabela 1).

**Tabela 1:** Consumo total por classe (GWh).

	2007	2008	2009	2010	2011	Δ% (2011/10)	Part. % 2011)
<i>Brasil</i>	377.030	388.472	384.306	415.683	433.034	4,2	100,0
Residencial	89.885	94.746	100.776	107.215	111.971	4,4	25,9
Industrial	174.369	175.834	161.799	179.478	183.576	2,3	42,4
Comercial	58.647	61.813	65.255	69.170	73.482	6,2	17,0
Rural	17.269	17.941	17.304	18.906	21.027	11,2	4,9
Poder público	11.178	11.585	12.176	12.817	13.222	3,2	3,1
Iluminação pública	11.083	11.429	11.782	12.051	12.478	3,5	2,9
Serviço público	12.441	12.853	12.898	13.589	13.983	2,9	3,2
Próprio	2.158	2.270	2.319	2.456	3.295	34,2	0,8

Nota: Consumo cativo + livre

Fonte: (BRASIL, 2012)

O uso eficiente da energia é uma premissa em todos os setores de atividades e esse quadro exerce influência direta na arquitetura, pois todo edifício construído depende de uma quantidade de energia para “funcionar”. Essa energia é utilizada para iluminação artificial, elevadores, sistemas de segurança, automação, climatização, entre outros. Algumas escolhas e definições são feitas na concepção do projeto, por exemplo, ao se escolherem os tamanhos das aberturas, define-se a iluminação natural disponível e, conseqüentemente, a dependência de iluminação artificial durante todo o dia. Quando se escolhe a implantação, o formato e as dimensões do pavimento, o sistema de aberturas, os materiais construtivos, define-se também a necessidade de sistemas de condicionamento ambiental artificial (BENEDETTO, 2007).

Segundo Correa (2007), estamos passando por um processo de transição na forma de viver e de ver o mundo, em que o meio ambiente começa a fazer parte do cotidiano, não como um discurso de ambientalistas ou de idealistas, mas com reflexos no nosso dia a dia. A arquitetura se integra nessa busca por respostas adequadas à integração do ser humano ao meio ambiente, com mudanças no processo de criação e de execução dos espaços habitáveis e reflexos em toda a cadeia produtiva da indústria da construção.

É consensual, entre diversos autores, a importância do projeto de arquitetura para o desempenho energético de uma edificação. Um deles, Olgay (1998), afirma que os princípios bioclimáticos de uma arquitetura adaptada ao meio ambiente podem ser empregados nos edifícios residenciais, como estratégia de composição e de caracterização do espaço, desde a concepção do projeto. O conhecimento do comportamento climático local, da geometria solar e das condições de conforto é condicionante fundamental para a inserção de edifícios residenciais verticais num contexto urbano, a fim de que sejam

aplicados os princípios de projeto e os elementos de arquitetura condizentes com o tema e com o clima.

É importante ter consciência de que as condições de conforto podem ser criadas através da manipulação dos espaços do edifício, dos elementos de fachada, dos materiais utilizados, da forma, da orientação solar e da relação com o entorno. Sendo o entorno de edificações, principalmente em áreas urbanas, em geral, pouco semelhantes às condições de terreno, à exposição ao vento e à radiação existente em estações meteorológicas, há que se analisar a inter-relação deste com a edificação, uma vez que, nas grandes cidades, o projetista terá que lidar com um clima modificado, não o da estação meteorológica, mas com o clima urbano, conhecido como microclima.

A envoltória dos edifícios exerce grande influência na determinação do desempenho das construções. O conjunto formado pelas fachadas e pelas coberturas tem funções de controlar parâmetros como a entrada dos ruídos e as trocas térmicas dos edifícios com o meio exterior. Um dos desafios da arquitetura bioclimática é viabilizar a aplicação de alternativas que possam integrar o desempenho acústico, térmico e energético das edificações. A envoltória corresponde ao conjunto formado pelos planos externos da edificação, além de todos os elementos e componentes que a contêm, tais como cobertura, fachadas, aberturas, brises, marquises, empenas, entre outros. Nesse sentido, a envoltória constitui-se como o principal sistema que determina o desempenho do edifício.

O vidro é um componente da fachada que apresenta um comportamento muito especial e é de extrema importância nas decisões para se obter eficiência energética, pois são transparentes à radiação de onda curta (luz e calor emitidos pelo sol) e opacos à radiação de onda longa (calor emitido por fontes de baixa temperatura). Devido a esta propriedade, ele pode gerar o fenômeno do efeito estufa. Portanto, é fundamental o estudo de sua orientação, cor e espessura, assim como a correta adoção de medidas, tais como a relação entre área de janela e área de fachada, o coeficiente de sombreamento dos vidros e o dimensionamento de elementos de proteção solar externo (SIGNOR, 1999).

No tocante ao conforto ambiental, ainda são poucos os esforços empreendidos. Desconsideram-se as diversidades culturais, climáticas e tecnológicas das regiões e os critérios de aproveitamento da ventilação natural e da insolação, entre outros. Observa-se um crescente abandono do uso de materiais regionais nos projetos de edifícios e a utilização de mecanismos passivos de resfriamento ou aquecimento abrem espaço à soluções arquitetônicas internacionalizadas e ao uso indiscriminado de sistemas artificiais de resfriamento e de aquecimento das edificações, representando um baixo desempenho termoenergético.

De acordo com Pasquali et. al (2011), ponderando ainda, as características climáticas do país, a abundante carga térmica advinda da radiação solar, que afeta substancialmente o consumo energético para condicionamento de edificações cuja envoltória apresenta grandes superfícies envidraçadas e a tendência já consolidada, há vários anos de utilização de grandes panos de vidro em fachadas, torna-se especialmente importante a análise de estratégias de projetos que visem reduzir esta carga térmica que o empreendimento ganha através das fachadas envidraçadas. Considerando o grande estoque de edificações que apresentam esta tipologia é relevante que tais estratégias possam ser aplicadas à edificações já construídas, com vistas à melhoria de seu desempenho térmico e à redução do consumo energético.

Tendo em vista a preocupação com o alto consumo de energia elétrica, por meio da Lei Nº 10.295/2001, (BRASIL, 2001), o Governo Brasileiro tem incentivado programas que promovam a eficiência energética dos edifícios, em parceria com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Foram publicados regulamentos técnicos com a finalidade de promover a etiquetagem voluntária do nível de eficiência energética das edificações, a fim de utilizar racionalmente a energia. O primeiro a ser publicado foi o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Posteriormente, foi publicado o regulamento para edificações residenciais, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

Conforme o PROCEL, o conceito de eficiência energética significa “melhorar a maneira de utilizar a energia, sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona”, ou seja, “significa diminuir o consumo, reduzindo custos, sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços” (BRASIL-a, 2008). A adesão à classificação de edifícios quanto à eficiência energética, segundo a regulamentação do PROCEL de 2007, atualmente, é voluntária, tanto para edificações novas, quanto para as existentes, mas passará a ter caráter obrigatório para edificações novas em breve.

Outro fator que vem se desenvolvendo e sendo bastante utilizado nas pesquisas sobre o tema são os programas de simulação computacional. Pode-se avaliar o desempenho térmico e energético de edificações para diferentes alternativas de projeto, sejam elas opções do desenho arquitetônico, componentes construtivos, sistemas de iluminação ou sistemas de condicionamento de ar. Com a simulação computacional, pode-se estimar o consumo de energia, o custo desse consumo e até mesmo o impacto ambiental provocado pela alternativa de projeto antes mesmo de sua execução (MENDES et. al, 2005).

Nesse contexto, a problemática que se apresenta é quanto à exposição à radiação solar de janelas envidraçadas e superfícies opacas da envoltória dos edifícios, que contribuem para o baixo desempenho termoenergético das edificações em climas quentes. Diante disso, a presente dissertação pretende contribuir com as discussões relacionadas à influência de parâmetros construtivos no desempenho termoenergético de edifícios verticais residenciais localizados no clima quente e úmido. Avaliando a influência do coeficiente de absorção solar das paredes externas, dos elementos de proteção solar da edificação e do entorno, no desempenho térmico e no consumo energético dos edifícios.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a configuração espacial de um conjunto de edifícios residenciais multipavimentos localizados no município de João Pessoa-PB e avaliar a influência do sombreamento e da absortância no desempenho térmico e energético dos mesmos.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar as características e os requisitos de projeto relacionados à influência de parâmetros construtivos no desempenho térmico e energético de edifícios verticais residenciais;
- ✓ Levantar as características construtivas das edificações do recorte urbano em estudo e, a partir da análise das características mais recorrentes, definir um modelo representativo da realidade construída;
- ✓ Avaliar o impacto decorrente do uso de elementos de proteção solar, assim como do entorno imediato e da absortância no desempenho térmico e energético de edificações residenciais com mais de cinco pavimentos localizadas no recorte urbano em estudo;
- ✓ Determinar a magnitude da influência do uso de proteção solar e dos valores de absortância da envoltória no desempenho térmico e energético de edifícios residenciais em clima quente e úmido, considerando o impacto do entorno e da altura do edifício.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O crescente processo de urbanização, juntamente com o desenvolvimento tecnológico e com o crescimento populacional, trouxe inúmeras mudanças para o ambiente construído das cidades. Do ponto de vista ambiental, implicaram na degradação do meio natural, decorrente, tanto do processo de obtenção de matéria-prima, quanto do processo de sua transformação. Barbirato (2007) afirma que a urbanização excessiva também é responsável pelo contraste de padrões de vida dentro das cidades e entre assentamentos urbanos e rurais. Afirma, ainda, que a escassez de terra e de água, o uso ineficiente de energia e os problemas resultantes da poluição contribuem para o aumento do custo ecológico e econômico de suporte das cidades modernas.

O trato dos problemas ambientais urbanos requer uma análise interdisciplinar devido à complexidade dos fenômenos relacionados. Assim, os trabalhos nessa área demandam respostas, no sentido de instituir uma ocupação do solo mais comprometida com a qualidade ambiental. Nesse contexto, o estudo do clima urbano busca o desenvolvimento de métodos que se integrem ao planejamento e ao projeto da cidade, tendo em vista a melhoria de suas condições físico-ambientais. Gomes (2008) ressalta que os estudos na área de clima urbano se justificam pelas informações que podem oferecer para orientar a adequação da legislação urbanística, além de se inserir no que diz respeito à melhoria do conforto bioclimático dos espaços públicos e na redução do consumo de energia.

Segundo Lamberts (2007), o consumo de energia elétrica no setor residencial foi o que mais cresceu nos últimos anos, sendo que o consumo total de energia no país quase triplicou nos últimos dezoito anos. Boa parcela desse consumo se dá por sistemas de condicionamento artificial e esse consumo excessivo de energia traz consequências para o ambiente externo, visto que os aparelhos de refrigeração, além de emitirem calor, retiram o calor do ambiente interno, transferindo para o ambiente externo, ou seja, para o meio urbano.

São três os principais fatores que atuam no balanço térmico e influenciam esse consumo: a arquitetura, a ocupação e o clima. A arquitetura atua como intermediária nesse balanço térmico, podendo ajudar ou prejudicar nas condições internas. No clima quente e úmido, o controle ambiental recai sobre o percurso do sol e a radiação solar; a iluminação natural e o ofuscamento, sobre a temperatura e suas alterações, sobre a precipitação, a umidade, a ventilação, o ruído e sobre a poluição do ar. Com base nesses aspectos, recomendações de projeto podem ser elaboradas, a fim de efetivar esse controle.

Assim, a indústria da construção e o ambiente construído devem ser repensados e, segundo o CIB (2000), serem considerados como as duas áreas chaves para obter um

desenvolvimento sustentável na nossa sociedade. De acordo com a Agenda Habitat II, é o setor que mais contribui para o desenvolvimento socioeconômico de um país, porém, assim como o ambiente construído, também é o maior consumidor dos recursos naturais (energia e materiais). Podendo variar de país para país, os edifícios são responsáveis por cerca de 30% a 50% do consumo total de energia (CIB, 2000).

Em meio a esse contexto, fica explícita a necessidade de se desenvolver estudos na área de climas quente e úmido, como o da cidade de João Pessoa, visto que poucos são os trabalhos desenvolvidos nesse local dentro dessa temática. Em meio à preocupação energética mundial, torna-se iminente que o arquiteto e os demais profissionais da área adotem, sempre que possível, estratégias passivas, associando técnicas construtivas com o uso de novas tecnologias que promovam a sustentabilidade e a eficiência dos edifícios.

O setor da construção é essencial para atender as necessidades e os anseios da sociedade, ao proporcionar abrigo, conforto e qualidade de vida para indivíduos, famílias e comunidades, ao estimular o crescimento e ao produzir riquezas para comunidades, empresas e governos. Ao mesmo tempo, o setor é também responsável por uma parcela significativa do consumo de recursos naturais, incluindo energia e água, além de ser um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos sólidos e pela emissão de gases de efeito estufa. (GOLDEMBERG, 2011)

De acordo com Mink (2005), para uma construção ser energeticamente eficiente e fornecer conforto térmico, deve haver uma conjugação racional entre os materiais nela empregados e os fatores externos, tais como o clima da região, os ventos e a radiação solar incidente. Estes fatores agem diretamente no desempenho do envelope, onde ocorrem fenômenos como a inércia térmica, as trocas de calor por condução, a convecção, a radiação e a incidência de radiação solar através das aberturas, sendo que estes fenômenos, dentre outros, estão ligados às propriedades termo-físicas de cada material. Tendo em vista esse conjunto de fatores, ao se projetar um edifício, deve haver a preocupação com sua forma, orientação e com os componentes do envelope (paredes, aberturas, cobertura), pois eles têm relação com as cargas térmicas e a eficiência energética de uma edificação. Compreende-se carga térmica como a quantidade de energia gasta para aquecer ou resfriar um ambiente, devido aos ganhos de calor vindos de equipamentos, de pessoas e de radiação solar.

Corbella (2003) afirma que o conhecimento das exigências humanas de conforto térmico e do clima, associado às características térmicas dos materiais e das premissas genéricas para o partido arquitetônico adequado a climas particulares, proporciona condições de projetar edifícios e espaços urbanos cuja resposta térmica atenda às exigências do conforto térmico. Como no processo criativo, está sempre implícita uma nova proposta, um método para previsão do desempenho térmico, em nível quantitativo; é um

instrumento indispensável para verificação e para possíveis ajustes ainda na etapa de projeto.

As atividades ligadas à Arquitetura e à Engenharia influenciam direta e indiretamente a qualidade de vida das pessoas; dentro dessa perspectiva, pode-se destacar, atualmente, um momento de intensa urbanização e conseqüente verticalização das habitações e isso tem alterado o meio urbano sob o ponto de vista de sua forma, densidade, uso e ocupação. Nesse contexto, a cidade deve ser repensada, novas tecnologias e estudos devem ser direcionados para esses fatos, no sentido de contribuir para sua melhoria, bem como traçar diretrizes orientadoras, através, por exemplo, da legislação. O desenvolvimento de construções voltadas ao meio ambiente é um dos desafios que enfrenta a presente geração de projetistas: arquitetos e engenheiros.

O consumo de energia vem crescendo exponencialmente na sociedade moderna, impulsionado pelo desenvolvimento de novas tecnologias e de novos equipamentos, e isso foi, por muito tempo, considerado fato normal. Entretanto, nos últimos anos, observa-se uma crescente preocupação sobre esse fato, principalmente no requisito relacionado à operação do ambiente construído, com destaque para a refrigeração térmica artificial.

Uma das estratégias principais da concepção bioclimática consiste na proteção do edifício contra ganhos solares excessivos, diminuindo o consumo energético e simultaneamente permitir adequados níveis de iluminação natural, mitigando a necessidade de iluminação artificial. Os sistemas de sombreamento são o elemento preponderante no processo de concepção das fachadas de um edifício, no seu papel no desempenho energético e na procura de um espaço interior com o máximo de conforto e de luminosidade que responda às preocupações ambientais e às exigências arquitetônicas. Adicionalmente, os sistemas de sombreamento têm ainda um papel fundamental na caracterização e na definição da arquitetura do edifício. Conceber e dimensionar um sistema de sombreamento em arquitetura requer igual atenção aos aspectos funcionais e aos aspectos estéticos.

Dentro desse contexto, encontra-se a presente pesquisa, que visa o estudo de conceitos relacionados à sustentabilidade na arquitetura, focando os conceitos de eficiência energética em edifícios voltados para o sombreamento e o desempenho térmico e energético das edificações. O principal enfoque desta pesquisa é analisar as variações dos diversos tipos de proteção solar externas mais usuais na arquitetura local, objetivando, através da simulação computacional, relacionar melhores índices de desempenho térmico e energético nos modelos cujas proteções solares forem utilizadas.

Portanto, é necessário aos arquitetos e engenheiros o conhecimento acerca dos conceitos e das práticas de eficiência energética na arquitetura, para que, estratégias sejam implantadas no sentido de minimizar o consumo energético nas edificações, evitando,



assim, a necessidade de uma maior produção de eletricidade no país, o que retornaria em benefício aos usuários como economia nos custos de obra e no consumo de energia.

#### **1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

O primeiro capítulo apresentou uma introdução sobre o tema do trabalho, juntamente com os objetivos gerais, específicos e a justificativa.

O segundo capítulo abrange a revisão bibliográfica que aborda temas relacionados ao envelope das edificações, as iniciativas de pesquisas no âmbito de desempenho térmico e energético, a influência e a importância dos dispositivos de proteção solar, bem como as normativas e as iniciativas brasileiras voltadas para a eficiência energética de edificações.

A metodologia é apresentada no terceiro capítulo e explica como se seguiu o processo para o levantamento dos dados, tais como os projetos dos edifícios e os detalhes construtivos, até chegar à tipologia predominante. Aborda, também, a metodologia de análise dos dados.

O quarto capítulo apresenta os resultados do trabalho. Inicialmente, são apresentados os resultados obtidos para a definição da tipologia predominante; em seguida, encontram-se os resultados relacionados ao desempenho térmico e energético referentes aos modelos estudados.

O quinto capítulo é referente às conclusões, seguido de recomendações para trabalhos futuros.



## **2.** Revisão Bibliográfica



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Revolução Industrial, apoiada sobre uma forte dependência do uso de matrizes energéticas não renováveis, possibilitou ao homem efetuar avanços tecnológicos nos diversos setores e, na construção civil, não foi diferente. Técnicas e materiais construtivos foram e ainda vem sendo desenvolvidos a todo o momento e a circulação de produtos e de mercadorias passou a ser cada vez mais veloz. Tal fato tem possibilitado ao projetista uma maior liberdade de criação, bem como permitido desconsiderar aspectos antes julgados imprescindíveis, como a adaptação dos edifícios às condições locais.

O abandono do uso de materiais regionais nos projetos de edifícios e a utilização de mecanismos passivos de resfriamento ou de aquecimento abrem espaço às soluções arquitetônicas internacionalizadas e ao uso indiscriminado de sistemas artificiais de resfriamento e de aquecimento das edificações, representando um baixo desempenho termoenergético.

O consumo de energia tem aumentado no mundo todo, devido ao modo de vida e às crescentes exigências da população, já que, nas edificações, procura-se cada vez mais conforto através de sistemas e de equipamentos supridos com energia proveniente de fontes não renováveis.

Desta forma, países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Canadá, com alta renda *per capita* entre sua população, um elevado nível de consumo e com edificações condicionadas artificialmente, apresentam um dos maiores consumos de energia elétrica *per capita* no mundo. Nos países em via de desenvolvimento, como o Brasil, o grande aumento da população e a rápida inversão da forma de vida rural para a urbana tem sido uma das principais causas na contínua demanda de energia (LAMBERTS; TRIANA, 2007).

Logo após a crise do petróleo, ocorrida na década de 70, diversos países direcionaram recursos e linhas de pesquisa para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia e sistemas mais eficientes. Grande atenção foi voltada ao desempenho energético das edificações (setores residencial, comercial e público), responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia elétrica na maioria dos países. O conceito de eficiência energética passou a vigorar em muitos escritórios de engenharia e de arquitetura e, principalmente, no setor público (MENDES, 2005).

Diante dessa realidade, surgiu o questionamento sobre a necessidade e a possibilidade de se construir de forma mais responsável ambientalmente, de se produzir edificações integradas positivamente com seu entorno natural e construído. Algumas práticas e estudos já realizados apresentam diversas tentativas e iniciativas e demonstram que este tipo de preocupação já faz parte da realidade de grupos de pesquisas e de

profissionais atuantes, ainda que seja representada por uma parcela mais restrita da sociedade.

A simulação energética em edifícios de escritório é destacada como sendo uma maneira de se alcançar uma edificação mais eficiente em termos de consumo de energia. A seguir, serão apresentados também alguns trabalhos que utilizaram simulações computacionais com a finalidade de avaliar os parâmetros construtivos relacionados à energia e também verificar a viabilidade econômica de se adotar medidas de conservação de energia. Apresentar-se-á, também, alguns critérios de avaliação do desempenho térmico e energético da envolvente de edifícios, como normas e regulamentos que estão surgindo.

## 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Os crescentes problemas energéticos nacionais e mundiais tornam essencial que as edificações sejam projetadas e construídas de acordo com critérios que garantam a sua adequação ao clima em que se inserem. Por meio desta adequação, pode-se obter a satisfação do usuário quanto às condições térmicas dos ambientes internos, evitando-se, em consequência, o desperdício de energia elétrica com condicionamento artificial da edificação (DUTRA et. al., 2005).

O estudo da arquitetura bioclimática busca a harmonização das construções ao clima e as características locais; através dos elementos arquitetônicos, essa prática aperfeiçoa as relações entre o homem e a natureza, abrangendo estudos no que diz respeito à redução de impactos ambientais, à melhoria das condições de vida humana, ao conforto e à eficiência energética.

No aspecto energético, a economia de energia proporcionada pela utilização de estratégias Bioclimáticas ocorre pelo aproveitamento das fontes naturais de energia. Essas estratégias, de acordo com o clima, objetivam: o aumento ou redução da recepção da luminosidade e do calor; a utilização dos ventos para ventilação natural e, eventualmente, geração de energia, como também a criação e a melhoria de equipamentos e de sistemas necessários ao uso da edificação que proporcionem captação, acumulação e aproveitamento das energias naturais.

A realidade local é a referência para a determinação das prioridades e também dos requisitos para aplicação da sustentabilidade na arquitetura. Assim como em qualquer outra atividade, é relevante o equilíbrio entre dimensões econômicas, sociais e ambientais.

Como premissa básica, deve ser feito o estudo do clima da região e do local onde será projetado qualquer objeto arquitetônico, pois as variações climáticas interferem no ambiente construído. É no nível do microclima edificado que o arquiteto interfere, potencializando os aspectos positivos oferecidos pelo clima do local e neutralizando os

negativos, apropriando a função à qual se destina e beneficiando sempre o conforto do usuário. (OLGYAY, 1998)

Lamberts et.al (2007) afirma que a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro, quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Através de um uso racional da energia na habitação, busca-se, então, uma diminuição no consumo dos usos finais de iluminação, de equipamentos, e de aquecimento de água, junto à incorporação de fontes renováveis de energia.

Além das cargas térmicas internas provenientes de equipamentos, o consumo energético das edificações depende do comportamento térmico de sua envoltória, pois as cargas térmicas externas transmitidas pela envoltória ao ambiente interno exercem uma forte influência na necessidade de condicionamento de ar no edifício. Os ganhos térmicos advindos de superfícies envidraçadas, os elementos opacos que compõem as fachadas e a cobertura determinam fortemente os ganhos de calor ao interior dos ambientes, a depender das características termo-físicas dos materiais constituintes e das características climáticas do ambiente no qual será inserida a edificação. (LIMA, 2010)

Para Dutra, Lamberts e Pereira (2005), os principais ganhos de calor na envoltória de um edifício são provenientes da radiação solar. Sendo que, em edifícios verticais, as aberturas são os elementos construtivos de maior responsabilidade nas perdas e ganhos de calor, influenciando no desempenho e no dimensionamento dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar.

Outro fator que pode influenciar no ganho de calor nas edificações é o entorno imediato. A densa urbanização pode acumular calor e atrasar perdas, por outro lado, o sombreamento pode evitar ganhos de calor. As partes mais densas de uma Região Metropolitana costumam ser as mais quentes; a temperatura diminui à medida que a densidade urbana decresce. Givoni (1998) *apud* Krüger (2008) menciona que há, por vezes, uma interação complexa e mecanismos de *feedback* entre as edificações e o clima exterior a elas. Por um lado, o ambiente interno é afetado pelas condições climáticas do entorno da edificação; por outro, a própria edificação e, especialmente, grupos de edificações modificam o clima local.

No tópico seguinte, a análise do desempenho térmico e energético de edificações é apresentada em estudos realizados por pesquisadores que visam demonstrar os parâmetros que influenciam diretamente no conforto térmico e no consumo de energia.

## 2.2 DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO

Avaliar o desempenho térmico e energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares. O advento do computador foi fundamental para o desenvolvimento dos modelos físicos que representam o comportamento térmico e energético de edificações, permitindo a simulação de diferentes cenários.

De acordo com Mendes et. al (2005), as primeiras ferramentas computacionais para simulação de edificações foram desenvolvidas ainda na década de 70, em computadores do tipo *mainframe*. Com o avanço progressivo dos recursos computacionais, o aumento de capacidade de processamento e de memória, programas mais modernos e complexos puderam ser desenvolvidos, tais como, o ENERGYPLUS, o FLUENT, o CFX e o PHOENICS. Desde a década de 80, o Brasil vem importando os programas de simulação desenvolvidos no exterior, onde os recursos financeiros para esse tipo de pesquisa são mais abundantes. O uso de simulação computacional é imprescindível na determinação de indicadores de consumo de edificações. Pela simulação, pode-se estimar o consumo de uma edificação a partir da definição de suas características arquitetônicas, propriedades físicas dos materiais construtivos, cargas internas instaladas, sistemas de condicionamento de ar e padrões de uso e de ocupação.

O estudo realizado por Santana (2006) permitiu demonstrar os parâmetros que mais influenciam no consumo de energia na tipologia construtiva de edifícios de escritórios em Florianópolis. Seu estudo analisou, através de simulações computacionais desenvolvidas com o software EnergyPlus, os seguintes parâmetros: fator de projeção, entorno, coeficiente de sombreamento dos vidros, percentual de área de janela na fachada, transmitância térmica das paredes e da cobertura e orientação. Dentre os parâmetros analisados, a porcentagem de janela na fachada foi a variável que apresentou resultados mais significativos, sendo que, a cada 10% de aumento de área de janela, o consumo de energia sobe 2,9%. Para edifícios com grandes áreas de parede, o fator de absorvância demonstrou grande influência, observando redução de 1,9% do consumo de energia para cada alteração de 10% na absorvância. Na comparação entre modelos com paredes claras e escuras, o consumo de energia variou em 15,1%. A utilização de proteções solares, quando simulados para todas as orientações, demonstrou uma redução de 12% no consumo de energia.

A influência das variáveis construtivas em edifícios de escritório no desempenho térmico das edificações também foi estudada por Nascimento e Barbosa (2009). A pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre o consumo de energia; variáveis construtivas (proporção da forma da planta, absorvância térmica das paredes externas, transmitância térmica das paredes externas, porcentagem de área de janela na fachada, tipo de vidro e

proteção solar) e variáveis de uso e de ocupação (número de ocupantes, carga interna de iluminação e de equipamentos).

Utilizou-se uma sala de advocacia de um edifício típico da cidade de Londrina como caso base do estudo, criando um modelo virtual através do software EnergyPlus. Foram realizadas as simulações das alterações de cada uma das variáveis para valores máximos e mínimos, para cada orientação solar. Os resultados demonstraram que as variáveis de uso e de ocupação influenciam em mais de 30% no consumo de energia em uma sala de edifício de escritório e as variáveis construtivas influenciam em 13%. Apenas uma pequena parte dos prédios de Londrina apresentou algum tipo de proteção solar das aberturas das fachadas. Quando ela ocorria, eram elementos estruturais que avançavam na fachada não mais que 50 cm. Foram simulados modelos com proteções solares horizontais e verticais de 50 cm e de 100 cm em todas as esquadrias. Os resultados demonstram que as proteções solares permitem uma redução maior no consumo energético.

No caso das variáveis construtivas, as de maior impacto foram: o tipo de vidro (Reflexivo 6 mm), seguido pela absorvância, depois o percentual de área de janela por fachada (10%), a utilização da proteção solar, o vidro tipo fumê (3 mm) e, por fim, a proporção da planta. A escolha dos materiais da fachada, da porcentagem de vidro utilizada, da cor, da forma do prédio e da inclusão de proteções solares podem contribuir com redução de até 7,18% ou um aumento de mais de 13% no consumo de energia.

Utilizando a simulação computacional, algumas iniciativas já foram tomadas para implementar leis de eficiência energética em dois municípios brasileiros: Salvador (BA) e Recife (PE). O código de obras dessas duas cidades está sendo adaptado para abranger parâmetros de eficiência energética no projeto de novas edificações (CARLO et al. 2003).

A pesquisa desenvolvida por Carlo et. al. (2003) apresentou e discutiu a inclusão de parâmetros que visem à eficiência energética, relacionados à envoltória e à iluminação, no código de obras da cidade de Salvador-BA. Dentre outros parâmetros, estabeleceram as propriedades térmicas dos materiais e os componentes do edifício que interferem em sua tipologia e alteram a estruturação do espaço interno, como também limites de área dos elementos translúcidos ou transparentes ao fator solar do material que será utilizado, dentre outros.

Oliveira (2006) realizou uma pesquisa que teve como principal objetivo propor um método para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares no clima quente e úmido, através da simulação computacional. O método foi desenvolvido, a fim de gerar um sistema de classificação adequado na avaliação destas edificações, usando como critérios de análise a temperatura interna do ar e um modelo adaptativo de conforto térmico. A pesquisa utilizou o aplicativo VisualDOE 4.1 em duas séries de simulações de um caso base, caracterizado por duas ocupações típicas: quarto e sala. Essa análise serviu de

base para o desenvolvimento de um índice nomeado de IDTR - Índice de Desempenho Térmico Resultante, que foi configurado como um sistema de classificação de desempenho térmico. Além disso, os resultados também permitiram a elaboração de recomendações de projeto para o clima tropical, visando melhorias no desempenho térmico de edificações residenciais em situações semelhantes.

Lima (2010) avaliou a influência do sombreamento e da absorvância da envoltória no desempenho térmico e no consumo energético em edifícios residenciais multifamiliares localizados em Maceió – AL, tendo como objeto de estudo um modelo que representa a tipologia típica de edifício vertical desenvolvido pelo Programa de Arrendamento Residencial– PAR. Os resultados obtidos indicaram que a utilização de protetor solar e o aproveitamento da morfologia do arranjo construtivo contribuíram para um melhor desempenho termoenergético do edifício. A consideração da predominância da cor clara na textura das paredes externas também foi um aspecto considerado positivo para a obtenção de resultados térmicos favoráveis e que se recomenda que seja mantida nos programas habitacionais para a cidade de Maceió, pois também implicou redução no consumo energético.

No âmbito do desempenho térmico, os índices de conforto térmico buscam, primordialmente, determinar condições ambientais (zonas e condições de conforto térmico) sob as quais os usuários de uma edificação estarão em estado de bem-estar. A definição dessa condição no projeto e na operação de edificações implica, não só no estabelecimento de um ambiente confortável termicamente, como também na forma que a energia será utilizada.

O processo de avaliação do ambiente térmico requer a existência de critérios e de valores limites de referência baseados nos índices e nas escalas de conforto térmico. No intuito de quantificar o comportamento humano ante as variações térmicas do ambiente, são definidos índices que expressam a relação entre causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno. Com base nos índices, estabelecem-se as zonas de conforto térmico delimitadas graficamente sobre diversos tipos de nomogramas ou através de cartas e de diagramas que limitam os parâmetros físicos e definem o domínio no qual se estabelecem as zonas de conforto térmico. (BARBOSA, 1997).

A zona de conforto de Givoni (1992) foi vastamente difundida e utilizada para estabelecer critérios de conforto térmico e diretrizes para projetos bioclimáticos, principalmente em países quentes em desenvolvimento, como o Brasil. Atualmente, é adotada na norma de desempenho térmico de edificações da ABNT (2005c). Nesse trabalho, o autor descreve a carta bioclimática para países desenvolvidos e em desenvolvimento, com estratégias de projetos. A variação de temperatura, sugerida por Givoni, para as condições aceitáveis de pessoas que habitam países desenvolvidos é de



18°C a 25°C no inverno e de 20°C a 27°C no verão. Sendo o limite máximo de temperaturas aplicável à umidade abaixo de um conteúdo de vapor de 10 g/kg. Para altas umidades, o limite máximo de temperaturas decresce progressivamente e o limite máximo de umidade em termos de umidade absoluta é de 15 g/kg. Nos países em desenvolvimento e de clima quente, Givoni sugere elevar de 2°C a temperatura limite máxima, elevando também de 2g /kg o valor do conteúdo de vapor. Essa adaptação é justificada com base em resultado de pesquisa, que alterou a temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, de 27.0°C para 29.7°C, quando a velocidade do ar é aumentada de 0.1 para 1.5 m/s. Assim, os limites sugeridos por Givoni para a zona de conforto térmico de países com clima quente e em desenvolvimento são: no verão, em situação de umidade baixa, a variação de temperatura pode ser de 25°C a 29°C e, em umidade alta, de 25°C a 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18°C a 25°C; com relação à umidade, os limites são de 4,0 g/kg a 17 g/kg e 80% de umidade relativa.

Um método bastante utilizado por pesquisadores no campo do conforto térmico é o chamando Graus-Hora. Esse método consiste em um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório das diferenças de temperatura do ar, quando esta se encontra acima ou abaixo de uma temperatura base ( $T_b$ ). Isto define os graus-hora para refrigeração ou para aquecimento.

Em estudo realizado por Sorgato et. Al (2011), foi avaliada a importância do sombreamento em edificações residenciais através do método graus-hora de resfriamento (GHR). Os resultados mostraram que o uso de dispositivo de sombreamento contribuiu significativamente para redução nos GHR dos dormitórios em estudo para todas orientações. Os ambientes sem dispositivo de sombreamento, orientados para oeste e para leste, apresentaram diferenças significativas no somatório de GHR em relação aos ambientes com dispositivo de sombreamento. O ambiente orientado a oeste apresentou uma diferença de 82% e, a leste, de 47% a mais nos GHR.

### **2.2.1 A Importância das Variáveis Construtivas para a Eficiência Energética**

As variáveis construtivas influenciam muito no comportamento térmico e energético das edificações. Para um edifício ser eficiente, termo energeticamente e ter conforto térmico, todas as variáveis devem ser pensadas conjuntamente. Para que isso seja possível, os arquitetos e os engenheiros devem se preocupar logo na fase de projeto, com soluções construtivas que adequem o edifício ao clima da região local.

A quantidade de energia consumida pelos sistemas de climatização e de iluminação está diretamente relacionada aos tipos de tecnologias adotadas e às condições de ocupação e de operação de tais sistemas. No entanto, também depende fundamentalmente

das características construtivas da edificação: da sua adequação ou não à realidade climática local.

Embora as soluções arquitetônicas relacionadas à eficiência energética possuam maior potencial ao serem adotadas ainda durante a fase de projeto da edificação, existem possibilidades economicamente viáveis de intervenção arquitetônica em edifícios já construídos. De acordo com os dados do Procel (2010), o potencial de economia de energia elétrica é de cerca de 50% em novas edificações e de 30% em edificações existentes.

Nesse contexto, a adoção de estratégias arquitetônicas adequadas a cada caso, valorizando o formato da edificação, a propriedade física dos materiais e a transmissão da luz natural, entre outros fatores, possibilita melhor desempenho energético das edificações. As estratégias arquitetônicas podem, ainda, ser compatibilizadas com os sistemas artificiais, por meio da adoção de novas tecnologias que evitam os desperdícios de energia elétrica, tais como: o fechamento automático de janelas quando do acionamento de condicionadores de ar ou a instalação de sensores fotoelétricos que reduzem o nível de iluminação na presença de luz natural.

Em uma pesquisa recente desenvolvida nessa área, Carvalho (2011) analisou as variáveis de projeto que podem contribuir para reduções no consumo de energia elétrica em edifícios comerciais, com ênfase em ar condicionado. As simulações foram realizadas utilizando reatores eletrônicos dimerizáveis, sombreamento, diferentes tipos de vidro, paredes, pisos e telhados. O VisualDOE 2,61 foi utilizado como uma ferramenta de simulação para o cálculo do consumo de energia elétrica do edifício analisado.

Este trabalho mostra que o desempenho energético do edifício é bastante influenciado pela fachada e expõe, através de tabelas, o impacto que as decisões relativas à cobertura e às fachadas têm sobre o consumo energético do edifício. Os resultados confirmam a importância de levar em conta o uso de energia nas fases iniciais do projeto concepção, uma vez que escolhas adequadas de tipos de vidro, sombreamento externo, aberturas e materiais utilizados nas fachadas e na cobertura têm um impacto significativo no consumo de energia elétrica dos edifícios.

Em um estudo feito por Cheung et al. (2005) em um edifício residencial de 42 andares e 8 apartamentos por andar, situado na cidade de Hong Kong, cujo clima é subtropical, verificou-se que a energia requerida de resfriamento anual tinha uma relação quase sempre linear com a absorvância solar das superfícies externas. Quanto menor a absorvância solar, maior a economia. Uma redução de 30% na absorvância solar poderia provocar uma economia de 12,6% na energia requerida para resfriamento.

Arquitetonicamente, as janelas e as aberturas podem ocupar um lugar de destaque, atribuindo beleza e estética ao projeto. Mas, além das atribuições estéticas e funcionais, nos últimos anos, estas vêm despertando outro tipo de preocupação: a influência no consumo

geral de energia da edificação. Estes elementos podem influenciar diretamente, tanto o desempenho, quanto o dimensionamento de sistemas de iluminação e de condicionamento de ar. Grandes áreas de janela têm a inconveniência de permitir ganhos ou perdas excessivos de calor e para amenizar estes problemas térmicos, ocorre o uso mais intenso de ar-condicionado e de sistemas de aquecimento, tendo como consequência o aumento do consumo de energia.

Segundo Pedrini e Lamberts (2003) apud Minku (2005), edifícios com formas alongadas permitem redução de até 11% do consumo de energia em relação às formas quadradas se forem utilizadas práticas adequadas. Gratia e De Herde (2003) constataram que as escolhas da forma do edifício, a profundidade e a altura dos edifícios e o tamanho das janelas podem, juntos, dobrar o consumo de energia.

De acordo com Pedrini e Szokolay (2004), as decisões arquitetônicas são de grande impacto para a eficiência energética e o conforto térmico de um edifício. Por isso, é muito importante que essas decisões sejam conscientes e ocorram logo nos primeiros esboços de um projeto, caso contrário, será difícil uma intervenção tardia, visto que a fase de detalhamento do projeto apresenta uma série de limitações quanto a futuras alterações.

### **2.2.2 A Envoltória**

A maneira mais efetiva de evitar que a ação da radiação solar aqueça os ambientes do edifício acima das faixas de conforto é, primeiramente, evitar que o calor inicialmente entre no espaço. Os elementos de sombreamento externos compõem a estratégia mais eficiente de minimizar os ganhos solares em edifícios com grandes áreas envidraçadas, com o uso de brises ou persianas horizontais. Estes permitem que a iluminação natural continue sendo utilizada, assim como mantêm parcialmente as vistas do exterior.

Segundo Mazzarotto (2011), o envelope promove grande parte do desempenho ambiental do edifício, o desempenho geral dos elementos envidraçados pode ser aprimorado quando são projetados como parte de um sistema completo de fachada. Assim, promove-se maior conforto para seus ocupantes e maior produtividade, reduzindo os custos operacionais e contribuindo para a saúde do planeta ao minimizar o consumo de energia geral e os relacionados impactos ambientais. O projeto destas fachadas deverá, portanto, contemplar uma série de aspectos:

- ✓ Maior proteção solar e controle das taxas de refrigeração artificial aliadas à melhora do conforto térmico e suprimento da maior parcela de iluminação naturalmente;

- ✓ Melhora da qualidade do ar interno e redução das taxas de refrigeração usando estratégias de ventilação natural, empregando a fachada como um artifício ativo de controle do ar;
- ✓ Redução dos custos operacionais, minimizando o uso de iluminação artificial, de ar condicionado e de energia para aquecimento, equacionando as potencialidades e os problemas decorrentes da iluminação natural, radiação solar e ventilação natural;
- ✓ Melhoria da qualidade ambiental interna, a fim de promover ambientes saudáveis, confortáveis e produtivos.

O projeto de fachadas deve, ainda, para atingir estes objetivos, respeitar as limitações climáticas, localização, orientação solar, acústica e proteção contra incêndios, entre outros.

Segundo Lee et al. (2002) *apud* Mazzarotto (2011), as fachadas devem responder e adaptar-se dinamicamente à variabilidade das condições climáticas e às necessidades de seus ocupantes. Os autores acreditam que, quando adequadamente planejadas como componentes de uma solução integradora do projeto do edifício, as fachadas de *design* avançado promovem soluções para muitos dos desafios em projetos de edifícios contemporâneos.

Especificamente, em relação à envoltória, tanto o RTQ-C, quanto o RTQ-R, determinam o cálculo de um Indicador de Consumo (IC) que prevê como a envoltória proposta vai impactar o consumo de energia da edificação, considerando a área de janelas, a existência e as dimensões de proteções solares, o tipo de vidro, as dimensões da edificação e o zoneamento bioclimático brasileiro. O IC obtido é comparado em uma escala que leva em consideração o padrão construtivo brasileiro, dividida em intervalos numéricos que determinam os níveis de eficiência energética.

Quanto menor o IC da envoltória, mais eficiente será a edificação, isto é, menos a envoltória expõe o interior da edificação e menor será a troca térmica entre o interior e o exterior. Assim, envoltórias com menores trocas térmicas implicam menores ganhos de calor em climas quentes (radiação solar, temperatura, por exemplo) ou menores perdas de calor em climas frios (infiltração, diferenças de temperatura, por exemplo). Como consequência, haverá um menor consumo de energia para climatização artificial dos ambientes internos.

Análises feitas por Mascarenhas et al. (1995), em Salvador, evidenciam o quanto uma componente do envelope pode atuar de forma positiva ou negativa no desempenho energético da edificação. Foi realizado um estudo, relacionando a área de janela e os consumos de energia de 30 edifícios de escritório. Concluiu-se que edifícios com área de janela superior a 40% apresentavam um consumo de energia aproximadamente 50% maior que edifícios com áreas de janela inferiores a 20%.

## 2.3 SOMBREAMENTO

O sombreamento destaca-se como um excelente mecanismo de condicionamento térmico passivo para as edificações. Recentemente, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas, com o objetivo de avaliar e de quantificar a sua influência no desempenho térmico e energético das edificações.

De acordo com Palhinha (2009), no desenho de um sistema de sombreamento, é preciso considerar alguns aspectos de modo a encontrar um equilíbrio entre os vários parâmetros, dentre estes aspectos estão:

- Proporcionar um adequado controle solar;
- Evitar a entrada de radiação solar quando indesejado;
- Propiciar uma luminosidade adequada à atividade a que o espaço se destina;
- Garantir equilíbrio entre o fluxo luminoso incidido e o refletido;
- Controlar os níveis de reflexão;
- Procurar equilíbrio entre a uniformidade e o contraste;
- Evitar o ofuscamento.

Segundo Hertz (2003), já é fato que, nos climas tropicais, a radiação solar incidente é alta, seja como radiação direta em dias ensolarados, seja em forma de radiação difusa durante os dias nublados. Nesse sentido, a principal causa de desconforto térmico nesses locais é o ganho de calor produzido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies dos ambientes construídos. Logo, o primeiro objetivo de um projeto arquitetônico deve ser a proteção da radiação solar.

De acordo com Coberlla (2003), a proteção solar deve ser entendida de duas maneiras:

- a)** A radiação solar que ingressa pelas aberturas e é absorvida, em parte, nas superfícies do chão ou das paredes, convertendo-se em energia térmica. Essa energia térmica eleva a temperatura das superfícies que a absorveram, aumentando imediatamente a temperatura do ar que está em contato com elas. Desta forma, aquece-se todo o ar do ambiente;
- b)** A energia solar que é absorvida nas superfícies das paredes externas se converte em calor, que aumenta a temperatura dessa superfície. Assim, inicia-se uma onda de temperatura que se transmite por condução através da parede, para a sua superfície interior. Esta superfície aumenta sua temperatura e a do ar que está em contato com ela, aquecendo, por sua vez, todo o ar do ambiente.

Nos dois casos, a temperatura do ar interior eleva-se e as superfícies aquecidas aumentam sua temperatura e emitem mais energia que as superfícies não aquecidas, causando desconforto nas pessoas que estão nesses locais.

Dentro desse contexto, a sombra é um dos recursos mais eficazes para combater o desconforto causado pela radiação nas regiões tropicais úmidas. Em se tratando de edifícios de alta densidade, aqueles de andares múltiplos, são as paredes, e não o telhado, que desempenham o papel mais importante na redução da transferência de energia solar até o interior. Aqui, a orientação das paredes é fundamental porque dela depende as variações da quantidade de radiação nelas incidente (HERTZ, 2003).

A correta escolha do tipo e da posição da abertura no ambiente projetado é quem determinará o melhor aproveitamento dos ventos incidentes e garantirá a permeabilidade da edificação. É muito importante que não se confunda aberturas destinadas à renovação de ar e destinadas à iluminação. Nesse tipo de clima, torna-se muito importante que se tenha o pleno aproveitamento das aberturas para a ventilação – mesmo em situação de chuvas – para garantir a renovação do ar interno.

Nesse contexto, a orientação de um edifício é um fator de extrema importância e é determinada por fatores como o vento, a radiação solar e a vista, além da privacidade e do controle do ruído circundante. Segundo Hertz (2003), graças a uma orientação direcional correta do edifício, pode-se obter uma diferença de até 3º entre a temperatura externa e interna, além de reduzir a potência da forte incidência da radiação solar durante as horas quentes.

Em qualquer projeto, quando se trata do aproveitamento da sombra, a forma e a proporção exata dos elementos arquitetônicos que protegem as aberturas dos edifícios contra os raios solares estão ligadas ao ângulo da altura e o azimute do Sol em relação à orientação das janelas. Ou seja, para evitar a radiação solar direta nas fachadas leste e oeste, deve-se recorrer a: brises, montantes, persianas e outros elementos. A forma desses elementos para controlar a entrada do Sol pode variar muito. As consequências dessa variação, ou seja, a densidade, a largura e a altura da sombra formada também variam. Pelo uso de diagramas solares e de técnicas gráficas, ou por maquetes, é possível prever exatamente a localização do Sol a qualquer hora do dia e em qualquer mês. Assim, pode-se projetar com exatidão a porcentagem de cobertura da sombra formada pelos elementos arquitetônicos utilizados sobre as aberturas.

O mercado internacional e nacional oferece variados tipos de proteção solar, o que proporciona uma riqueza de possibilidades construtivas. Dentre os dispositivos de proteção solar mais conhecidos e os elementos construtivos que podem exercer essa função, pode-se citar: varanda, sacada, marquise, toldos, cortinas, persianas, elementos vazados,

pérgulas, telas especiais, brises horizontais, brises verticais e brises mistos (horizontais e verticais).

O uso de dispositivos de proteção solar como brises, varandas, marquises, em regiões de clima quente propiciam vantagens significativas ao ambiente interno. O uso desses elementos proporciona a redução da carga térmica proveniente da radiação solar, melhores condições de temperatura interna e, conseqüentemente, redução no consumo de energia para resfriamento, além de ajudar em um melhor controle da incidência de luz natural, evitando ofuscamentos e contrastes excessivos. Além disso, esses protetores podem constituir como elementos com expressivo resultado estético nas fachadas das edificações, enriquecendo a linguagem arquitetônica das mesmas.

Na grande maioria das vezes, o brise é utilizado como proteção de áreas envidraçadas, para controlar a grande parcela de radiação solar que atravessa o vidro e outros materiais transparentes ou translúcidos. Porém, podem desempenhar importante papel na proteção de paredes e de coberturas opacas (FROTA, 2004).

Em seu livro, *Geometria da Insolação*, Frota (2004) destaca que a eficiência da proteção solar externa está ligada a três fatores:

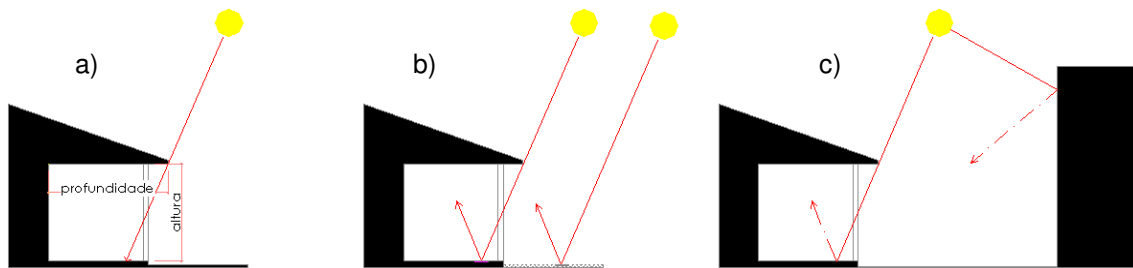
- Seja guardada certa distância entre o sistema de sombreamento e o corpo da edificação; quanto menor o contato do brise-soleil com o corpo do edifício, menor será o calor transmitido por condução;
- Tenha acabamento superficial externo, na face exposta ao sol, de cor clara;
- Tipo do material, preferência por materiais isolantes térmicos.

No que confere ao objeto de estudo desta pesquisa, edifícios verticais residenciais, o elemento arquitetônico *varanda* é bastante usado, tanto na área da sala, quanto nos quartos. Mararigno e Coch (2009) caracterizam conceitualmente varanda como sendo:

[...] espaço arquitetônico coberto e aberto para um ou mais lados de uma edificação e que estabelece uma transição gradual entre o espaço interior e o exterior. Ela é parte de sistemas de controle ambiental com amplas aplicações em climas e estações quentes e úmidas, proporcionando sombra, ar fresco, luz natural, sons filtrados, abrigo das chuvas, além de ampliar a percepção do exterior e oferecer maior privacidade.

Para Mararigno; Coch (2009), dentre as principais funções exercidas pelas varandas em climas tropicais, a principal é a de promover a proteção das radiações solares diretas, devido ao sobreaquecimento que esta radiação pode causar ao ambiente interno (Figura 1).

**Figura 1:** Formas de aporte da radiação solar na varanda: a- direta; b- refletida; c- absorvida e reemitida.



**Fonte:** MARAGNO, COCH (2009).

Apesar dos enormes benefícios climáticos provenientes da utilização da varanda em regiões de clima tropical, atualmente, em João Pessoa, observa-se que esta estratégia tem sido pouca explorada, através do uso de dimensões reduzidas e do fechamento da varanda para integração com a sala de estar, ou, simplesmente não tem sido considerada devido à construção de apartamentos cada vez menores (MARTINS, 2010).

Na imagem a seguir (Figura 2), é possível observar essa tendência crescente do fechamento da varanda com esquadrias, integrando a mesma à sala, fato este que, além de descaracterizar a fachada dos edifícios, minimiza a função de sombreamento proporcionada pela varanda.

**Figura 2:** Edificações da amostra – presença de varandas.



**Fonte:** Arquivo da autora, 2012

Algumas pesquisas internacionais e nacionais já foram feitas, objetivando avaliar e analisar os impactos dos dispositivos de proteção solar no desempenho térmico e energético das edificações.

No contexto internacional, convém destacar a pesquisa desenvolvida por Cheung et al. (2005) para o clima subtropical de Hong Kong, cujas simulações realizadas indicaram que quanto maior o sombreamento, maiores as reduções de energia anual necessária para resfriamento. Para uma proteção solar com 0,50 m de profundidade, há uma economia



anual de 100 kWh. Quando o brise é estendido para 1 m de profundidade, há uma adição de 109% na economia.

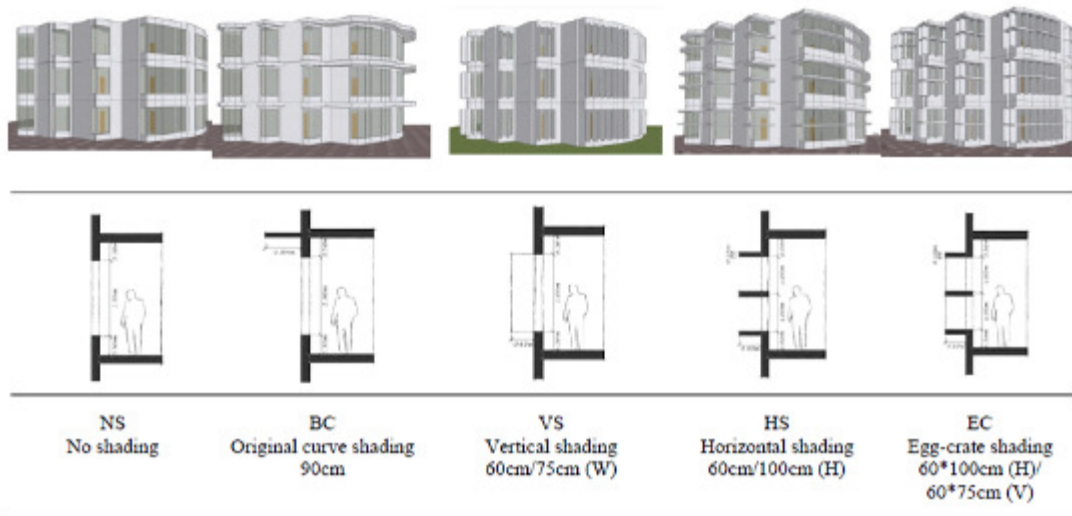
Em 2007, Wong e Li estudaram a eficácia dos dispositivos de sombreamento na redução do consumo de energia para refrigeração nas orientações leste e oeste na cidade de Singapura. O estudo mostrou uma redução de 2,62% a 3,24% na carga para refrigeração em ambientes cujas janelas possuíam dispositivo de proteção solar horizontal com 30 cm de profundidade. Para a profundidade de 60 cm, o estudo revela uma economia de 5,85% a 7,06% e, para o dispositivo com 90 cm de profundidade, a redução na carga para refrigeração do ambiente varia de 8,27% a 10,13%.

Outro estudo feito anteriormente em Singapura por Wong e Agustinius (2003) analisou os efeitos dos dispositivos de sombreamento no comportamento da temperatura. Os resultados mostraram que a proteção solar horizontal reduziu a temperatura interior da edificação numa escala de 0,61 °C a 0,88 °C; já com o dispositivo de sombreamento vertical, apresentou uma redução de 0,98 °C na temperatura do ar interna.

Tamimia e Fadzila (2011) também analisaram a influência dos dispositivos de proteção solar na redução da temperatura do ar. O estudo foi realizado em uma edificação residencial vertical típica na cidade de Penang, na Malásia, local este caracterizado pelo clima tropical quente e úmido. Foram avaliados cinco modelos propostos, como pode ser observado na figura 3.

Os resultados das simulações, com base nas horas de conforto, mostraram uma melhoria significativa no conforto térmico interno dos ambientes sombreados comparados ao ambiente sem proteção. O dispositivo de sombreamento misto (vertical e horizontal – EC) se mostrou como o mais eficiente na redução da temperatura do ar das salas, representando uma redução máxima de 5,1 °C. Ao comparar o dispositivo misto (EC) com a proteção horizontal (BC), observou-se uma redução de 26% nas horas de desconforto.

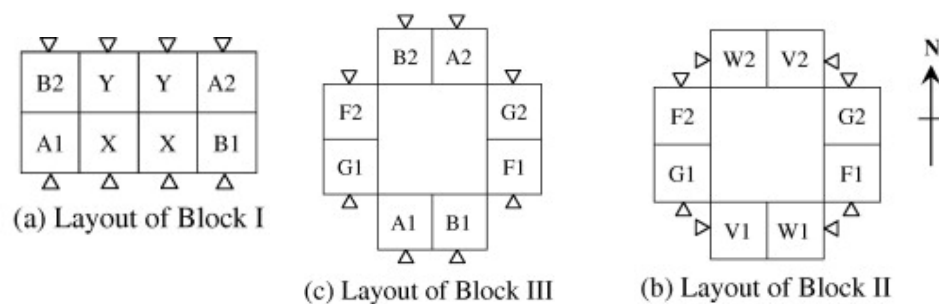
**Figura 3:** As concepções alternativas para os três tipos de dispositivos de sombreamento.



Fonte: Tamimia e Fadzila (2011).

Estudo feito em Hong Kong por Chan (2012) objetivou, também, avaliar o desempenho térmico de edifícios residenciais sob o efeito do sombreamento, neste caso, o sombreamento proporcionado pela própria edificação. A edificação em estudo é representativa da tendência local de construções em altura, possui 36 andares com oito apartamentos por andar. Foram avaliados três opções de *layout* do pavimento tipo (Figura 4).

**Figura 4:** Layout dos três blocos de apartamentos analisados.

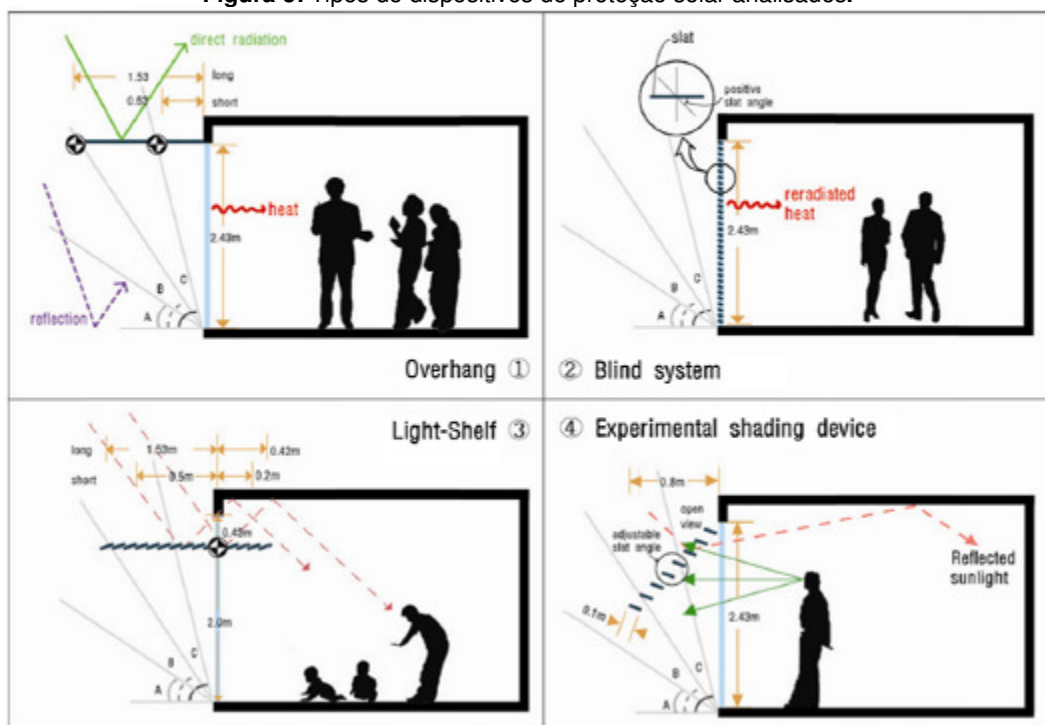


Fonte: Chan (2012).

Os resultados obtidos a partir da simulação utilizando o programa Energy Plus demonstraram que o sombreamento adjacente tem um impacto significativo sobre a carga de resfriamento do edifício. Comparando o desempenho do Bloco II em relação ao Bloco I, o sombreamento adjacente representou uma redução na carga de refrigeração de até 18,3% para o Bloco II. O Bloco III, comparado ao Bloco I, sofreu uma redução sensível de 6,5% no consumo para refrigeração. Porém, vale ressaltar um efeito negativo da disposição do *layout* do bloco II: ao colocar as aberturas nas laterais dos apartamentos, diminui a privacidade dos ocupantes.

Outro trabalho realizado recentemente com o objetivo de avaliar a influência dos dispositivos de sombreamento externo foi feito na Coreia do Sul por Kim et. al. (2012). Os autores, através de simulação computacional, analisaram uma edificação residencial típica da região, com 20 andares, área total de 145,00m<sup>2</sup> e fachada voltada para o sul com cerca de 90% de sua superfície composta por vidro. Foram analisadas quatro tipologias de proteção solar: 1) proteção horizontal fixa; 2) cortina convencional; 3) prateleira de luz e 4) um dispositivo externo proposto pelos autores (Figura 5).

Figura 5: Tipos de dispositivos de proteção solar analisados.



Fonte: Kim et. al. (2012).

Dentre essas quatro propostas, a opção 4 mostrou-se sendo a mais eficiente, tanto para refrigeração, quanto para aquecimento, proporcionando uma economia de energia para refrigeração que chega a 70%. Esse dispositivo possui aletas móveis (veneziana) e seu melhor desempenho energético foi encontrado com as ripas inclinadas numa angulação de 60°. Em uma sequência gradual, os resultados demonstraram que o dispositivo 4 é o mais eficiente, seguido da prateleira de luz (3), da proteção horizontal (1) e, por último, o sistema de cortina convencional (2).

No cenário nacional, algumas pesquisas já direcionaram o enfoque para a avaliação dos dispositivos de sombreamento. Dentre as principais, temos Pasqualli (2001), que desenvolveu uma pesquisa cujo objetivo era analisar e comparar o desempenho de diferentes estratégias de sombreamento externo de fachadas através da simulação

computacional do consumo energético anual de uma edificação comercial de 13 pavimentos inserida na malha urbana da cidade de São Paulo, através do programa EnergyPlus.

Para alcançar este objetivo, utilizou-se o modelo de uma edificação comercial com 12 pavimentos-tipo, com fachadas envidraçadas de piso a forro. Na face externa destas, foram propostos e simulados passarelas horizontais de sombreamento, peitoris sólidos e brises horizontais e verticais, fixos e móveis, com diferentes condicionantes de acionamento. Os resultados encontrados ressaltaram a importância da simulação computacional do desempenho energético como instrumento de análise da influência de estratégias de redução do consumo energético em edifícios reais, assim como a importância do sombreamento das fachadas.

A análise destes resultados demonstra que os brises fixos têm melhor desempenho se instalados na horizontal nas fachadas noroeste, nordeste e sudeste, e, verticais, na fachada sudoeste. Com esta configuração, o consumo anual de energia da edificação com o uso de ar condicionado e de iluminação apresenta redução de 7,15% em relação à edificação sem os brises.

Outra pesquisa realizada recentemente foi a de Sorgato et. al (2011), cujo objetivo era esclarecer a importância do dispositivo de sombreamento nas janelas dos dormitórios de edificações residenciais. A avaliação da importância do dispositivo de sombreamento nas janelas foi realizada através de simulação computacional, com o programa EnergyPlus. A tipologia arquitetônica escolhida para esta avaliação foi de uma edificação residencial multifamiliar. A edificação representa um edifício vertical de cinco pavimentos, com quatro apartamentos por pavimento. Foram avaliados somente os apartamentos do pavimento intermediário para as quatro orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).

As propriedades térmicas dos componentes da envoltória foram baseadas nas diretrizes construtivas da NBR-15220-3 para as ZB-3 e ZB-8 (Zona Bioclimática), nas quais se encontram as cidades de Florianópolis e de Salvador (simuladas com arquivos climáticos TRY). O sombreamento das aberturas foi modelado através de veneziana horizontal, com refletância de 50%. O período de sombreamento para a ZB-3 foi de 21 de setembro a 20 de março (no horário das 8h às 18h), compreendendo a primavera e o verão. Já para a ZB-8, o período de sombreamento é o ano inteiro (no horário das 8h às 18h). Esta pesquisa concluiu que o dispositivo de sombreamento das aberturas contribui significativamente para uma redução nos Graus-hora para resfriamento (GHR) dos dormitórios para todas as orientações. A variação no desempenho dos GHR foi de 82% para o Dormitório Oeste da ZB-3; já a menor variação foi de 28% no Dormitório Sul da ZB-8 (Figura 6).

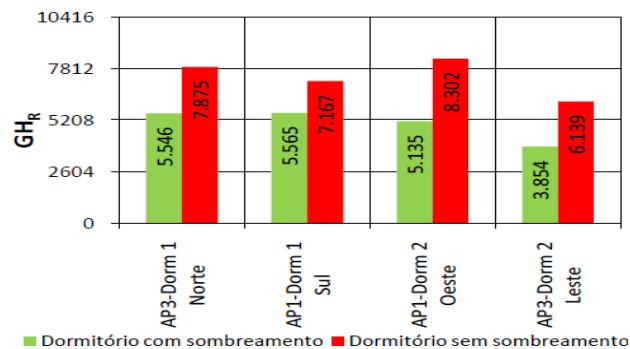
**Figura 6:** Desempenho dos dormitórios na SB-8.

Figura 7 - Desempenho dos dormitórios na ZB-8.

**Fonte:** Sorgato et. al (2011).

A partir desse levantamento bibliográfico, pode-se observar que o dispositivo de sombreamento na abertura, além de evitar ganhos de calor excessivo no ambiente, também pode reduzir o consumo de energia para refrigeração. Verifica-se, também, uma falta de informações acerca dos efeitos dos vários tipos de proteção solar sobre o comportamento da temperatura do ar interna, especialmente quando se considera o condicionamento passivo com ventilação natural. Portanto, o uso de dispositivos externos de sombreamento nas aberturas é um recurso importante para reduzir os ganhos solares; o dispositivo bloqueia a radiação solar antes de esta incidir na superfície envidraçada. Desta forma, evita o efeito estufa, o que não ocorre nos dispositivos internos de proteção.

## 2.4 TIPOLOGIA PREDOMINANTE

A tipologia predominante é considerada como um conjunto de características reduzidas de uma população de edificações e que represente a realidade construtiva. É necessário que se verifique como são as características que se relacionam ao consumo de energia e à eficiência energética, como e quais são os padrões de uso de equipamentos e de ocupação de uma edificação.

Segundo Lamberts et. al (2005), o número de pavimentos e a forma, ou as dimensões da edificação, são características básicas para a definição de um protótipo, devido a sua significativa influência no desempenho térmico da edificação. São características primárias que podem ser responsáveis pela definição de novos protótipos, caso sejam variadas em uma amostra. Afirma, também, que o percentual de janela na fachada tem elevada influência no consumo de energia, mas de forma secundária. Seu elevado impacto visual na paisagem urbana o torna importante na tipologia da edificação e o potencial de carga térmica, que pode penetrar em uma edificação através do vidro, o torna relevante na simulação de desempenho térmico.

De acordo com Carlo e Toccolini (2005), a tipologia predominante está baseada em características de mais de uma edificação, logo não está passível de ajustes e de calibração, mas visa representar essas características de uma amostra, mesmo que não exista relação com um modelo real. Uma tipologia predominante diferencia-se de um modelo real, quando este se baseia em uma edificação existente e atenta à reprodução do desempenho real da edificação.

No Brasil, existem pesquisas, a fim de caracterizar edificações com relação ao consumo de energia elétrica. Com esse objetivo, em Salvador (CARLO et al., 2003) e em Recife (CARLO et al. 2004), foram identificados, a configuração de variáveis arquitetônicas que influenciam no desempenho térmico e energético de edificações comerciais. Foram observadas: a forma da edificação, a altura, a percentagem de área de janela por fachada e a presença de elementos de sombreamento nas janelas.

As tipologias dessas edificações foram identificadas através de um levantamento fotográfico, que registrou 46 edificações comerciais e 46 edificações residenciais, em Salvador, e 100 edificações comerciais e 160 edificações residenciais em Recife. Em Salvador, a maior parte das edificações levantadas eram escritórios e, dentre estes, 74% tinham de 11 a 20 pavimentos e 82% apresentavam um mínimo de 20% e um máximo de 60% de área de janela nas fachadas. Já em Recife, percebe-se que 100% das lojas, das escolas e dos restaurantes fotografados têm menos de quatro pavimentos; 56% dos escritórios têm mais de 10 pavimentos, assim como 80% dos hotéis registrados. Já os hospitais e as clínicas são mais variados, mas com um percentual predominante, de 50%, em edificações menores ou iguais a quatro pavimentos.

Carlo e Toccolini (2005) definiram em seu estudo dois tipos de protótipos: os residenciais e os comerciais. Este último ainda foi dividido de acordo com a atividade que representa (escritórios, hotéis, restaurantes, supermercados, lojas, escolas e hospitais). Para verificar as características das edificações, foram realizados dois levantamentos: o levantamento fotográfico de edificações nas cidades de São Paulo e de Florianópolis e o levantamento *in loco* para identificação das características do interior da edificação. A amostra compreende 452 edificações.

Os resultados dos levantamentos indicaram a frequência de ocorrência de número de pavimentos, de forma, de atividade, de uso de energia, entre outros. Foram avaliadas as peculiaridades que estavam relacionadas às atividades exercidas nas edificações para compor os protótipos a serem simulados no programa EnergyPlus. Portanto, as simulações termo energéticas reproduzirão o consumo de energia das edificações e para posterior investigação das alterações perante elementos da envoltória.

Embora vários estudos tenham sido realizados com o objetivo de avaliar os parâmetros que estão relacionados ao consumo de energia, percebe-se a ausência de um

diagnóstico mais aprofundado da realidade construtiva de edificações do setor residencial com relação à eficiência energética. Muitas vezes, a falta de conhecimento e de consciência dos profissionais responsáveis promove escolhas projetuais inadequadas que não contribuem para a eficiência energética de seus projetos. Desta forma, este trabalho pretende servir como uma contribuição no estudo da influência das alterações dos parâmetros construtivos voltados para a proteção solar, a partir da caracterização de edifícios residenciais multipavimentos, sob a ótica do desempenho térmico e energético.

#### 2.4.1 O Programa Simulador

Ferramentas de simulação podem servir de suporte na aplicação de normas de eficiência energética e no projeto de edificações de alta eficiência. Para obtenção de bons resultados neste sentido, a prática de simulação deve estar incorporada na rotina de projeto dos escritórios de arquitetura e de engenharia (MENDES, 2005).

O uso de programas de simulação é importante para prever o desempenho energético e ambiental de edificações, orientando as decisões de projeto ou comprovando a eficiência e a análise custo/benefício dessas decisões (LAMBERTS et al., 1997). Através de simulações termo energéticas, é possível conhecer o comportamento de cada parâmetro construtivo e também abordar, de forma integrada, os sistemas naturais e artificiais de condicionamento e de iluminação, respondendo mais adequadamente às condicionantes do clima e da função do edifício.

Para o processo de simulação termo energética, o programa adotado foi o *DesignBuilder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE), o qual consiste numa ferramenta de simulação que combina as vantagens de uma interface gráfica intuitiva e acessível para projetistas e para consultores com os algoritmos validados do *EnergyPlus*. Apresenta inúmeras vantagens quanto à facilidade de modelagem em relação ao *EnergyPlus*. O programa permite respaldar decisões projetuais de novas edificações, bem como pode oferecer suporte a propostas de *retrofit* (VENÂNCIO, 2010).

Os principais usos da ferramenta são para cálculo da ventilação natural, predição da temperatura do ar e temperatura radiante média, cálculo do consumo energia e cálculo do desempenho térmico. Para esta pesquisa, utilizou-se dos resultados desses dois últimos elementos. A biblioteca do programa inclui bibliotecas pré-definidas de materiais e de construções, atividades e sistemas de iluminação e de climatização. Também é possível criar bibliotecas e predefinições personalizadas para serem utilizadas em outros arquivos.

A maioria dos programas computacionais para a análise do termo energética de edificações utiliza arquivos com dados climáticos e horários de um ano para representar a

influência do ambiente externo sobre a edificação. O arquivo climático utilizado na presente pesquisa foi o de João Pessoa, no formato TRY<sup>1</sup> (*Test Reference Year*).

## 2.5 NORMAS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CÓDIGOS DE OBRAS

A maioria das edificações brasileiras possui baixo desempenho energético, pois elas sempre receberam pouca (ou nenhuma) atenção quanto à eficiência energética. O intenso uso da energia elétrica com sistemas de climatização e de iluminação para atendimento das condições de conforto dos ocupantes é um dos principais aspectos observados. Em 2009, perspectivas de mudanças nesse cenário surgiram por iniciativa do Governo Federal, que instituiu a regulamentação necessária para a etiquetagem de eficiência energética de edificações, ampliando o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que, até então, abrangia somente máquinas e equipamentos.

Diante da necessidade e da demanda nos últimos anos por soluções arquitetônicas ditas mais sustentáveis, com melhor desempenho termoenergético, normas e incentivos vêm sendo criados; entre eles pode-se citar:

- ✓ A Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que se refere à Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia;
- ✓ A Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, NBR 15220:2005;
- ✓ O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RQT-C, aprovado em março de 2009;
- ✓ O Regulamento Técnico Da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais – RQT-R. aprovado em novembro de 2010.

A etiquetagem e a inspeção como mecanismos de avaliação da conformidade para classificação do nível de eficiência energética das edificações brasileiras é fruto de um processo que teve início nas ações emergenciais tomadas durante o racionamento de energia elétrica vivenciado nos anos 2000 e 2001. Com a aprovação da “Lei de Eficiência Energética” (Lei nº 10.295, de 17/10/2001), cuja tramitação no Congresso Nacional se iniciou em 1990, e do Decreto nº 4.059, de 19/12/2001, que a regulamenta, foi definida a criação de “níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas” e indicada, ainda, a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica”, visando estabelecer a obrigatoriedade dos níveis de eficiência, uma técnica de reconhecida eficácia para otimizar o uso de energia no País.

---

1

Base de dados climáticos com informações para as 8.760 horas de um ano típico de uma localidade, disponível no site Roriz Bioclimática – Conforto térmico e eficiência energética. (Atualizado em 29/11/2012).



A etiqueta para edificações foi lançada em caráter voluntário, visando a preparar o mercado da construção civil para assimilar, de forma gradativa, a inédita metodologia de classificação, mas deverá passar a ser obrigatória para as novas edificações em prazo a ser definido. Para cada requisito analisado, as classificações podem variar de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Ao término do processo de classificação, o edifício recebe uma etiqueta, que indica o nível final e os níveis parciais de cada requisito avaliado.

O primeiro a ser implantado foi o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Ele fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas: Envolória; Iluminação; Condicionamento de ar. Para avaliação nos três requisitos solicitados, foram determinadas as seguintes proporções: para a envoltória e a iluminação, peso de 30% cada um, e para o sistema de condicionamento de ar, peso de 40% (BRASIL, 2007). Para obter a classificação geral do edifício, os requisitos são avaliados separadamente e, conforme o peso de cada um chega-se à pontuação final.

O RTQ-C é destinado a edificações comerciais, de serviços e públicas, condicionadas no todo ou em parte, artificial ou naturalmente, com área útil superior a 500 m<sup>2</sup> ou atendidas por tensão igual ou superior a 2,3 kV (grupo tarifário A). Essa restrição da regulamentação exclui parte dos empreendimentos de micro e de pequeno porte, apesar de a metodologia de cálculo do nível de eficiência energética desenvolvida ser aplicável a todos os tipos e tamanhos de edificações.

Posteriormente, foi desenvolvido um regulamento para o setor residencial, o RTQ-R, que especifica requisitos técnicos, bem como métodos para classificação da eficiência energética para edificações residenciais. A avaliação está dividida em três partes: (1) unidades autônomas, que compreendem as edificações unifamiliares e unidades autônomas de edificações multifamiliares (2), edificações multifamiliares e (3), área de uso comum de condomínios residenciais.

Para a avaliação de unidades habitacionais autônomas e edificações unifamiliares, a avaliação da eficiência da envoltória pode ser realizada através do método prescritivo (no qual são utilizadas equações de acordo com a Zona Bioclimática) ou através de simulação termoenergética. A avaliação dos sistemas de aquecimento de água é realizada através de método prescritivo, com exceção para sistemas de aquecimento solar, que podem ser avaliados, também, através de simulação. Áreas de uso comum são avaliadas através de método prescritivo.

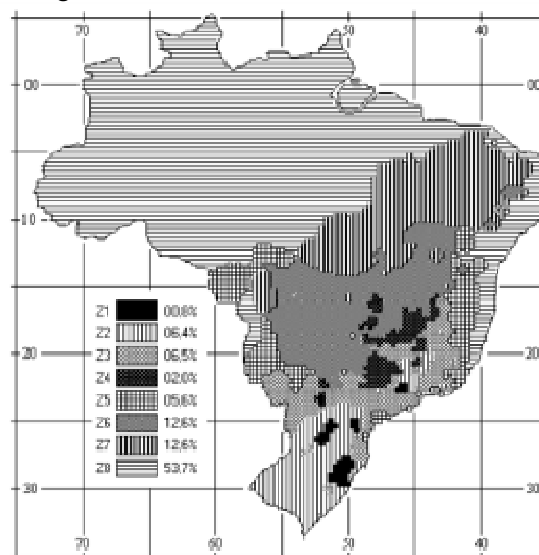
Para promover o projeto de edificações e de sistemas mais eficientes, o país necessita de normas para regularização do setor. A aplicação dessas normas será possível mediante a utilização de programas de simulação para determinar indicadores de consumo e analisar projetos submetidos aos critérios de avaliação.

Mendes (2005) reforça a ideia de que, com o desenvolvimento de legislação que estabeleça padrões de eficiência energética para edificações no Brasil, há tendência para o desenvolvimento de ferramentas computacionais de apoio à norma. Programas deverão ser desenvolvidos e adaptados para atender às etapas de projeto arquitetônico, elétrico e de ar condicionado, além de permitir análise de alternativas de *retrofit* e de comissionamento das medidas projetadas por meio de simulação. Diferentes níveis de eficiência energética e custos de construção poderão ser analisados através de simulação computacional e servir de apoio na tomada de decisão.

Em 2005, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou a NBR-15220, a primeira norma relacionada ao desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. Esta é dividida em cinco partes que abordam basicamente: os métodos para o cálculo de propriedades termofísicas de elementos e de componentes da edificação, o zoneamento bioclimático brasileiro com as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, bem como, dois métodos para medição da resistência térmica e condutividade térmica de materiais construtivos.

Na parte 3 da NBR-15220, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e em condições de conforto para habitações de interesse social. A norma propôs a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que aperfeiçoam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. A cidade de João Pessoa, local onde está inserida esta pesquisa, dentro desse zoneamento bioclimático, está localizada na zona 8 (Figura 7).

**Figura 7:** Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: 15220-3 (ABNT, 2005).

Dentre as recomendações definidas pela Norma de Desempenho Térmico NBR 15.220-3 para a zona 8, destaca-se as diretrizes para aberturas, sombreamento e vedações externas (Tabelas 2, 3 e 4).

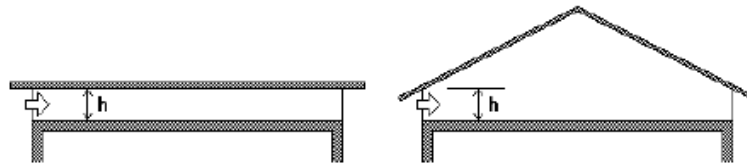
**Tabela 2:** Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

**Tabela 3:** Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 8 - abertura em beiras (h), para ventilação do ático.

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve refletora
Notas: 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) contêm aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver figura 18), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

**Tabela 4:** Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 8.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada permanente  Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes.

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

No anexo C da norma, encontram-se recomendações e diretrizes construtivas direcionadas a todas as zonas para adequação da edificação ao clima local. A Tabela 5 apresenta as diretrizes construtivas relativas às aberturas para ventilação. A Tabela 6 relaciona as diretrizes construtivas relativas à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas (Tabela 5 e 6).

**Tabela 5:** Aberturas para ventilação.

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

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

**Tabela 6:** Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

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

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

A partir da NBR 15220-2, conclui-se que, para a cidade de João Pessoa (Zona bioclimática 8), as estratégias de condicionamento passivo para as edificações consistem no uso da ventilação cruzada (atentando para a direção dos ventos predominantes da região e do entorno), assim como, no uso de dispositivos de sombreamento nas aberturas.

Outra norma que entrou em vigor no presente ano no Brasil foi a NBR 15575 Edificações Habitacionais — Desempenho. Essa norma consiste em uma iniciativa no âmbito do conforto ambiental que estabelece critérios de desempenho térmico, acústico e lumínico. A norma é dividida em seis partes, a saber:

- a) Parte 1: Requisitos gerais;
- b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- e) Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrosanitários.

No procedimento de simulação do desempenho térmico, podem ser consideradas condições de ventilação e de sombreamento, conforme NBR 15575-1. No caso da ventilação, pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de 1ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”, com taxa de 5ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora do ambiente *sala* ou *dormitório*. No caso do sombreamento das aberturas, pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente *sala* ou *dormitório*.

Para o requisito: adequação de paredes externas, a norma determina que a transmitância térmica e a capacidade térmica devem proporcionar pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido na Tabela 1 para cada zona bioclimática estabelecida na ABNT NBR 15220-3. Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Transmitância térmica de parede externas.

Transmitância Térmica U W/m <sup>2</sup> .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α <sup>*</sup> ≤ 0,6	α <sup>*</sup> > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
* α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

A parte 4 da norma dispõe sobre NBR 15575-4: Sistemas de vedações verticais externas e internas e estabelece alguns critérios em relação ao tamanho das esquadrias e sua proteção solar. Para o requisito aberturas para ventilação, a norma estabelece que: apresentar aberturas, nas fachadas das habitações, com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios. Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica do local da obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros. Quando não houver exigências de ordem legal para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Tabela 8.

**Tabela 8:** Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área de piso	A ≥ 12 % da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL A ≥ 8 % da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

Observa-se muitas iniciativas, tanto do ponto de vista dos construtores, quanto dos arquitetos e dos engenheiros, no sentido de se adequar a essa nova norma. Muitos seminários estão acontecendo, no intuito de esclarecer e de divulgar essas novas diretrizes. Portanto, essa norma configura-se como um grande avanço no âmbito do desempenho de edificações.

No contexto da legislação municipal, em sua maioria, os planos diretores e o Código de Obras/Edificações vigentes mantêm seus enfoques tradicionais, sem incorporar aspectos essenciais, como os climáticos e os topográficos e, tampouco, os energéticos ou os ambientais.

Alguns códigos nacionais já avançaram bastante nesse contexto; um exemplo é o Código de Edificações de Porto Alegre-PR (2001), que possui tópicos que determinam requisitos de iluminação e de ventilação natural. O Capítulo 1 do Título X, referente à iluminação e à ventilação, determina que:

Art. 96 - § 1º – Os vãos, quando dotados de esquadrias, deverão permitir a renovação do ar, em pelo menos 50% da área mínima exigida;

Art. 96 - § 2º – A área das aberturas destinadas à ventilação em qualquer compartimento não poderá ser inferior a 0,40m<sup>2</sup>;

Art. 99 – Os vãos de iluminação e ventilação deverão ter proteção térmica e luminosa nos compartimentos principais, quando com área superior a 40% da parede onde estiverem localizados e, obrigatoriamente, quando destinados a dormitórios;

Art. 99 - § 1º – Para efeitos deste artigo consideram-se como proteção térmica e luminosa as gelosias, venezianas, sacadas, quebra-sóis, toldos, marquises, beirais e assemelhados;

Art. 99 - § 2º – Nos dormitórios é obrigatório o uso de proteção externa às vidraças tais como venezianas, gelosias ou similares.

No Código de Obras do município de João Pessoa (2001), cidade onde está inserida a presente pesquisa, pouco é cobrado no âmbito do conforto térmico. O enfoque principal concentra-se nas diretrizes voltadas para o dimensionamento dos ambientes. Ao analisar os parâmetros do código, convém destacar os seguintes tópicos:

✓ Art. 1680, item 2.0 - Para salas e dormitórios, o Código estabelece que “Todos os dormitórios: deverão ter aberturas exteriores providas de venezianas ou de dispositivos próprios para assegurar a renovação de ar, provocando uma viração.”;

✓ Art. 1700, § IV - Para os compartimentos de serviços, ele estabelece que “as esquadrias utilizadas deverão ser de modo que, mesmo fechadas, seja garantida a ventilação permanente”;

✓ Art. 1870 - No âmbito de áreas livres de iluminação e de ventilação, o Código estabelece que: “Salvo exceção Expressa, todo o compartimento deverá abrir o exterior da edificação, com dispositivo que assegure a renovação permanente do ar”. Determina, também, que: “Não se considerará como abrindo para o exterior a única abertura de compartimento que dê para varanda, alpendre, área de serviço, etc., com profundidade superior a 2,5 cm (dois metros e cinquenta centímetros)”.

Por fim, o Art. 1890 estabelece que a superfície das aberturas para o exterior deverá obedecer as seguintes áreas relativas mínimas:

- a) 1/6 de superfície do piso para compartimento de permanência prolongada;
- b) 1/10 da superfície do piso para os compartimentos de utilização eventual.

Nesse sentido, observa-se que o Código de Obras do município de João Pessoa no âmbito do conforto ambiental possui pouco a contribuir. Observa-se principalmente a falta exigências voltadas para a utilização de dispositivos de proteção solar nas aberturas. Vale ressaltar o inciso 2º do Art. 99 do Código de Porto Alegre, onde ele estabelece a

obrigatoriedade do uso de dispositivos de proteção solar em dormitórios. Um exemplo a ser seguido principalmente em regiões com grandes índices de radiação solar, como o caso do município de João Pessoa-PB.

## **2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

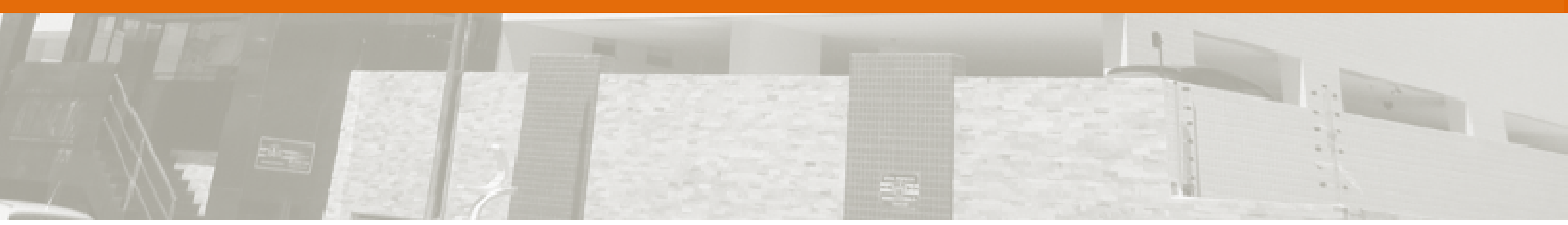
A revisão bibliográfica relacionada ao tema foi abordada de forma que abrangesse os aspectos que deram embasamento para este presente trabalho. Tratou-se do conceito de eficiência energética, das análises de edificações sob a ótica de seu desempenho térmico e do consumo de energia, da importância do sombreamento e das normas e das leis voltadas para a eficiência energética de edificações.

A definição de uma tipologia predominante foi apresentada como uma maneira de simplificar a entrada de dados para as simulações computacionais. A simulação em edifícios foi destacada como sendo uma maneira eficaz de se avaliar o comportamento das edificações sob a ótica de diversas variáveis.

No capítulo seguinte, será apresentada a metodologia utilizada para a definição da tipologia predominante, para a realização das simulações, bem como para o tratamento dos dados encontrados.



### 3. Metodologia





### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, encontra-se a metodologia adotada para o desenvolvimento do presente trabalho. Fundamentou-se na análise da influência das características construtivas da envoltória, assim como no sombreamento provocado pelos elementos de proteção solar e pelo entorno em edifícios residenciais com mais de cinco pavimentos localizados no bairro de Manaíra, município de João Pessoa-PB. Tem como objeto de avaliação um modelo desenvolvido a partir de levantamento documental e de observações das tipologias correntes dos empreendimentos implantados na cidade. Desta forma, a presente pesquisa foi desenvolvida obedecendo aos seguintes procedimentos metodológicos (Figura 8).

**1ª Etapa:** Pesquisa bibliográfica a respeito da temática arquitetura bioclimática, sombreamento, desempenho térmico e eficiência energética, juntamente com a pesquisa de trabalhos correlatos. Paralelamente, foi feito um levantamento de dados junto ao órgão municipal competente (Prefeitura Municipal de João Pessoa) do projeto legal de 25 edificações verticais residenciais com mais de cinco pavimentos localizadas no recorte urbano escolhido. Esse levantamento foi complementado com informações coletadas em visitas *in loco*, onde foi feito, também, o registro fotográfico. De posse desses dados, foi elaborado um mapeamento e a catalogação em fichas descritivas dessas edificações, visando à identificação das características de construção mais recorrentes para definição de uma tipologia predominante.

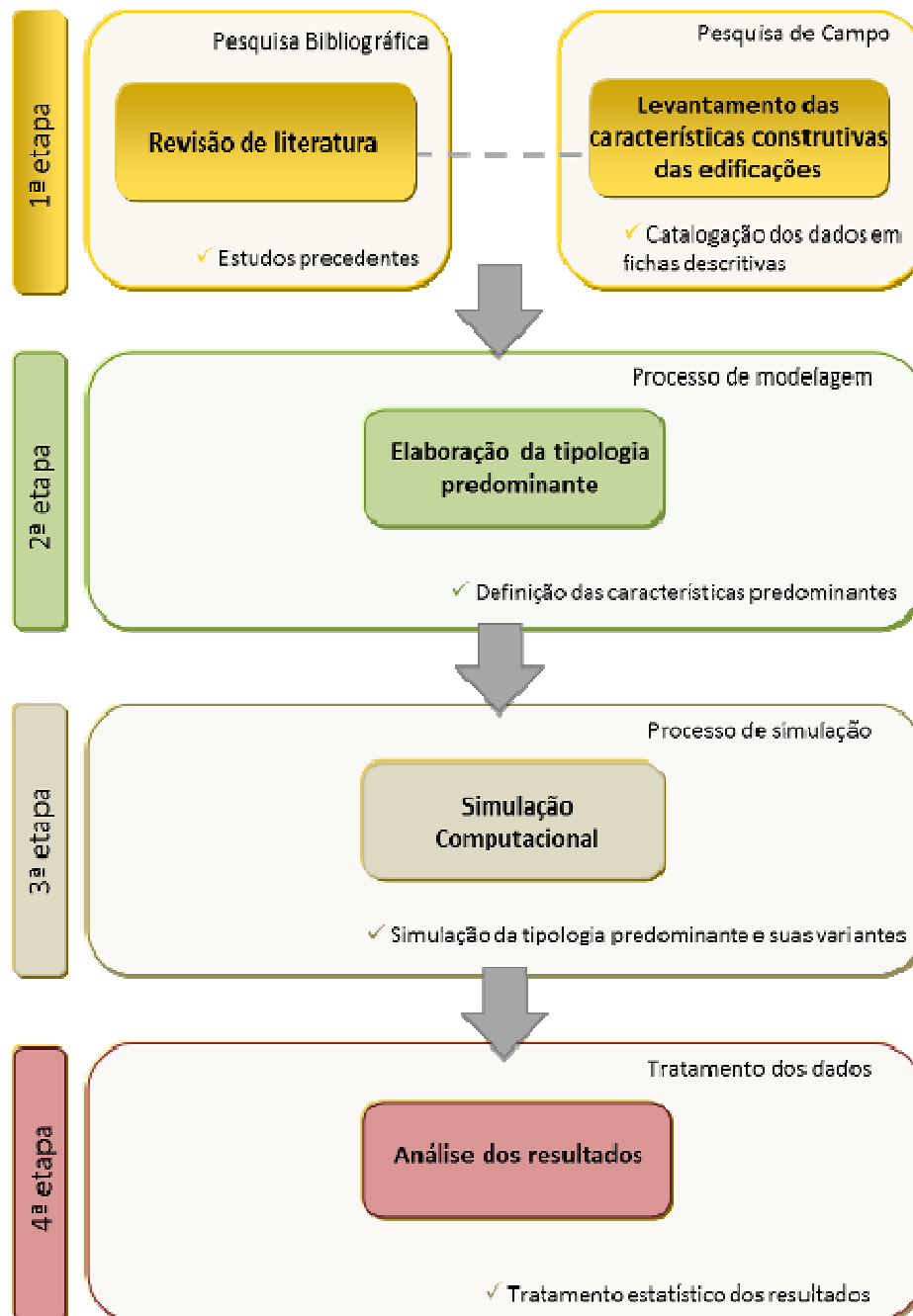
**2ª Etapa:** Esta etapa refere-se à elaboração de um modelo que será chamado de Tipologia Predominante, desenvolvido a partir de observações em tipologias correntes, definidos a partir de levantamento documental e pesquisa de campo dos empreendimentos implantados na área de estudo. Esse modelo será objeto de avaliação na etapa seguinte, onde serão realizadas análises paramétricas, visando a comparação do seu desempenho termoenergético em face de alguns parâmetros propostos, através de simulações computacionais, utilizando o programa *DesignBuilder*. Para a elaboração do modelo mais recorrente de edificações residenciais verticais no recorte urbano estudado, foram analisadas diversas características construtivas das edificações, tais como: forma, proporção e área da edificação, número de pavimentos, pé-esquerdo, proporção entre área de aberturas e paredes nas fachadas e presença de elementos de proteção solar, coeficiente de absorção, entre outros.

**3ª Etapa:** Após a definição da tipologia predominante, a partir da inserção de variações no modelo base, outras tipologias são geradas, com variações no tipo de proteção solar, no coeficiente de absorção e na configuração do entorno (cenários urbanos). Com os

modelos gerados podem-se realizar as simulações computacionais, com a finalidade de analisar o desempenho térmico e energético da tipologia predominante e suas variações.

**4ª Etapa:** Por fim, são feitas as análises, dos resultados obtidos com as simulações, através de testes estatísticos e estabelecendo uma comparação entre os modelos propostos. As variáveis analisadas são: o desempenho térmico (temperatura do ar, ganhos solares pelas janelas e pelas paredes) e o desempenho energético (consumo de energia para refrigeração).

**Figura 8:** Resumo da metodologia adotada.



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2013

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de João Pessoa é a capital do Estado da Paraíba e está localizada na região Nordeste do Brasil, à 7°03" de latitude ao sul do Equador e 34°47" de longitude a oeste do Meridiano de Greenwich.

Climaticamente, João Pessoa apresenta características de clima tropical quente e úmido, com destaque para a intensa radiação solar ao longo do ano. A cidade apresenta altas temperaturas (média anual em torno de 25 °C). Devido à proximidade de grandes massas de água, a umidade relativa do ar é elevada, alcançando, muitas vezes, a faixa de 90% (HERTZ, 1998).

Em climas quentes e úmidos, como é o caso da cidade de João Pessoa, potencializar a ventilação natural, associada à proteção solar, é uma estratégia bioclimática para projetos eficientes e que possibilita o alcance do conforto térmico dos usuários por meios passivos.

**Figura 9:** Mapa com a caracterização da área de estudo.



Fonte: Google imagens

O recorte urbano escolhido para a presente pesquisa abrange o bairro de Manaíra, o qual está localizado na região leste do município e apresenta densidade bruta entre 43 e 70 hab/ha e predominância de edificações residenciais (MOREIRA, 2004).

Ocorre que, nos últimos anos, tem-se observado uma tendência da substituição do padrão horizontal das edificações (casas) por um padrão vertical (edifícios), em especial, na região litorânea e na Zona Sul do município, devido, especialmente, à excessiva valorização do solo urbano nestes setores. Juntamente com a expansão urbana. Ademais, uma concentração populacional e, conseqüentemente, uma maior demanda por serviços, como abastecimento de água e saneamento básico.

De acordo com Moreira (2004), essa área tem sido objeto de grandes investimentos públicos e privados, que tem contribuído para a alteração da paisagem e para uma intensificação dos usos. Os reflexos da verticalização excessiva pode ser percebida nas alterações da ventilação intra-urbana e no congestionamento do sistema viário.

**Figura 10:** Imagem aérea do bairro de Manaíra - verticalização



Fonte: www.caciomurilo.com.br.

De acordo com o Código de Obras de João Pessoa, a área em estudo está classificada como Zona Residencial 1 (ZR1). Como a amostra escolhida para a pesquisa abrange edifícios com mais de 5 pavimentos, foi considerado para a implantação da tipologia predominante o uso R6, o qual não possui limite de altura para o edifício; essa altura é limitada pelos afastamentos dentro do lote (Figura 11).

**Figura 11:** Diretrizes construtivas para Zona residencial

USOS PERMITIDOS	LOTE (*)		EDIFICAÇÃO (A)				
	ÁREA MÍNIMA	FRENTE MÍNIMA	OCUPAÇÃO MÁXIMA	ALTURA MÁXIMA (B)	AFASTAMENTOS		
					FRENTE	LATERAL	FUNDOS
R1	380,00	12,00	50	-	5,00	1,50	3,00
R2 (1)	450,00	15,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
R3	-	-	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
R4	CONDOMÍNIO HORIZONTAL VER ANEXO 03						
R5 (2)	600,00	15,00	40	PL+ 4PV+CB	5,00	4,00	4,00
R5	600,00	15,00	35	4 PV	5,00	4,00	4,00
R6	900,00	20,00	30	-	5,00	4+(h/10)	4+(h/10)
R8 (3)	360,00	12,00	55	PL+ 3PV ou 3 PV	5,00	1,50	3,00
CL=SL(4)	380,00	12,00	50	3 PV	5,00	1,50	3,00
CB=SB	450,00	15,00	50	3 PV	5,00	2,00	3,00
IL	600,00	15,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00
IPP (5)	380,00	12,00	50	2 PV	5,00	1,50	3,00

Fonte: Código de Obras de João Pessoa.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

A coleta de dados foi realizada junto à Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de João Pessoa (SEPLAN). A primeira etapa do trabalho foi a obtenção do número total de edifícios residenciais situados no bairro de Manaíra, com mais de cinco pavimentos e com data de Habite-se<sup>2</sup> a partir de 2000. Esta restrição foi estabelecida para que a tipologia predominante caracterize a tendência atual da construção civil para a área, edifícios cada vez mais altos. A obtenção destas informações foi possível com o auxílio da SEPLAN através do seu arquivo central, que disponibilizou o acesso aos projetos arquitetônicos legais da amostra escolhida para pesquisa.

Obteve-se, no total, um número de 230 edificações residenciais acima de cinco pavimentos no bairro de Manaíra (Figura 13). A partir deste número, estabeleceu-se um recorte que representasse as características dessas construções. Portanto, foi estabelecido um recorte de 10% desse quantitativo, totalizando um levantamento de 25 edificações.

As informações necessárias para realização das análises foram obtidas a partir do projeto legal<sup>3</sup> (contendo plantas, cortes e fachadas).

No total, foram analisados vinte e cinco edifícios residenciais escolhidos aleatoriamente. Esses dados foram mapeados e organizados em fichas descritivas; o modelo destas está apresentado na Figura 14. Todas as fichas dos 25 edifícios encontram-se no Apêndice A. A partir desse levantamento, juntamente com o levantamento fotográfico *in loco*, foi possível identificar a frequência de ocorrência das variáveis necessárias para a construção da tipologia predominante. As características levantadas estão mostradas na Figura 12:

---

<sup>2</sup>

Habite-se: certidão que autoriza o imóvel recém-construído ou reformado a ser ocupado.

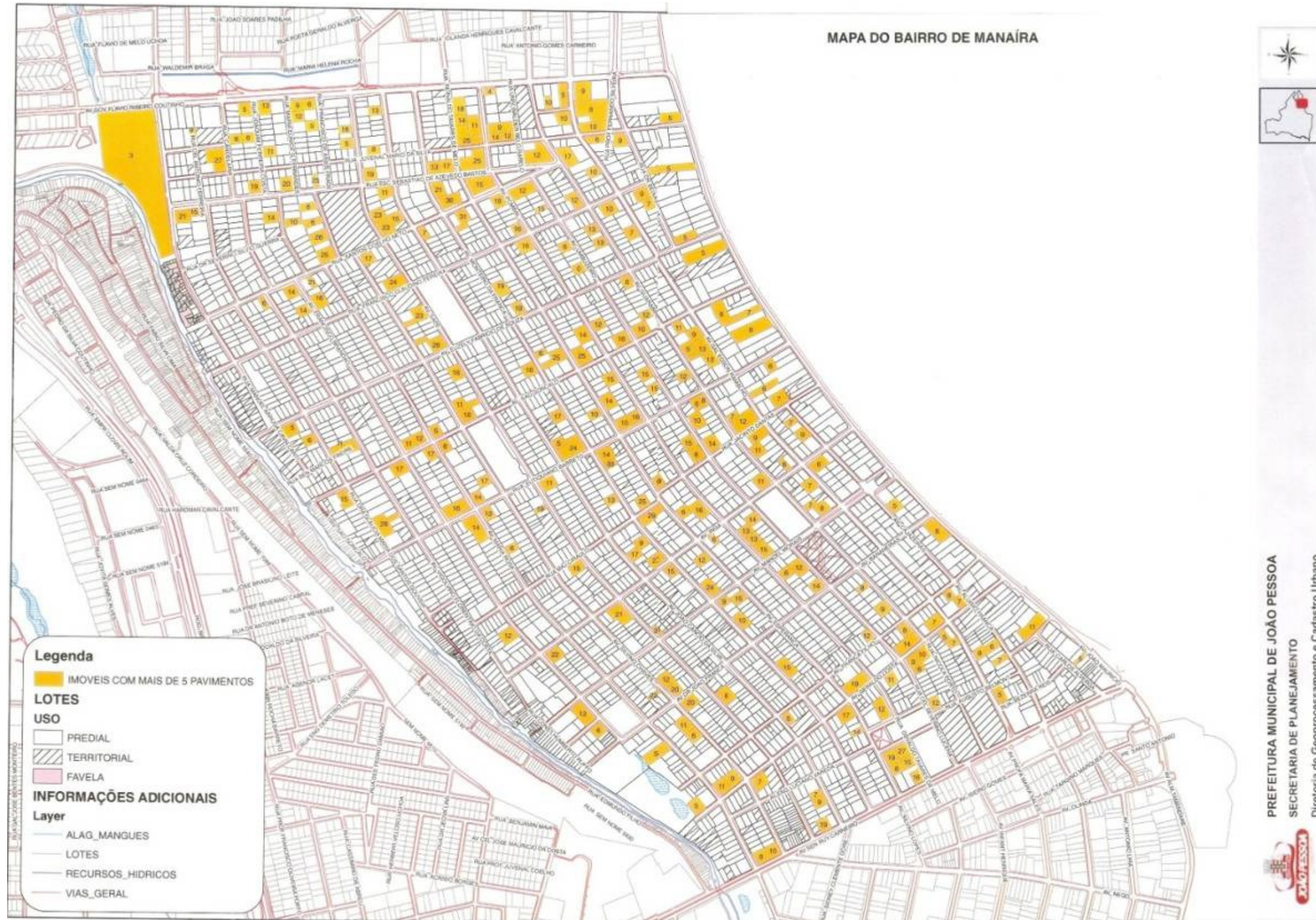
<sup>3</sup> Projeto Legal: projeto que marca com precisão as formas, a localização, as dimensões e as relações entre os elementos de um projeto.

**Figura 12:** Diagrama das características obtidas no levantamento.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE OU TIPO
Data do Habite-se	Número
Tipologia do terreno	Retangular/ Quadrangular/ Irregular
Tipologia da edificação	Retangular/ Quadrangular/ Irregular
Nº de pavimentos	Número
Nº de pavimentos tipo	Número
Nº apto por andar	Número
Pé-esquerdo	Metro (m)
Área total construída	M <sup>2</sup>
Área do apartamento	M <sup>2</sup>
Percentual de área de janela na fachada (PJF)	%
Percentual de área de parede na fachada (PJP)	%
Percentual de área de esquadria sombreada	%
Percentual de área de parede sombreada	%

Fonte: Elaborado pela autora, 2013

Figura 13: Mapa do bairro de Manaíra com destaque para as edificações com mais de 5 pavimentos.



Fonte: PMJP, 2012.

**Figura 14:** Exemplo de uma das fichas descritiva aplicada às edificações da amostra.

FICHA 25: RESIDENCIAL GOLDEN PALACE							
Endereço: Av. Monteiro da Franca, nº 954							
LOCALIZAÇÃO	Planta de Localização						
							
ARQUITETURA	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2009			
	Tipologia do Terreno: Retangular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 13			Número de apartamentos por andar: 02			
	Número de Pavimentos Tipo: 10			Pé-esquerdo (m): 2.70			
	Área total construída (m²): 3.353,20			Área de cada apartamento (m²): 168,97			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Branco / Vidro liso 4mm Esverdeado							
FACHADAS		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	28.90	35.10	30.45	69.55	BRANCO
	2	SUDESTE	14.20	35.10	8.45	91.55	BEGE
	3	SUDOESTE	28.90	35.10	10.97	89.03	BRANCO
	4	NOROESTE	14.20	35.10	8.45	91.55	BEGE
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas. Detalhe na volumetria da fachada 1						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m	< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m
	1	23.23	0.00	56.56	11.94	0.00	26.97
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fonte: Elaborado pela autora, 2013

### 3.3 DEFINIÇÃO DA TIPOLOGIA PREDOMINANTE

O protótipo, por ser baseado em mais de uma edificação, não está passível de ajustes e de calibração como o modelo real, mas visa representar as características mais comuns de uma amostra ou grupo, mesmo que não exista uma edificação que possa ser diretamente relacionada com o protótipo.

Após a tabulação de dados quantitativos e qualitativos obtidos na pesquisa de campo, pôde-se formular uma edificação típica (tipologia predominante) que, apesar de não



existir no universo da pesquisa, reúne as características mais frequentes encontradas nos 25 edifícios levantados.

A tipologia predominante foi definida como caso base das simulações computacionais. A partir do caso base, modificaram-se determinados parâmetros para avaliar a sua influência no desempenho termoenergético em edifícios residenciais multipavimentos e, assim, podendo determinar os mais adequados ao clima de João Pessoa.

O conjunto de variáveis que pôde ser obtido dos levantamentos é composto por: tipologia do terreno e da edificação; área dos apartamentos tipo; número de apartamentos por andar; número de pavimentos e número de pavimentos tipo; orientação das fachadas; percentual de área de janela e de parede nas fachadas; elementos de proteção solar e características construtivas gerais (estrutura, laje, paredes, revestimentos, cor e vidros). Para o caso base e para suas respectivas variações, as áreas correspondentes à circulação horizontal e vertical da edificação foram desconsideradas. O método empregado para a definição da tipologia predominante está descrito nos tópicos a seguir.

### **3.3.1 Forma, Proporção e Área**

Com relação à forma, tanto o terreno, quanto as edificações foram classificadas em retangulares, quadradas e irregulares, através da aproximação do formato das plantas dos terrenos e dos edifícios com as geometrias citadas. Quando a forma da edificação não apresentar semelhança com nenhuma forma geométrica, esta será classificada em irregular. A forma que obteve maior ocorrência foi adquirida para o modelo da tipologia predominante.

O levantamento de dados realizado na PMJP forneceu dados de medidas das edificações. Assim, tornou-se conhecida a área de cada edificação, bem como as áreas de cada pavimento e as áreas dos apartamentos tipo, portanto, induzindo à proporção do edifício. Foi analisada a frequência de ocorrência das proporções dos edifícios da forma mais encontrada na amostra. A partir da proporção que representou a amostra, juntamente com a área da edificação, foram definidas as dimensões de largura e a profundidade.

### **3.3.2 Número de Pavimentos e Pavimentos Tipo**

Foi realizado o levantamento de edifícios residenciais multipavimentos que possuem, no mínimo, cinco pavimentos. Definida a amostra, foi analisada a frequência de ocorrência de pavimentos e de pavimentos tipo. Para este trabalho, o foco de interesse é o número de pavimentos tipo.

### 3.3.3 Percentual de Área de Janela na Fachada (PJF) e Área de Parede na Fachada (PPF)

Foram levantados os PJFs por faixas de percentagem, de 0 a 10%, de 10,1% a 20%, 20,1% a 30% e 30,1% a 40%. Estes costumam ser diferenciados para cada fachada da edificação, o que induz ao uso de PJFs diferentes para cada fachada na simulação.

As dimensões das janelas por orientação e por ambientes também foram levantadas, de modo a obter as dimensões mais recorrentes na amostra.

O percentual de parede por fachada também foi encontrado e classificado por faixas de percentagem, assim como no PJF.

### 3.3.4 Orientação das Fachadas

A orientação das fachadas foi obtida através do levantamento das plantas de localização da edificação fornecida pela PMJP, juntamente com a observação *in loco*. A definição da orientação solar foi realizada a partir da análise da frequência de ocorrência das orientações das fachadas principais e das orientações das demais fachadas.

Para efeito de classificação, adotaram-se os seguintes parâmetros: fachada principal: consiste naquela que apresenta a maior área de janela na fachada (PJF); fachada posterior: oposta à principal. As demais serão denominadas fachadas laterais.

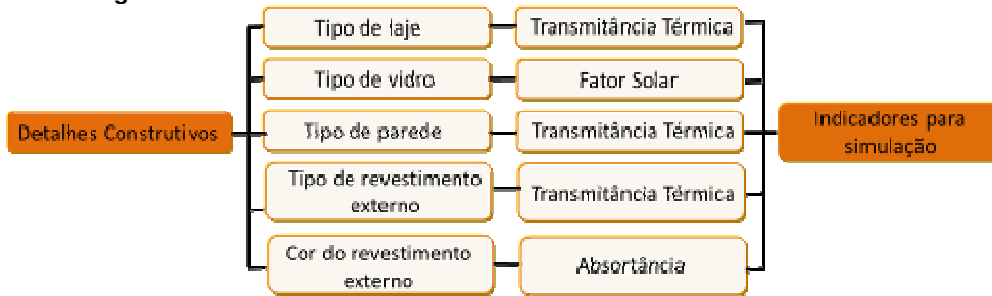
### 3.3.5 Elementos de Proteção Solar

Todos os elementos da fachada, dos edifícios em análise, que atuam como elementos de sombreamento das aberturas, ou partes desta, foram considerados para este estudo e denominados como elementos de proteção solar. Esses elementos foram classificados de acordo com as dimensões no eixo horizontal (largura ou profundidade da proteção) e o eixo vertical (extensão ou comprimento da proteção).

### 3.3.6 Características Construtivas Gerais

A partir do levantamento de dados junto à PMJP, foi possível identificar o tipo predominante: de estrutura, de laje, de parede, das cores dos revestimentos externos, das esquadrias e dos vidros.

Para a análise das cores dos edifícios, foram utilizados os dados fornecidos na pesquisa de Leal (2013), que adotou o método de classificação das refletâncias das fachadas externas através da tabela de cores CIBSE (2001).

**Figura 15:** Indicadores obtidos dos levantamentos dos detalhes construtivos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013

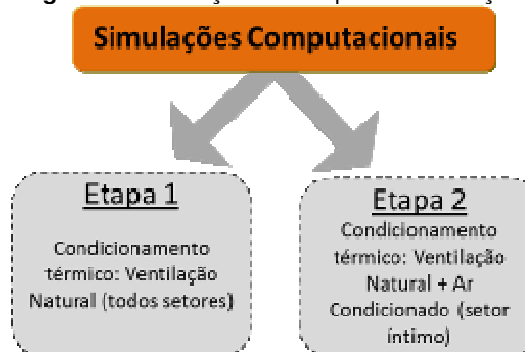
Todos esses dados citados anteriormente constituem a tipologia predominante que será apresentada nos resultados, no Capítulo 4.

### 3.4 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Para o presente trabalho, as simulações computacionais foram utilizadas para a avaliação da influência de alguns parâmetros construtivos no desempenho térmico e energético de edifícios residenciais multipavimentos, localizados no bairro de Manaíra, município de João Pessoa/PB. O programa utilizado foi o DesignBuilder e, para os dados de entrada no programa de simulação, foram utilizadas as informações obtidas nos levantamentos, como também o arquivo climático da cidade de João Pessoa-PB.

Os parâmetros construtivos testados nas simulações foram dispositivos de proteção solar, entorno e absortância das paredes externas, variando-se, um parâmetro por vez, e preservando as demais características do modelo de referência.

A primeira etapa das simulações considerou todas as zonas ventiladas naturalmente. Na segunda, foi utilizado o ar condicionado no setor íntimo dos apartamentos, com rotina de acionamento das 22h às 06h. Durante o dia, utilizou-se a ventilação natural (Figura 16).

**Figura 16:** Descrição das etapas de simulação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013

Os dados de saída das simulações corresponderam a um período de um ano. Para a avaliação do desempenho térmico, foram avaliados os dados nos horários do ano todo. Para a análise do consumo energético, além dos dados horários de todo o ano, também foi avaliado o consumo médio de cada mês e o consumo médio anual.

### **3.4.1 Simulação da Tipologia Predominante**

As simulações foram iniciadas com o caso base que, neste trabalho, é denominado tipologia predominante. Esta se constitui de características construtivas e funcionais de edificações residenciais multipavimentos localizadas no bairro de Manaíra e serve como referência para comparações dos resultados das simulações das alterações realizadas.

A descrição das características que compuseram a tipologia predominante faz parte do resultado dos levantamentos descritos na metodologia, portanto, está composta no tópico do Capítulo 3.4 de definição da tipologia predominante.

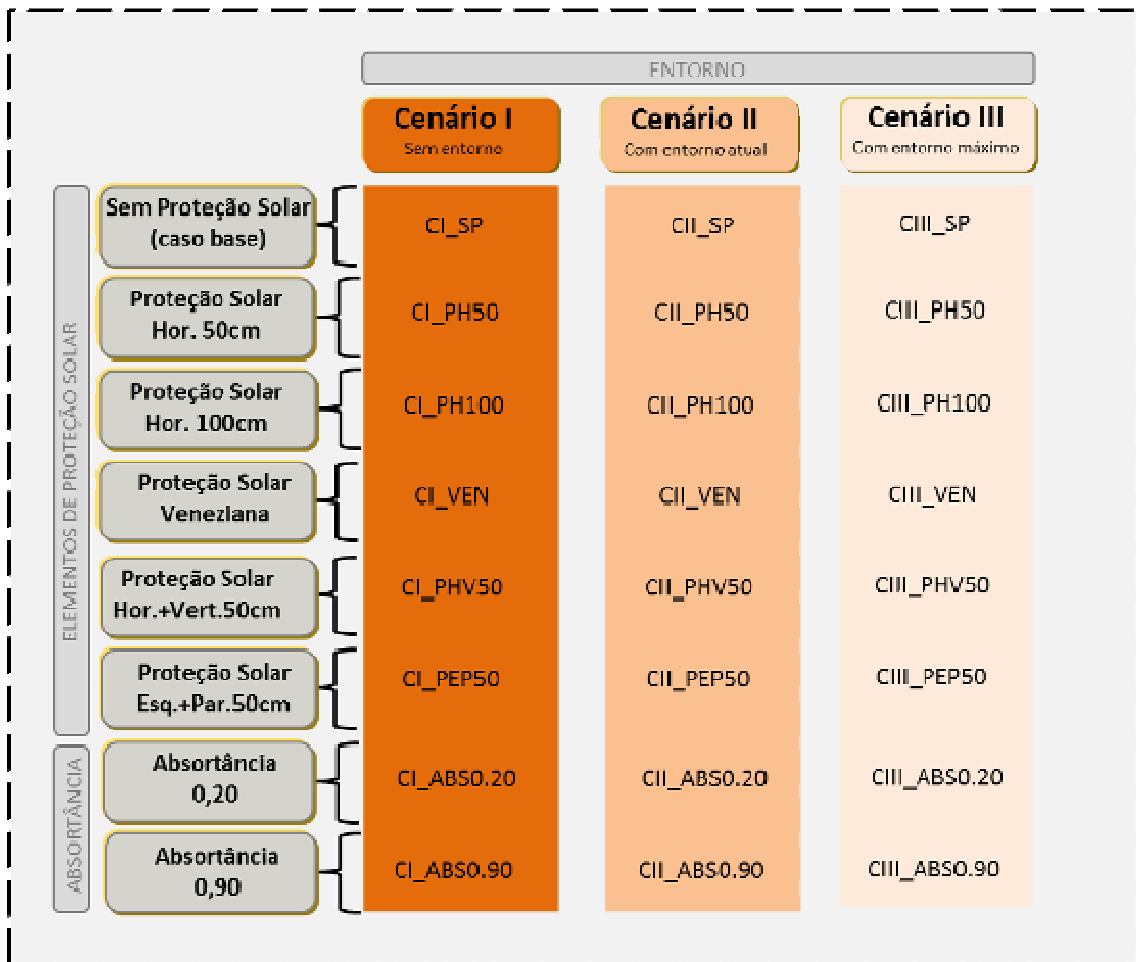
### **3.4.2 Variações da Tipologia Predominante**

A simulação das alterações da tipologia predominante tem a finalidade de avaliar a influência de parâmetros construtivos no desempenho térmico e no consumo de energia. Diante dos resultados obtidos, pode-se estabelecer quais parâmetros são mais adequados para os edifícios residenciais multipavimentos localizados no clima de João Pessoa/PB.

A partir da tipologia predominante, foram iniciadas as simulações, sendo, em seguida, realizadas novas simulações, variando os parâmetros: o arranjo construtivo (entorno), as proteções solares e a absorvância. Tais variações foram realizadas uma a uma, isoladamente, de maneira a confrontar os resultados obtidos com os da tipologia predominante e de forma a identificar a influência de cada uma delas nos resultados do desempenho termoenergético da edificação simulada. Os parâmetros considerados adotados estão relacionados a seguir, com suas respectivas variações.

Com a intenção de facilitar a compreensão e de evitar a repetição de nomenclaturas extensas ao longo do texto, foram estabelecidas abreviaturas que representam cada modelo simulado. (Figura 17).

Figura 17: Descrição da nomenclatura dos modelos ao variar o entorno, a proteção solar e a absortância.

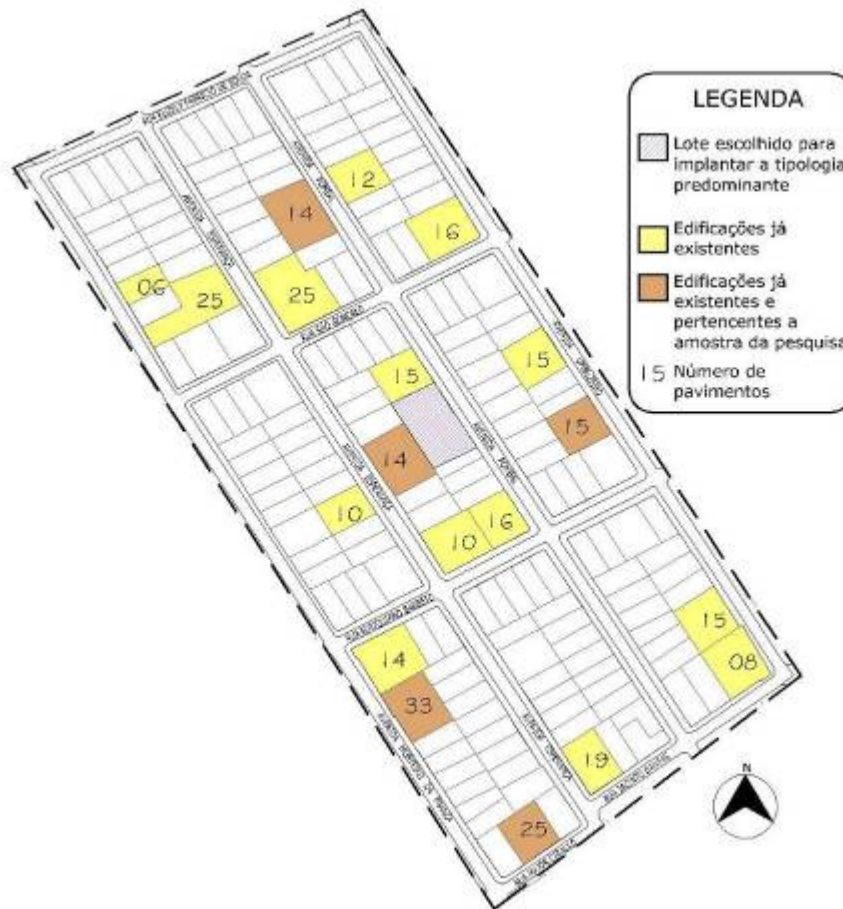


Fonte: Elaborado pela autora, 2013

### 3.4.2.1 Entorno

Para a análise da influência do entorno, foi definido um recorte urbano dentro do bairro, abrangendo nove quadras, nas quais se observa uma forte presença de edifícios com mais de cinco pavimentos. Desta forma, a tipologia predominante foi implantada em uma dessas quadras, seguindo as diretrizes do Código de Obras de João Pessoa para edificações de uso R6 e considerando as edificações já existentes nessa área (Figura 18).

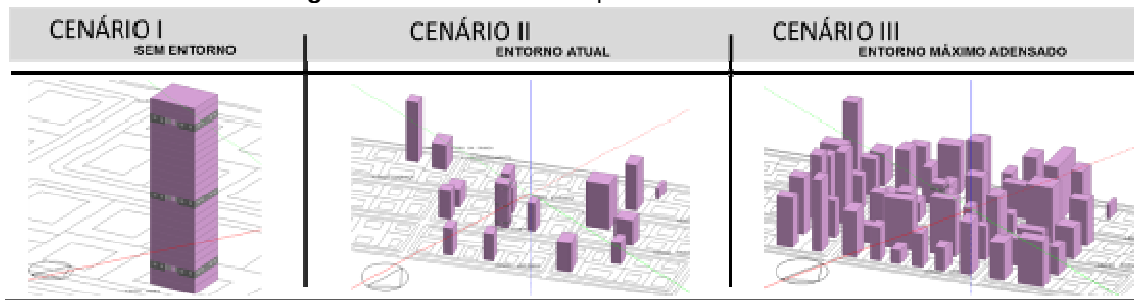
**Figura 18:** Mapa recorte escolhido para definição do entorno para as simulações.



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2013

Para a análise das obstruções encontradas no entorno de edificações, foram simulados três casos que apresentam situações distintas. O primeiro caso, denominado Cenário I, corresponde à situação onde, no entorno da tipologia predominante, não existiriam construções; O segundo caso corresponde às edificações existentes atualmente no recorte adotado, respeitando o afastamento disposto pelo Código de Obras do município; esta situação foi denominada Cenário II. E a última situação, chamada de Cenário III, corresponde a uma situação hipotética; neste cenário, o entorno da tipologia predominante seria adensado e verticalizado ao máximo, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Código de Obras para a referente Zona (ZR1) em estudo (Figura 19).

Figura 19: Casos simulados para análise do entorno.



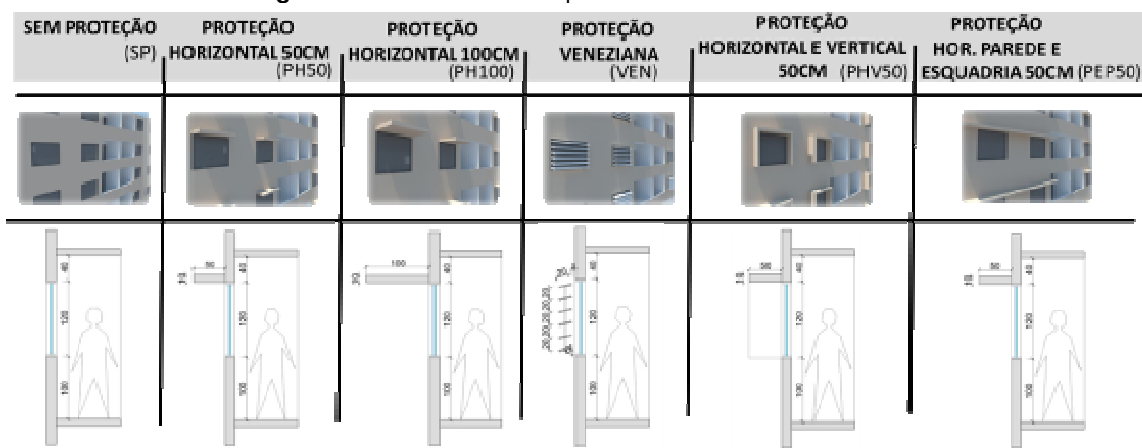
Fonte: Elaborado pela autora, 2013

### 3.4.2.2 Fator de Projeção

Para as simulações das variações dos elementos de proteção solar, foram simulados casos com cinco tipos de dispositivos de sombreamento. As proteções solares utilizadas na simulação são iguais para as fachadas e dispostos em todas as aberturas da edificação.

As variações das proteções estão descritas na Figura 20. Todos os elementos verticais e horizontais constituem placas de concreto, que foram desenhadas de forma simplificada para a simulação, porém proporcionando o mesmo mascaramento desejado, com exceção da tipologia veneziana, que é de alumínio. Portanto, foram analisadas as seguintes tipologias: proteção solar horizontal nas janelas com profundidade de 50 cm e de 100 cm; a tipologia veneziana com inclinação de 15°; a proteção mista, horizontal e vertical, ambas com profundidade de 50 cm; e a proteção horizontal contínua, com profundidade de 50 cm, sombreamento de todo o pavimento tipo (paredes e esquadrias), com exceção da varanda.

Figura 20: Casos simulados para análise do sombreamento.



Fonte: Elaborado pela autora, 2013

### 3.4.2.3 Variação da Absortância das Paredes Externas

Para efeito de análise da influência do valor da absortância das paredes externas no ganho térmico do interior das zonas analisadas, considerou-se para o caso base (SP) o valor da absortância encontrado a partir do índice de refletância médio definido por Leal (2013) em seu estudo para a mesma área. O valor encontrado para refletância média da amostra foi 58,65, logo o valor de absortância média é 41,35.

Com o intuito de avaliar a influência dos valores extremos da absortância (paredes mais claras e mais escuras), buscaram-se referências para basear os valores a serem adotados nas simulações. A NBR 15220-3 determina, para algumas superfícies, os índices de absortância e de emissividade; observam-se os valores correspondentes às cores mais claras e mais escuras (0,20 e 0,97 respectivamente) (Tabela 9). Dornelles (2011) desenvolveu em sua pesquisa um quadro resumo com os valores de absortância solar publicados por diversos autores, a partir de uma extensa revisão bibliográfica (Tabela 10).

**Tabela 9:** Absortância para radiação solar e emissividade para radiações a temperaturas comuns.

Tipo de superfície		$\alpha$	$\varepsilon$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25	0,25
Caiação nova		0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro		0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente		0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro		0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor		0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido		0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado		0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	"Alumínio"	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

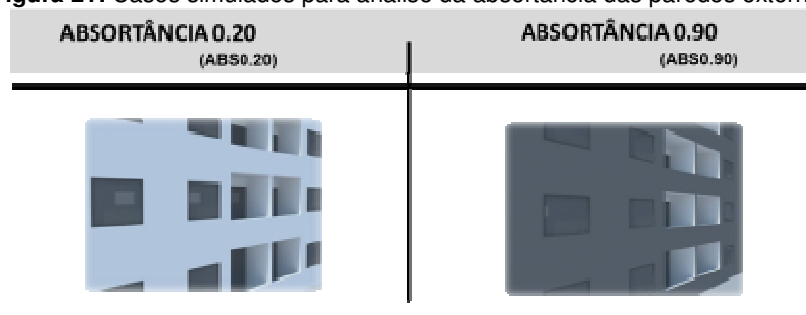


**Tabela 10:** Dados compilados de absorção solar publicados por diversos autores.

CORES	ABSORTÂNCIA SOLAR ( $\alpha$ )						
	Rivero (1986)	Szokolay (1987)	Mascaró (1991)*	Frota e Schiffer (1995)**	Lamberts, Dutra e Pereira (1997)	ASHRAE (2001)	ABNT (2005b)
<b>PINTURA:</b>							
Escuras	0,85-0,98	---	0,70-0,85	---	0,70-0,90	0,65-0,80	---
Médias	0,65-0,80	---	0,50-0,70	---	0,50-0,70	---	---
Claras	0,25-0,50	---	0,30-0,50	---	0,20-0,50	---	---
Preta	---	0,96	0,92-0,96	0,90-1,00	---	0,85-0,98	0,97
Vermelha	---	---	0,65-0,90	0,30-0,70	---	0,65-0,80	0,74
Amarela	---	---	0,30-0,70	0,30-0,50	---	0,50-0,70	0,30
Branca	---	0,30	0,05-0,15	0,20-0,30	---	0,23-0,49	0,20
<b>TIPO DE SUPERFÍCIE:</b>							
Pinturas beluminosas	0,85-0,98	0,90	---	---	---	---	0,85-0,98
Concreto aparente	0,65-0,70	0,55	0,40-0,75	---	---	0,65-0,80	0,65-0,80
Tijolo cerâmico vermelho	0,65-0,80	0,54	---	0,65-0,80	---	0,65-0,80	0,65-0,80
Telhas de barro vermelho	---	0,65	---	---	---	0,65-0,80	0,75-0,80
Chapas de alumínio novas	0,40-0,65	---	0,30-0,40	---	---	0,40-0,65	0,05
Aço galvanizado (novas)	0,40-0,65	---	---	0,40-0,65	---	0,40-0,65	0,25
Caiação (pintura com cal)	---	---	---	---	---	---	0,12-0,15

Fonte: Dornelles (2011).

Baseado nos dois parâmetros citados anteriormente e com o intuito de avaliar a influência da propriedade absorção das paredes externas no comportamento térmico e energético da edificação analisada, os valores extremos adotados foram 0,20, representando as cores mais claras e, 0,90, representando as mais escuras (Figura 21).

**Figura 21:** Casos simulados para análise da absorção das paredes externas.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013

### 3.4.3 Parâmetros de Entrada

Para as simulações computacionais realizadas, foram considerados os parâmetros expostos a seguir:

#### 3.4.3.1 Caracterização dos Materiais Construtivos

Para a inserção dos materiais que constituem os elementos construtivos da tipologia predominante analisada, foi utilizada a biblioteca de componentes especificadas pela norma ABNT 15220 (ABNT, 2005); este banco de dados dispõe de vários materiais com suas respectivas propriedades, necessárias para a simulação no programa.

### 3.4.3.2 Taxas de Infiltração de Ar

Para este estudo, foi considerada a taxa de infiltração de ar “padrão” estabelecida pela NBR 15575 (ABNT, 2013), a qual estabelece um valor de 1 ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas).

### 3.4.3.3 Padrão de Ocupação e de Uso

A fim de considerar nas simulações os ganhos internos de calor, foram definidos padrões de ocupação e de uso em cada zona térmica. Foram adotados alguns parâmetros estabelecidos por Tavares (2006) para um modelo representativo de edificação multifamiliar média renda, tal como a ocupação por apartamento. Foi considerada uma família com três membros e com consumo médio de energia elétrica de 240,00 kWh/mês (Tabela 11).

**Tabela 11:** Características ocupacionais do modelo representativo de edificação multifamiliar – renda média.

Ocupacionais (por unidade)	
Nº Habitantes	3
Renda Familiar	10 Salários Mínimos
Consumo Energia Elétrica	240,00 kWh/mês
Consumo Energia p/ cocção	240,00 kWh/mês
Equipamentos básicos	Aparelho de som, Ar condicionado, Aspirador de pó, Batedeira, Bomba d'água, Cafeteira elétrica, Chuveiro Elétrico, Computador, Enceradeira, Exaustor, Ferro de passar, Fogão, Forno de Microondas, Forno elétrico, Freezer, Geladeira, Impressora, Lava louças, Lavadora de roupa, Liquidificador, Máquina de costura elétrica, Microcomputador, Secadora de roupa, Televisão, Torneira elétrica, Ventilador/Circulador de Ar, Videocassete, Videogame

Fonte: Tavares, 2006.

Para o nível de atividade diária do ocupante, adotou-se o valor de 126W por pessoa, considerando a condição deste em pé ou relaxado (ASHRAE, 2004).

### 3.4.3.4 Temperatura do Solo

Pesquisas indicam que a utilização de valores de pré-estabelecidos por programas de simulação não estão de acordo com os padrões tropicais e isso pode influenciar de forma bastante significativa os resultados finais das simulações, pois não traduz corretamente as trocas de calor entre a edificação e o solo (PEREIRA, 2009, *apud* LIMA, 2010).

Alguns estudos sugerem que, na ausência de dados para determinar a temperatura mensal de um solo, utilizem-se estimativas por meio da relação da temperatura do solo com a temperatura do ar.

Venâncio (2009) sugere a adoção do método em que, para obter a temperatura do solo, deve subtrair-se 2 °C de cada média mensal da temperatura do ar. Esse procedimento foi o adotado na presente pesquisa; os valores referentes às médias mensais da temperatura do ar para a cidade de João Pessoa estão especificadas na linha 1 da Tabela

12. Já as temperaturas do solo adotadas, considerando a redução de 2 °C da temperatura do ar, encontram-se na linha 2.

**Tabela 12:** Médias mensais da temperatura do ar da cidade de João Pessoa-PB.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	27,09°C	27,71°C	27,04°C	26,29°C	25,68°C	24,65°C	24,17°C	24,23°C	25,58°C	26,13°C	26,71°C	26,96°C
2	25,09°C	25,71°C	25,04°C	24,29°C	23,68°C	22,65°C	22,17°C	22,23°C	23,58°C	24,13°C	24,71°C	24,96°C

Fonte: Dados obtidos através do TRY de João Pessoa-PB.

### 3.4.3.5 Ar Condicionado

Foi considerada para a 2ª etapa de simulação a utilização de um sistema de condicionamento de ar composto de um ar-condicionado do tipo *split*. Este mecanismo foi adotado apenas no setor íntimo do apartamento, e seu funcionamento foi programado para manter uma temperatura entre 18º e 26º C, no período de ocupação das 22h às 6h.

O DesignBuilder calculou o consumo energético necessário para que fossem mantidas as temperaturas configuradas. Sendo assim, na 2ª etapa de simulação foi considerada a presença do ar-condicionado nas zonas térmicas que representam os quartos (zonas 2 e 3) para todas as simulações, variando os parâmetros já mencionados, de modo a comparar o consumo energético entre o edifício de referência e as demais situações.

## 3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Inicialmente, foram analisados os dados coletados para definição da tipologia predominante, utilizando-se o método de frequência de ocorrência. Foi encontrado um modelo de edificação que representasse as características arquitetônicas e construtivas das edificações localizadas no recorte urbano em estudo.

De modo a analisar o comportamento de alguns parâmetros construtivos, foram realizadas simulações computacionais, utilizando-se, como base, a tipologia predominante encontrada. Essa tipologia foi submetida a algumas variações já citadas anteriormente: o entorno, a proteção solar e a absorvância das paredes externas.

Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e energético dos modelos propostos, utilizou-se da metodologia dos testes estatísticos para o tratamento desses dados. Os parâmetros escolhidos para análise do desempenho térmico foram: a temperatura do ar, os ganhos solares pelos fechamentos transparentes e os ganhos solares pelos fechamentos opacos. Para o desempenho energético, foram analisados os resultados obtidos referentes ao consumo de energia para refrigeração. Dentro do parâmetro temperatura do ar, foi aplicado também o método de análise graus-hora, com o intuito de aprofundar o estudo no âmbito do conforto térmico.

Para o parâmetro desempenho energético, além da aplicação dos testes estatísticos para os dados horários do ano típico de referência, analisou-se, também, os valores encontrados mensalmente e anualmente, baseando-se em pesquisas realizadas anteriormente.

A estatística objetiva extrair informação dos dados para obter uma melhor compreensão das situações que representam. A análise estatística das variáveis analisadas seguiu as seguintes etapas:

1. O primeiro passo foi à análise da frequência de ocorrência dos resultados através dos histogramas. A distribuição de frequências é um agrupamento de dados em classes, de tal forma que se contabiliza o número de ocorrências em cada classe. O número de ocorrências de uma determinada classe recebe o nome de frequência absoluta. Esse tipo de representação tem como objetivo apresentar os dados de uma maneira mais concisa e que nos permita extrair informação sobre seu comportamento.

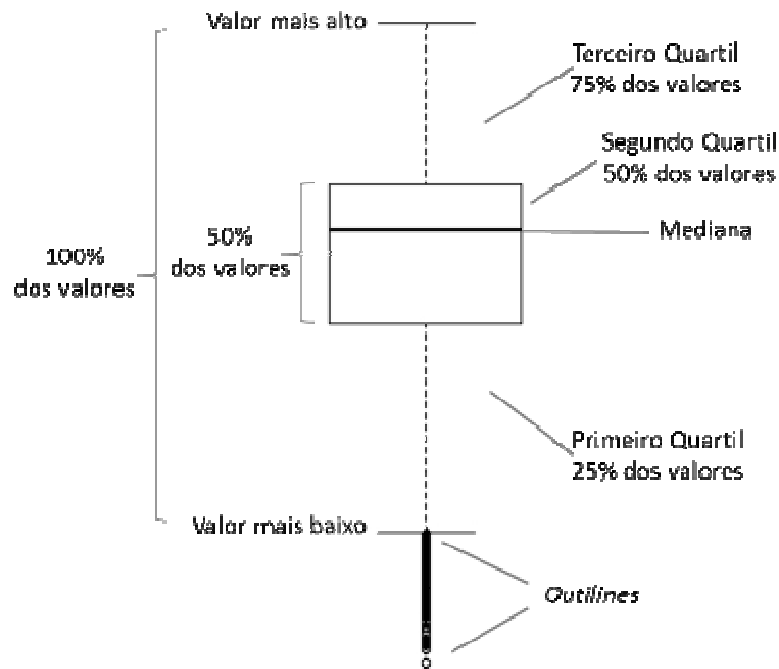
2. Em seguida, foi feita a análise do comportamento dos dados segundo a sua distribuição, onde ela pode ser classificada como uma distribuição normal e não normal. Para isso, aplicam-se alguns testes, chamados testes de normalidade. O teste utilizado para todas as variáveis foi o lilliefors.

3. Com o objetivo de responder às hipóteses propostas pela pesquisa, são aplicados os testes de hipótese. Segundo Devore (2006, p.586), o teste  $t$  é o melhor a ser usado, quando a amostra é extraída de uma população com distribuição normal porque, entre todos os testes com nível de significância  $\alpha$ , este é o que tem o  $\beta$  mínimo. Para o autor, quando há grandes amostras, o teste de Wilcoxon não é menos eficiente do que o teste  $t$  e pode ser muito mais eficiente se a distribuição da população amostrada é distante de uma distribuição normal. Dessa forma, dentre os testes existentes, foi adotado para a presente pesquisa o teste Wilcoxon, o qual consiste na comparação entre postos. Kvam e Vidakovic (2007, p.128) afirmam que o teste da soma dos postos de Wilcoxon é frequentemente usado no lugar do teste  $t$  para duas amostras independentes, quando as amostras não apresentam distribuições normais. Os autores acrescentam que o teste indica se os grupos são homogêneos ou se um dos grupos é melhor do que o outro.

A maior parte dos resultados foi exposta através de gráficos, além do convencional gráfico de barras utilizou-se o gráfico de caixas, também denominado boxplot. Montgomery e Runger (2003) afirmam que os diagramas de caixas são muito úteis em comparações gráficas entre conjunto de dados, uma vez que tem alto impacto visual e são fáceis de entender. Os mesmos autores definem o gráfico de caixas como uma apresentação gráfica que descreve simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação das observações que estão surpreendendo longe do seio dos dados, essas observações são chamadas também de valores discrepantes ou outliers.

Um diagrama de caixa apresenta três quartis, o mínimo e o máximo dos dados em uma caixa retangular alinhado tanto horizontalmente como verticalmente. A caixa inclui a amplitude interquartil, com o canto esquerdo (ou inferior) no primeiro quartil, e o canto direito (ou superior) no terceiro quartil. A linha desenhada através da caixa no segundo quartil representa o percentual de 50% dos dados, denominada mediana (Figura 22).

**Figura 22:** Descrição do gráfico de caixas



**Fonte:** Adaptado de Montgomery, Runger (2003).

Para todos os testes utilizados, foi adotado o nível de significação no valor de 0.05 como parâmetro para conclusões. A hipótese em teste, chamada hipótese nula, indica que os valores encontrados têm grandes chances de serem iguais e não haver uma diferença significativa. Desse modo, resultados com p-value inferior a 0.05 indicam que a hipótese nula pode ser rejeitada, e os valores do p-value superiores a 0.05 indicam a não rejeitar a hipótese nula (Figura 23).

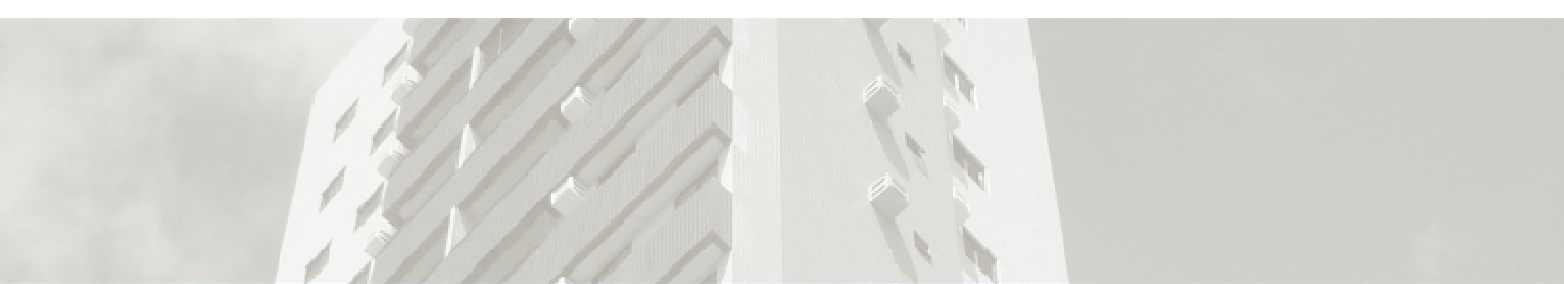
**Figura 23:** Resumo do nível de significância adotado na pesquisa.

Nível de significância	
$P\text{-value} > 0.05$	→ Não rejeita a Hipótese Nula
$P\text{-value} < 0.05$	→ Rejeita a Hipótese Nula

**Fonte:** Elaborado pela autora, 2013.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreve uma metodologia para a realização das análises propostas pelo trabalho, tendo a influência do sombreamento e da absorvância no desempenho térmico e energético de edificações residenciais. Os levantamentos das características construtivas objetivaram a obtenção de dados para a definição da tipologia predominante do recorte estudado que servirá de parâmetro para as simulações. As simulações computacionais foram divididas em duas etapas e seus resultados estão apresentados no capítulo seguinte.



## 4. Resultados



## 4 RESULTADOS

As informações a seguir referem-se aos resultados obtidos com este trabalho, iniciando-se com a caracterização do recorte urbano em análise, localizado no bairro de Manaíra, município de João Pessoa. O levantamento do recorte urbano compreende as seguintes características: tipologia do terreno e da edificação, área dos apartamentos tipo, número de apartamentos por andar, número de pavimentos e número de pavimentos tipo, orientação das fachadas, percentual de área de janela e de parede nas fachadas, elementos de proteção solar e características construtivas gerais (estrutura, laje, paredes, revestimentos, cores e vidros).

O item seguinte, desenvolvido a partir do levantamento no recorte urbano em estudo, consistiu na caracterização de um modelo que representa a realidade construtiva do local, denominado tipologia predominante, assim como, a caracterização de um modelo ou cenário que representa a ocupação máxima permitida pela legislação.

Com relação às simulações, este capítulo apresenta os resultados obtidos através da simulação com o programa DesignBuilder. São apresentados o tratamento e análise dos resultados obtidos com as simulações propostas na metodologia, tais como a simulação da tipologia predominante (caso base) e das alterações no caso base (proteção solar, absorvância e entorno).

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA PREDOMINANTE

Através da coleta de informações na PMJP, encontrou-se um total de 230 edifícios residenciais com cinco ou mais pavimentos no bairro de Manaíra, destes, 25 foram analisados. A data de ocupação desses edifícios varia entre 2000 e 2010 (Tabela 13). A figura 24 apresenta o mapa do bairro da Manaíra com a localização dos 25 edifícios estudados e seus respectivos nomes.

**Tabela 13:** Número e variação do ano de ocupação dos edifícios.

VARIAÇÃO DE OCUPAÇÃO	NÚMERO DE EDIFÍCIOS ≥ 5 PAVIMENTOS
2000 - 2002	2
2003 - 2004	4
2005 - 2006	4
2007 - 2008	8
2009 - 2010	7

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.



Figura 24: Mapa do bairro de Manaíra com localização dos 25 edifícios estudados.



### **LEGENDA**

- FICHA 1: Res. Pablo Neruda
- FICHA 2: Res. Romagold
- FICHA 3: Valle Vizcaia Residence
- FICHA 4: Res. Príncipe de Veneza
- FICHA 5: Res. Village Montallo
- FICHA 6: Valle Verano Residence
- FICHA 7: Residencial Brennand
- FICHA 8: Res. Manaíra Imperial
- FICHA 9: Valle Valognes Residence
- FICHA 10: Edifício Manaíra Home Service
- FICHA 11: Residencial Adonai
- FICHA 12: Residencial Rio Madeira
- FICHA 13: Ibiza Residencial
- FICHA 14: Res. Queen Vitória
- FICHA 15: Edifício Colorado
- FICHA 16: Castel Gandolfo Residence
- FICHA 17: Res. Valle Vescasca
- FICHA 18: Res. Príncipe de Mônaco
- FICHA 19: Edifício Tour D'argent
- FICHA 20: Valle Nevado Residence
- FICHA 21: Res. Royal Palace
- FICHA 22: Res. Ana Rita
- FICHA 23: Edifício Dallas
- FICHA 24: Edifício Boulevard Manaíra
- FICHA 25: Res. Golden Palace

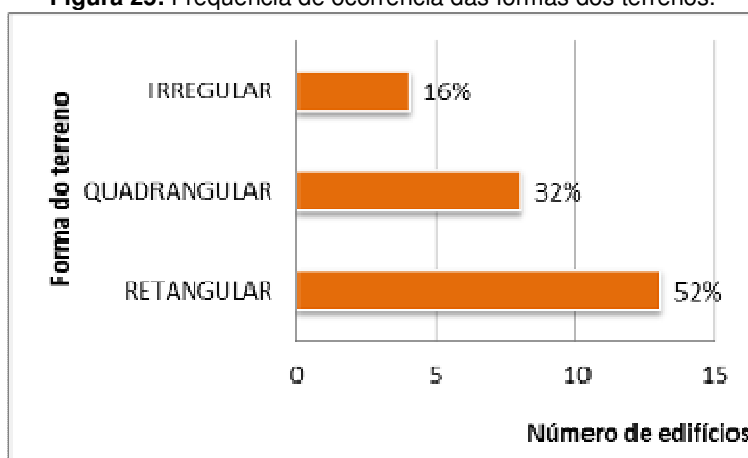
Fonte: Elaborado pela autora, 2013

Nos itens a seguir serão apresentadas as principais características dos edifícios analisados, em conjunto com algumas variáveis urbanas.

#### 4.1.1 Forma, Proporção e Área

Com relação à forma do terreno dos 25 edifícios residenciais analisados, 13 são retangulares (52%), 8 são quadrados (32%) e 4 são irregulares (16%). A Figura 25 apresenta o número de ocorrência de cada forma (retangulares quadradas e irregulares).

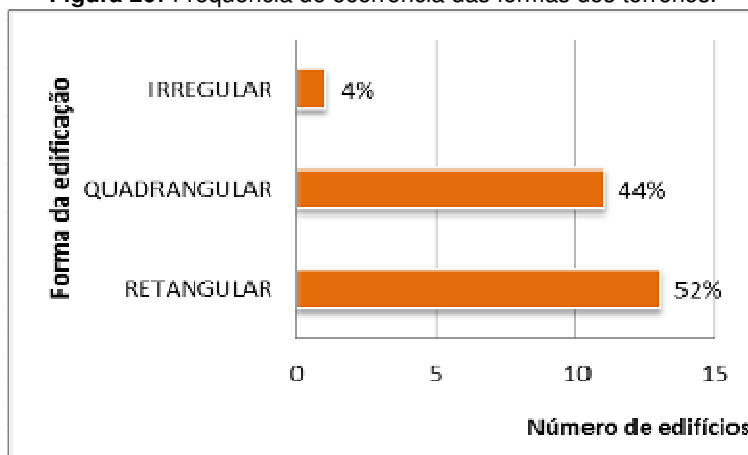
Figura 25: Frequência de ocorrência das formas dos terrenos.



Fonte: elaborado pela autora, 2013

O mesmo resultado foi encontrado para a forma das edificações, prevalecendo a ocorrência da forma retangular com 13 edifícios (52%), a forma quadrangular foi encontrada em 11 edifícios (44%) e a irregular em apenas 1 (4%) (Figura 26).

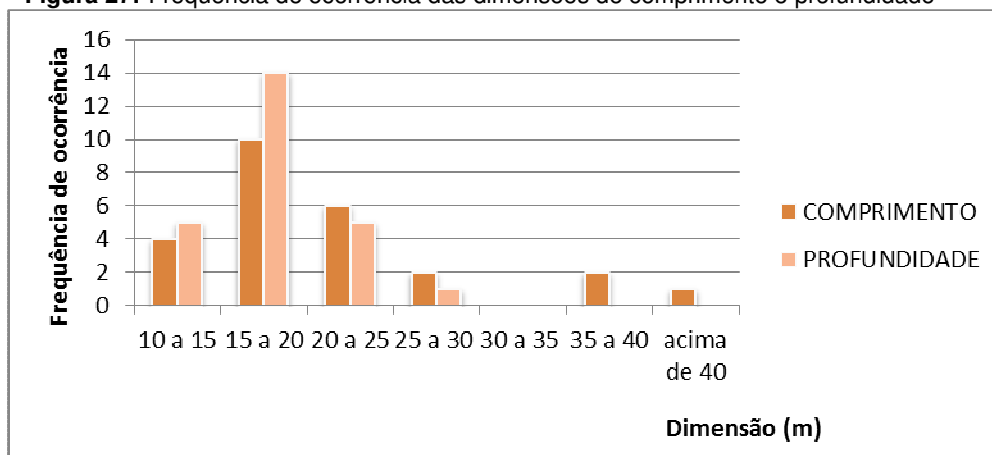
Figura 26: Frequência de ocorrência das formas dos terrenos.



Fonte: elaborado pela autora, 2013

A definição das dimensões de profundidade e de largura são parâmetros que colaboraram para a construção do modelo da tipologia predominante dos edifícios analisados. A partir da análise das áreas e das proporções, foram adotadas as dimensões do caso base. A figura 27 mostra que as dimensões mais recorrentes estão entre 15 a 20m para comprimento e para profundidade.

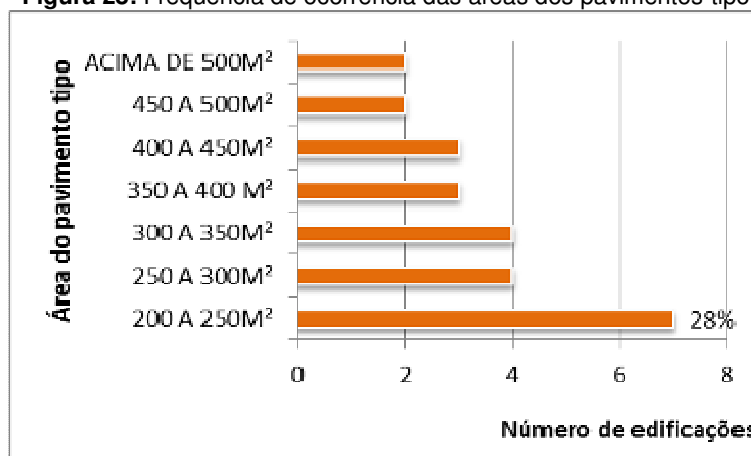
**Figura 27:** Frequência de ocorrência das dimensões de comprimento e profundidade



Fonte: elaborado pela autora, 2013

A figura 28 apresenta a frequência de ocorrência da variação das áreas encontradas nos pavimentos tipo. A maioria dos edifícios possui área do pavimento tipo entre 200 e 250m<sup>2</sup>.

**Figura 28:** Frequência de ocorrência das áreas dos pavimentos-tipo

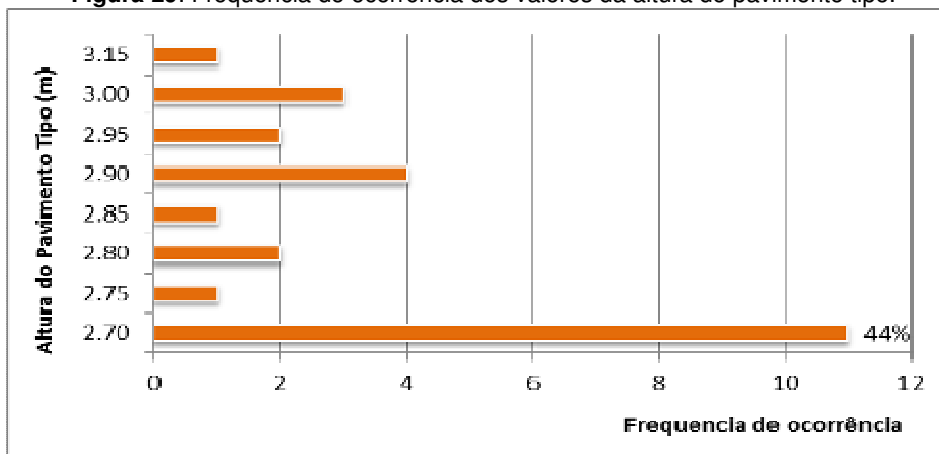


Fonte: elaborado pela autora, 2013

A partir dessas características foi definida a tipologia predominante em formato retangular, com 17,25m de largura e 14,50m de profundidade e área do pavimento tipo 250m<sup>2</sup>.

Com relação à altura do pavimento tipo dos edifícios, foi realizado também um estudo da frequência de ocorrência dos valores encontrados no levantamento. Assim, obteve-se um valor de 2,7m (Figura 29).

**Figura 29:** Frequência de ocorrência dos valores da altura do pavimento tipo.

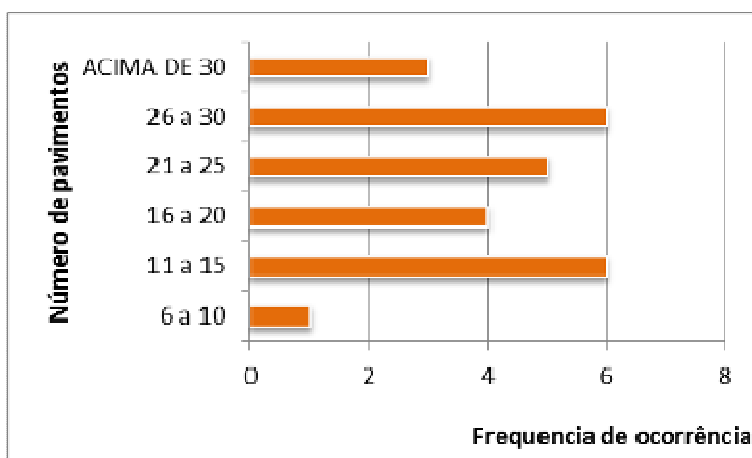


Fonte: elaborado pela autora, 2013

#### 4.1.2 Número de pavimentos e apartamentos por andar

O número de pavimentos dos edifícios da amostra varia entre 10 e 36 pavimentos. A partir do levantamento constatou-se o mesmo percentual de frequência do número de pavimentos entre 11 e 15 e 26 a 30, o valor considerado para representar a tipologia predominante foi 26 pavimentos por ser um valor dentro da média encontrada (Figura 30).

**Figura 30:** Frequência de ocorrência do número de pavimentos.

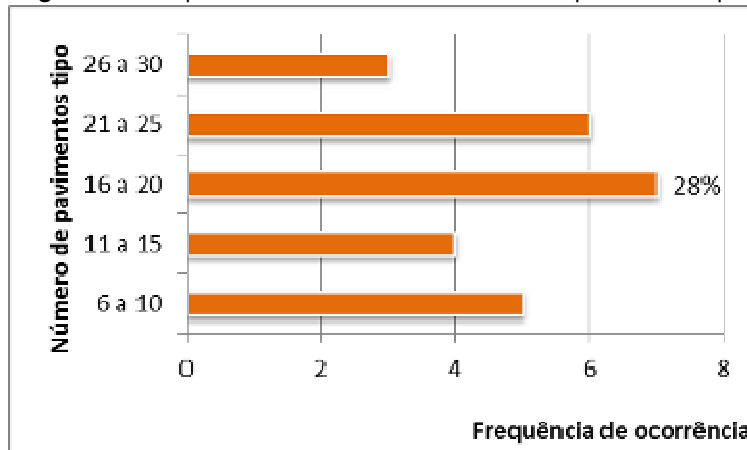


Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A quantidade de pavimentos tipo da amostra variou entre 8 e 30 pavimentos, a partir da frequência de ocorrência verificou-se a predominância de edifícios com 16 a

20 pavimentos, para ser compatível com o número de pavimentos adotados foi considerado 20 pavimentos tipo. Portanto dos 26 pavimentos, 20 são pavimentos tipo, 1 subsolo, 1 térreo, 1 mezanino, 2 correspondem ao apartamento da cobertura tipo duplex e o último a cobertura do prédio (Figura 31).

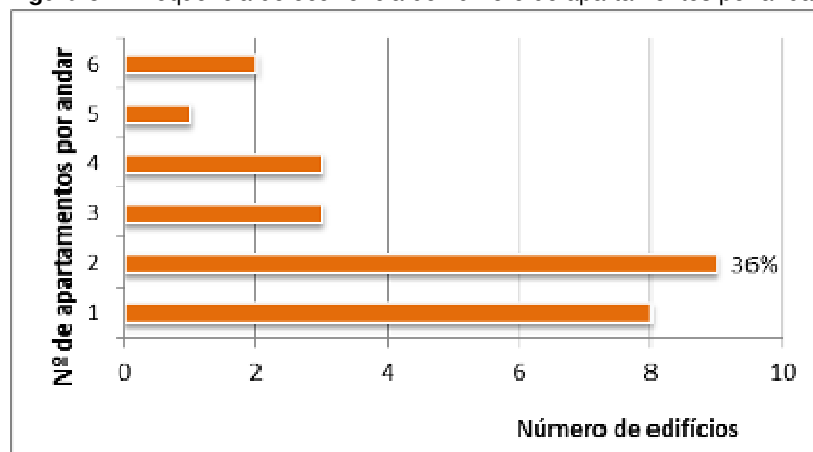
**Figura 31:** Frequência de ocorrência do número de pavimentos-tipo.



Fonte: elaborado pela autora, 2013

Outro fator analisado foi o número de apartamentos por andar, observa-se a predominância de edifícios com dois apartamentos por andar, constituindo 36% da amostra levantada (Figura 32).

**Figura 32:** Frequência de ocorrência do número de apartamentos por andar.

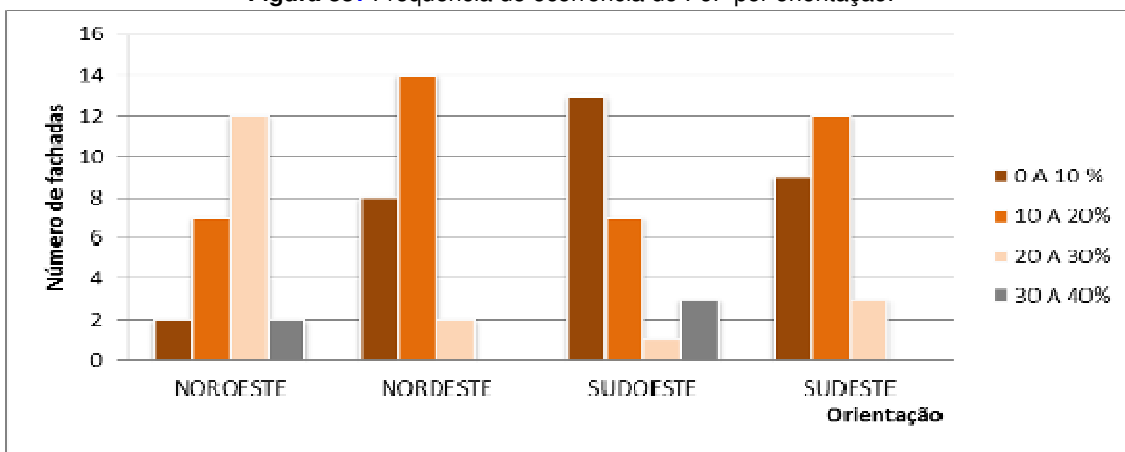


Fonte: elaborado pela autora, 2013

#### 4.1.3 Percentual de área das aberturas (PJF) e área de paredes (PPF)

Através do levantamento dos projetos cedidos pela PMJP, obtiveram-se os percentuais de área de esquadria por fachada (PJFs). Observa-se que a orientação que possui o maior PJF é a nordeste (30%), já os menores valores estão na fachada sudoeste (10%).

**Figura 33:** Frequência de ocorrência do PJP por orientação.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

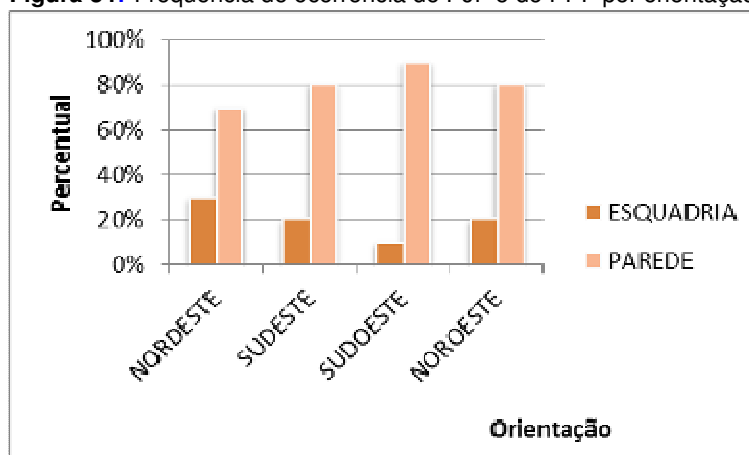
**Tabela 14:** PJP e PPF adotados na tipologia predominante

ORIENTAÇÃO	PJP	PPF
NORDESTE	30%	70%
SUDESTE	20%	80%
SUDOESTE	10%	90%
NOROESTE	20%	80%

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Com base nos resultados encontrados, pode-se observar a intensa predominância de área de paredes nas fachadas dos edifícios, em detrimento as áreas de aberturas, as quais variam em cada fachada (Figura 34).

**Figura 34:** Frequência de ocorrência do PJP e do PPF por orientação.



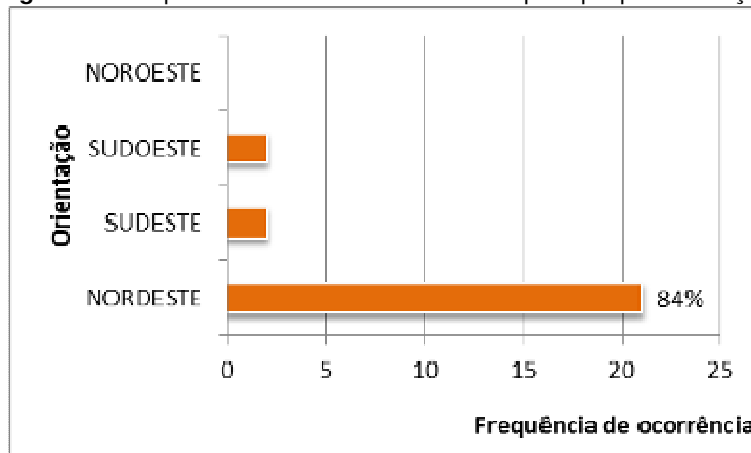
Fonte: elaborado pela autora, 2013.

#### 4.1.4. Orientação das fachadas

Como dito anteriormente, foi classificada como fachada principal aquela que apresentou o maior PJP, a figura 35 apresenta a frequência de ocorrência da fachada

principal por orientação. Observa-se que 84% das fachadas com maior PJJF estão voltadas para a orientação nordeste.

**Figura 35:** Frequência de ocorrência da fachada principal por orientação.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

#### 4.1.5. Elementos de proteção solar

Apenas uma pequena parte dos edifícios estudados apresentou algum tipo de proteção solar nos fechamentos transparentes das fachadas. Observou-se uma presença maior de protetores solares nas fachadas nordeste e leste, proteção está configurada através das varandas, que são projetadas, comumente, com o intuito de ser um espaço para descanso e lazer. Em alguns casos, verifica-se que a varanda é fechada e agregada à sala de estar (Figura 36). Outra forma de proteção encontrada foram os elementos estruturais que avançam nas fachadas não mais que 50 cm, se comportando mais como detalhes de valor estético do que proteção solar, inexistindo, portanto, algum tipo de brise solar nessa amostra estudada (Figura 36).

**Figura 36:** Edificações da amostra – presença de varandas / tendência ao fechamento



Fonte: arquivo da autora, 2013

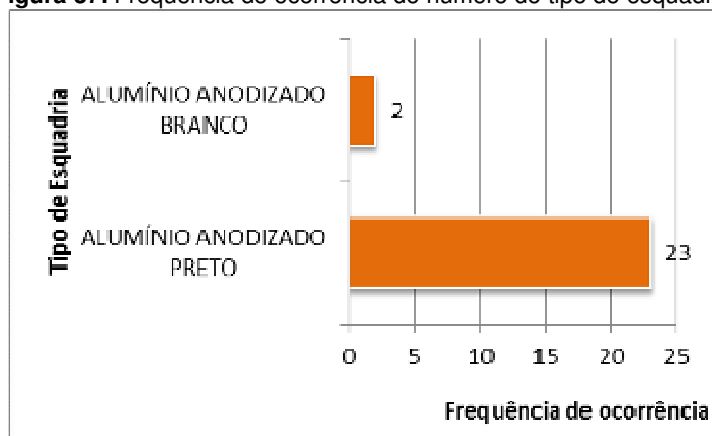
#### 4.1.6. Cores dos edifícios

Através do levantamento in loco, foi possível obter as cores dos 25 edifícios da amostra. O valor de refletância média das paredes externas foi encontrado na pesquisa de Leal (2013). A partir da refletância média encontrada (0.5865) obteve-se a absortância média no valor de 0.4135, a qual foi adotada na presente pesquisa.

#### 4.1.7. Características construtivas

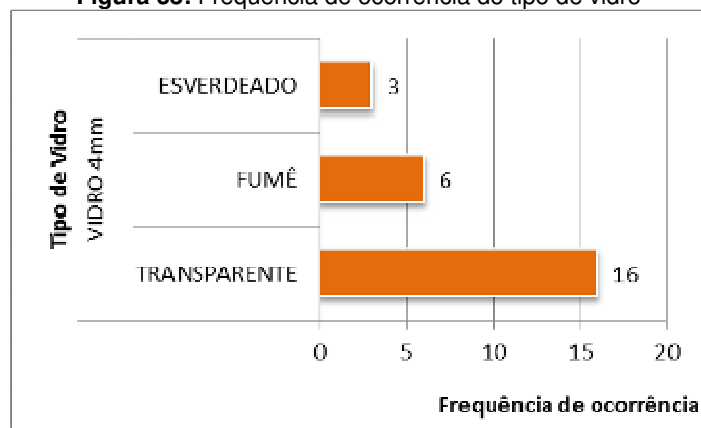
De acordo com os estudos feitos sobre o tipo de parede utilizada nos edifícios, notou-se que todos os 25 edifícios possuem paredes externas de tijolo cerâmico. O tipo de estrutura predominante é do tipo concreto armado. As esquadrias são predominantemente em alumínio, variando apenas a cor da pintura das mesmas. (Figura 37). Em relação aos vidros das esquadrias, predominou a espessura de 4mm e as cores variaram entre esverdeado, fumê e transparente, sendo este último o mais recorrente (Figura 38).

Figura 37: Frequência de ocorrência do número do tipo de esquadria



Fonte: elaborado pela autora, 2012

Figura 38: Frequência de ocorrência do tipo de vidro

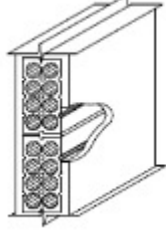


Fonte: elaborado pela autora, 2012



As lajes são constituídas de concreto armado com argamassa de acabamento, possuindo em todos os pavimentos forro de gesso. A cobertura é constituída por telha do tipo fibrocimento e as paredes por alvenaria simples revestidas com argamassa de acabamento e pintura na parte interna e revestimento cerâmico na face externa (Tabela 15).

**Tabela 15:** Descrição da alvenaria da tipologia predominante seguindo os parâmetros da NBR 15220

Parede	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7

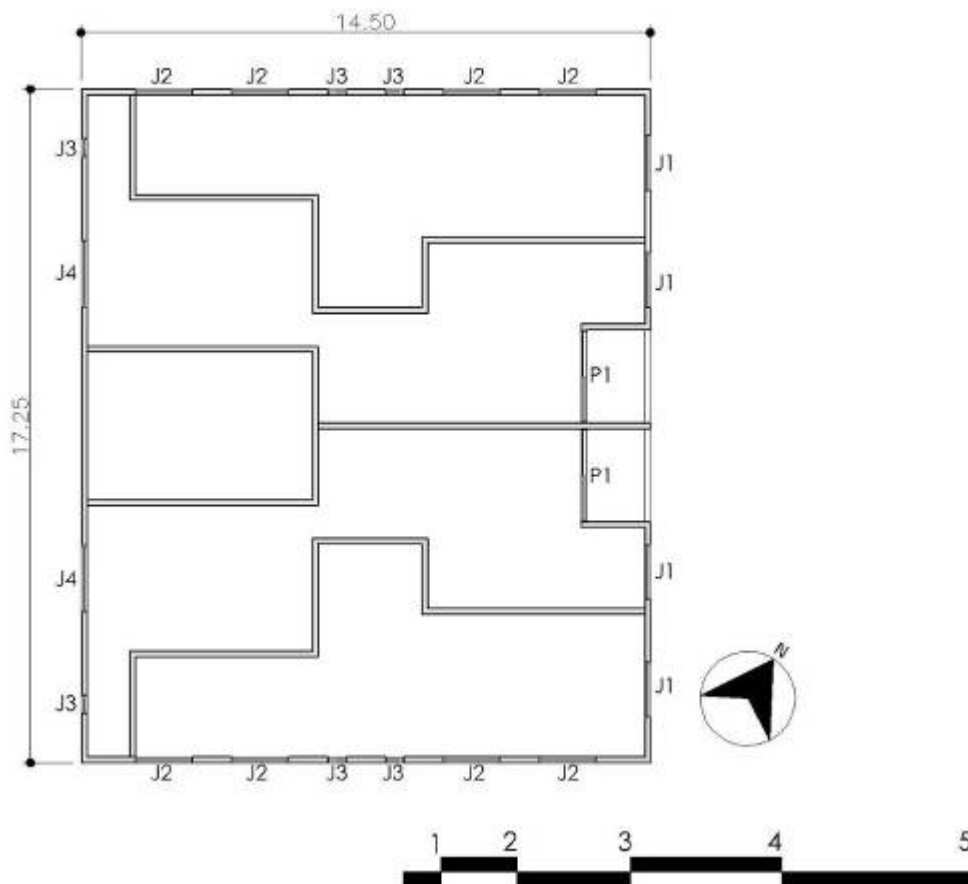
Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

## 4.2 TIPOLOGIA PREDOMINANTE

A partir da análise dos levantamentos dos aspectos destacados anteriormente e de maior recorrência no universo analisado, pôde-se definir a tipologia predominante com as características mais representativas. A tipologia predominante simulada possui 17.25m de largura por 14.50m de profundidade, apresentando uma área de pavimento tipo de 250m<sup>2</sup>, correspondendo ao valor de área de pavimento mais frequente do estudo de ocorrência. Dessa forma, o edifício manteve uma proporção aproximada de 1 x 1,33 das edificações retangulares analisadas.

A figura 39 apresenta a planta da edificação com suas dimensões, marcação de esquadrias e da setorização interna, assim como a indicação da orientação geográfica. A tipologia e dimensionamento das esquadrias estão detalhadas na tabela 16, todas são do tipo de correr em alumínio anodizado na cor preta com fechamento em vidro transparente de 4 mm. A porta 1 corresponde a passagem para a varanda, as janelas 1 correspondem as janelas das salas e de um quarto, as janelas 2 estão situadas nos quartos, as janelas 3 são as janelas altas dos banheiros e as janelas 4 correspondem as janelas da cozinha/área de serviço.

Figura 39: Planta baixa tipologia predominante



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Tabela 16: Quadro de esquadrias da tipologia predominante

QUADRO DE ESQUADRIAS				
LEGENDA	DIMENSÕES (CxAxP)	TIPO	MATERIAL	VIDRO
P1	2,40x2,20	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO	TRANSPARENTE 4mm
J1	1,45x1,20x1,00	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO	TRANSPARENTE 4mm
J2	1,50x1,20x1,00	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO	TRANSPARENTE 4mm
J3	0,50x0,50x1,70	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO	TRANSPARENTE 4mm
J4	1,75x1,20x1,00	CORRER	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO	TRANSPARENTE 4mm

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Os dados relativos à forma, a proporção, a área do pavimento e a área das zonas da tipologia predominante foram retiradas do estudo de frequência de ocorrência para cada item. Para a área do pavimento tipo foi adotado o valor de 250m<sup>2</sup> de área construída. A área do Core foi estimada através de um pré-dimensionamento para a tipologia predominante, suas dimensões foram retiradas do Código de Obras de João Pessoa, assim como as dimensões mínimas para cada ambiente. A partir do levantamento dessas dimensões mínimas dos ambientes chegou-se a um percentual de área para cada setor do apartamento tipo, esses valores estão descritos na Tabela 17.

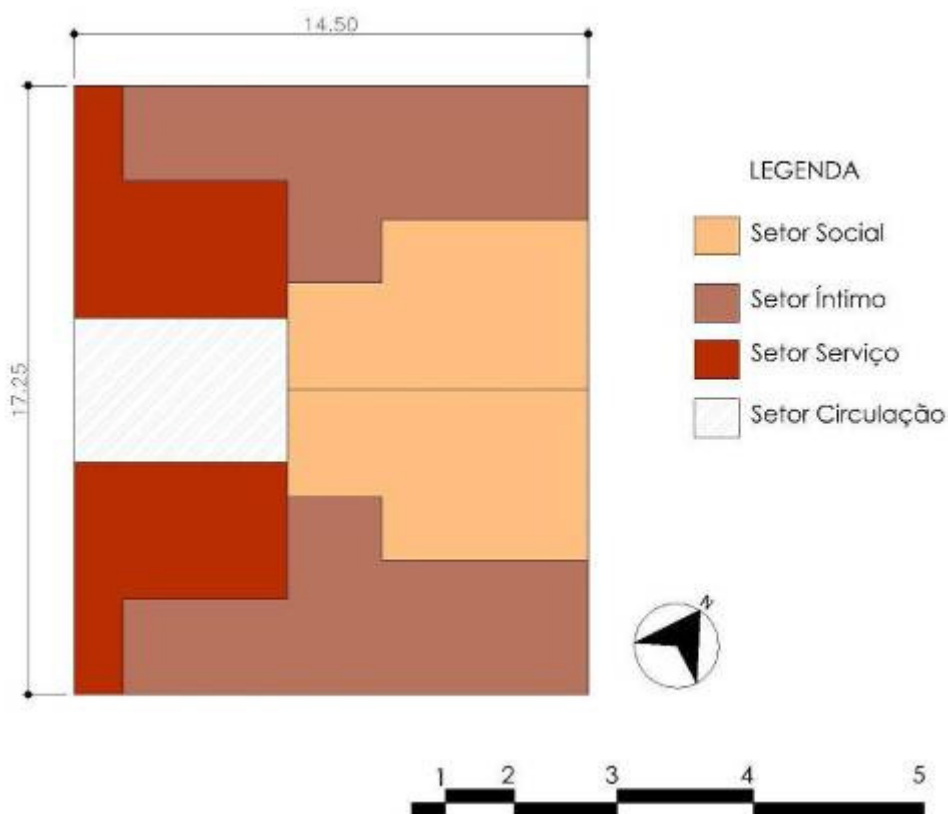
**Tabela 17:** Tabela com dados adotados para a setorização da tipologia predominante

SETORIZAÇÃO DA TIPOLOGIA PREDOMINANTE			
SETOR	PORCENTAGEM	ÁREA (M²)	AMBIENTES
SETOR SOCIAL	31,98% DA ÁREA DO APARTAMENTO	35,98 m²	VARANDA
			SALA
SETOR ÍNTIMO	44,37% DA ÁREA DO APARTAMENTO	49,92 m²	QUARTOS
			BANHEIROS
			CIRCULAÇÃO
SETOR SERVIÇO	13,65% DA ÁREA DO APARTAMENTO	26,60m²	COZINHA
			ÁREA DE SERVIÇO
			DCE
			WC DCE
SETOR CIRCULAÇÃO (CORE)	10% DA ÁREA DO PAVIMENTO	25,00 m²	ELEVADORES
			ESCADA
			CIRCULAÇÃO HOR.

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Na figura 40 apresenta-se outra planta representando os setores de cada apartamento adotados para o modelo. Essa mesma setorização foi adotada para o estabelecimento de zonas térmicas, totalizando 3 zonas por apartamento (zona social, íntima e serviço). O setor de circulação não foi considerado uma zona térmica, portanto, não será simulada.

**Figura 40:** Planta baixa com setorização do pavimento tipo da tipologia predominante



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Os materiais que compõem as paredes externas e a cobertura da tipologia predominante correspondem aos materiais encontrados na amostra. As paredes externas são constituídas de tijolos cerâmicos com reboco em ambas as faces. A cobertura é composta por telhas de fibrocimento e laje de concreto. A tabela 18 apresenta as principais características da tipologia predominante.

**Tabela 18:** Quadro síntese da tipologia predominante

CARACTERÍSTICAS TIPOLOGIA PREDOMINANTE	
FORMATO TERRENO	RETANGULAR
FORMATO EDIFICAÇÃO	RETANGULAR
DIMENSÕES	17,25 X 14,50 (LARGURA X PROFUNDIDADE)
NÚMERO DE PAVIMENTOS	26
NÚMERO DE PAVIMENTOS TIPO	20
ÁREA PAVIMENTO TIPO	250M <sup>2</sup>
ÁREA APARTAMENTO TIPO	122,50M <sup>2</sup>
NÚMERO DE APARTAMENTOS POR ANDAR	2
PÉ ESQUERDO	2.70 M
ESTRUTURA	CONCRETO ARMADO
LAJE	CONCRETO ARMADO
PAREDES	ALVENARIA COM TIJOLO CERÂMICO 6 FUROS
REVESTIMENTO EXTERNO	CERÂMICA 10X10CM
ABSORTÂNCIA DO REVESTIMENTO EXTERNO	0.4135
ESQUADRIAS	ALUMÍNIO ANODIZADO PRETO COM VIDRO TRANSPARENTE 4mm

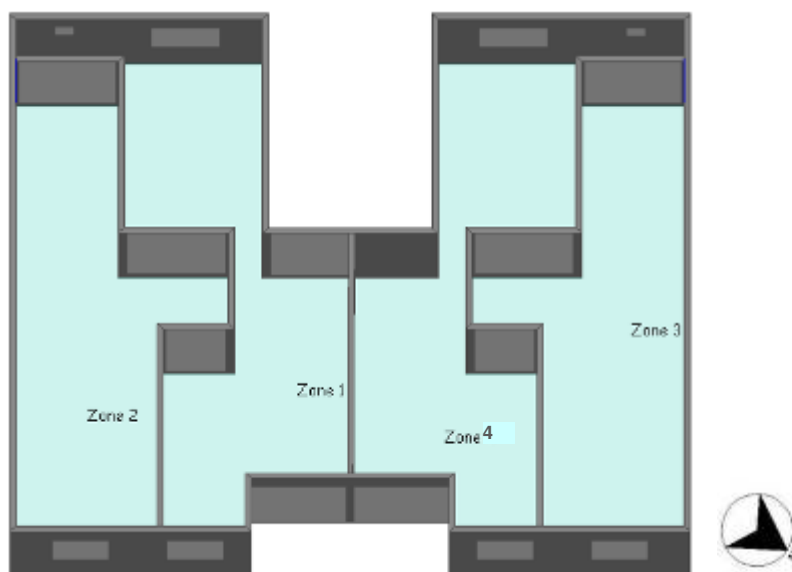
**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

### 4.3 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

O processo de simulação geralmente ocorre sobre um caso base onde há variações de parâmetros específicos cujas influências pretendem-se estudar. Para a presente pesquisa os resultados da simulação da tipologia predominante foram obtidos através dos relatórios de saída do programa DesignBuilder. Sendo assim, pôde-se analisar cada variável de forma individualizada para cada modelo determinado, assim como, para cada pavimento.

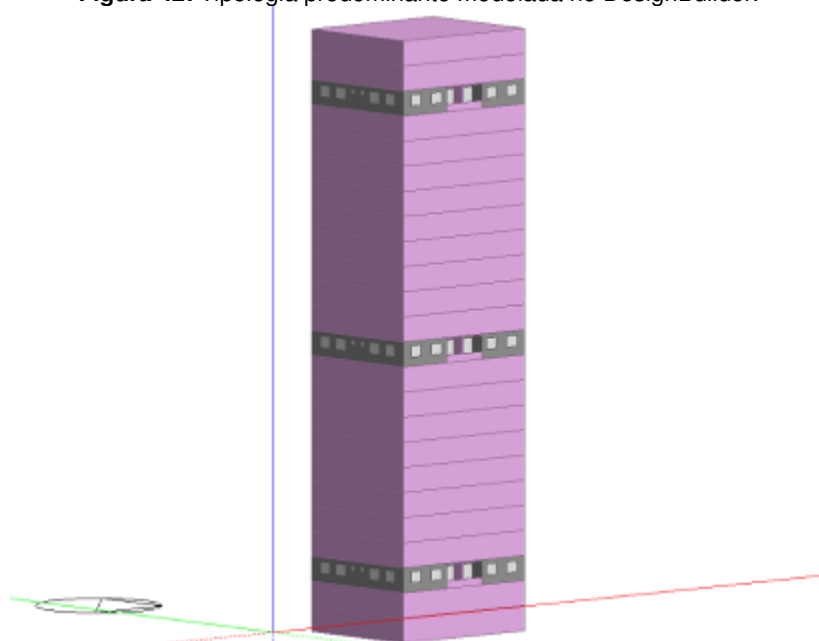
O período de simulação corresponde a um ano, considerando o comportamento das variáveis hora a hora. Foram escolhidos três pavimentos para as análises com o objetivo de se observar o desempenho térmico dos ambientes, sob a incidência de radiação em um nível mais baixo, um patamar intermediário e uma situação mais extrema, se aproximando do topo do edifício.

O modelo de referência para as avaliações paramétricas consistiu em 2 zonas térmicas por apartamento tipo, conseqüentemente, 4 zonas por pavimento tipo. As zonas 2 e 3 referem-se ao setor íntimo do apartamento e as zonas 1 e 4 aos setores social e de serviço (Figura 41).

**Figura 41:** Planta baixa tipologia predominante com zoneamento

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

A Figura 42 apresenta o modelo genérico que foi reproduzido para o programa simulador. Observa-se que a fachada principal é aquela voltada para orientação nordeste, apresentando um PjF de 30%; as fachadas laterais apresentam PjFs de 20%, e a posterior, 10%. Nota-se que as janelas foram modeladas também de acordo com a frequência de ocorrência de tamanhos para cada ambiente.

**Figura 42:** Tipologia predominante modelada no DesignBuilder.

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

A análise por pavimento tipo foi aplicada a três alturas diferentes, um localizado mais baixo, correspondente ao 1º pavimento tipo e ao 3º pavimento do edifício, outro

localizado em uma altura intermediária, correspondendo ao 10º pavimento tipo e 12º pavimento e outro localizado na parte mais alta do edifício, no 20º pavimento tipo e 23º pavimento do edifício (Figura 42).

A seguir são apresentadas as análises comparativas das simulações computacionais realizadas. Os parâmetros adotados para análise do desempenho térmico foram: temperatura do ar interna, ganhos solares pelos fechamentos transparentes, ganhos solares pelos fechamentos opacos e, para o desempenho energético: o consumo de energia para refrigeração. Avaliaram-se primeiramente os resultados representativos da edificação como todo, posteriormente, foi analisado o comportamento por pavimento tipo, considerando em ambos os casos a influência do entorno.

#### **4.3.1. Desempenho Térmico**

A influência dos dispositivos de sombreamento e da absorvância no desempenho térmico foi analisada a partir dos resultados da simulação de três variáveis: a temperatura do ar, os ganhos solares pelos fechamentos transparentes e os ganhos solares pelos fechamentos opacos. Em virtude do grande número de dados para a análise horária do ano de referência (8760 horas) foram adotados métodos estatísticos para tratamento dos resultados, seguindo a metodologia proposta no item 3.6. Primeiramente, foram feitas análises dos parâmetros construtivos, proteção solar e absorvância, para o edifício como um todo, em seguida foi analisado o parâmetro urbano, correspondente à variação do entorno e, por fim, análises dos parâmetros construtivos considerando o pavimento tipo em diferentes alturas, 1º pavimento tipo, 10º e 20º pavimento tipo (item 4.3).

Os resultados mostrados a seguir correspondem à etapa I do processo de simulação computacional, onde todos os ambientes estão com condicionamento passivo através da ventilação natural.

##### **4.3.1.1 Temperatura do ar**

O primeiro parâmetro a ser analisado foi a temperatura do ar interna. Primeiramente, foram feitos os histogramas dos modelos em estudo, de modo a observar o comportamento da frequência de ocorrência das temperaturas nos modelos estudados. É importante notar nos histogramas o intervalo da proporção dos valores das temperaturas que mais ocorreram ao longo do ano. Nota-se que a maioria dos modelos mostrou comportamentos similares, onde a maior proporção de ocorrência de

temperaturas encontra-se na faixa de 25°C a 28°C. Vale ressaltar nos modelos com absorvância 0.90 um crescimento na ocorrência de temperaturas acima de 28°C (Apêndice B).

Seguindo a metodologia de análise, posteriormente foi efetuado o teste de normalidade para verificar o comportamento da distribuição dos valores de temperatura do ar. A hipótese nula do teste indica que os valores de temperatura do ar segue uma distribuição normal. Desse modo, um p-valor inferior a 0,05 (nível de significância adotado na pesquisa) indica que a hipótese de normalidade pode ser rejeitada. O teste de normalidade Lilliefors (Apêndice C), indicou que todos os modelos propostos apresentam os valores de temperatura do ar interna seguindo uma distribuição não normal (rejeita-se a hipótese nula). Com isso, os testes paramétricos, como análise de variância e teste t, não puderam ser usados para verificar a hipótese de igualdade das médias temperaturas, dos 8 modelos em estudo.

Como os pressupostos de normalidade não são satisfeitos, faz-se necessário utilizar testes não paramétricos alternativos para comparar esses valores e efetuar as comparações múltiplas. O teste não paramétrico utilizado foi o teste dos postos assinalados de Wilcoxon, aplicado para identificar as diferenças de comportamentos entre os modelos propostos. Devore (2006) afirma que, o teste de soma de classificações de Wilcoxon tem validade mesmo em situações onde as distribuições da população da amostra são não normais. O procedimento do teste, segundo o autor, é livre de distribuição porque terá um nível de significância desejado para uma classe muito grande de distribuições.

A primeira análise teve caráter qualitativo, onde se buscou verificar a existência de diferenças significativas entre o comportamento dos modelos. Para esse teste foi adotado a opção de análise pareada, ou seja, os dados foram comparados dois a dois, no caso, hora a hora. A tabela com todos os resultados encontrados a partir da aplicação desse teste encontra-se no Apêndice D. Ao avaliar esses resultados conclui-se que entre a maioria dos modelos existem diferenças significativas, o que nos leva a rejeitar a hipótese de que os modelos são iguais, com exceção da comparação entre os modelos CIII\_SP e CI\_PEP50 e dos modelos CII\_PHV50 e CI\_ABS0.20, que mostraram não ter diferenças significativas.

Após realizar o teste de wilcoxon para saber se existiam diferenças significativas entre os modelos, foram propostos novos testes com o objetivo de encontrar uma escala gradual de desempenho entre os modelos. Para isso, os novos testes de wilcoxon foram realizados acrescidos do argumento “maior” ou “menor”, buscando identificar, ao comparar os modelos, aqueles com temperaturas internas mais elevadas (Apêndice D). A partir desses testes pôde-se chegar a uma escala

gradual de desempenho para os modelos estudados em ordem decrescente (maior à menor temperatura interna), como pode ser visto na figura 43.

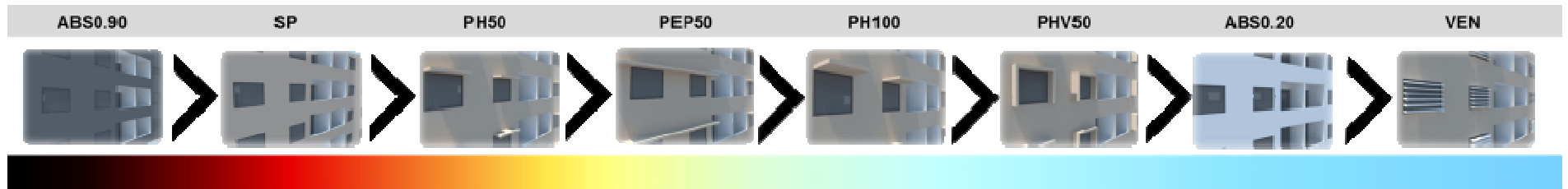
Desse modo, conclui-se que para os cenários I (isolado) e II (atual) a escala de desempenho entre os modelos é a mesma, destacando-se o modelo com absorvância 0.90 (ABS0.90) e sem proteção (SP) como os que possuem maiores valores de temperatura do ar interna e o modelo com proteção do tipo veneziana com as menores temperaturas. Os resultados confirmam a influência da proteção solar sobre as aberturas no desempenho térmico dos ambientes, principalmente a veneziana, assim como o uso de um valor elevado para absorvância da parede externa.

Convém destacar as mudanças na sequência de desempenho das proteções ao variar o grau de obstrução do entorno. Observa-se que no cenário III a proteção mista passa a ser menos eficiente do que a proteção horizontal com 100 cm de profundidade. Assim como, a proteção contínua (parede e esquadria) com 50 cm de profundidade passou a ser menos eficiente que a proteção horizontal com 50 cm de profundidade. Esse fato revela que, para uma mesma edificação, a eficiência de uma proteção solar pode mudar ao variar a condição de adensamento do entorno.

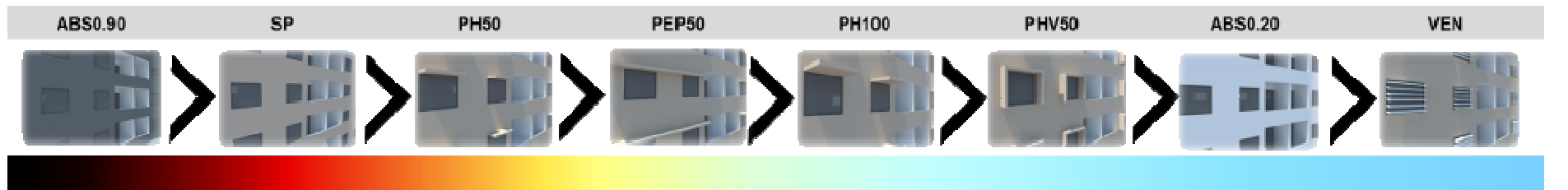


Figura 43: Escala gradual decrescente de desempenho dos modelos para a variável temperatura do ar

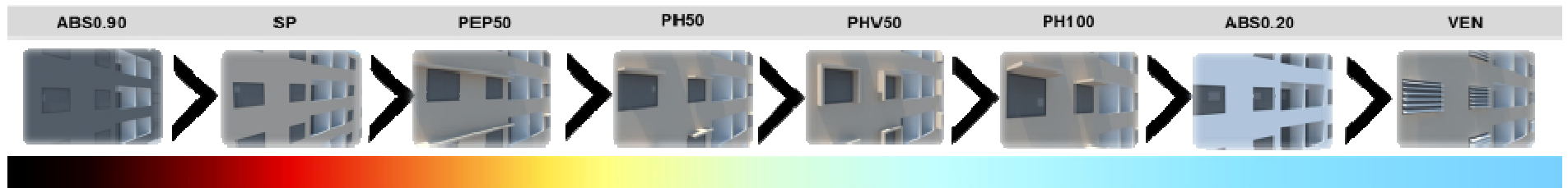
**CENÁRIO I**



**CENÁRIO II**



**CENÁRIO III**



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para o cenário III (máxima ocupação), encontrou-se a mesma sequência de desempenho para os modelos extremos, absorvância 0.90 e veneziana. Como desdobramento do teste anterior, foram realizados outros testes de wilcoxon, através dos quais foi possível analisar quantitativamente as possíveis diferenças entre os resultados dos modelos analisados. Uma alternativa para apresentar uma estimativa de um parâmetro populacional com base em uma amostra, é estimar um intervalo de valores plausíveis, chamado de intervalo de confiança. O quanto estas estimativas são prováveis será determinado pelo coeficiente de confiança, o valor adotado para a pesquisa foi de 95%.

Esses novos testes foram feitos adotando o argumento do intervalo de confiança e a comparação entre os dados foi pareada. O método foi aplicado à tipologia predominante (SP) e aos casos extremos da escala gradual (ABS0.90 e VEN). A partir das comparações das diferenças entre os modelos, observou-se, como esperado, que o a proteção solar tipo veneziana tem um maior impacto na redução da temperatura do ar interna. Na tabela 19 pode-se observar que a utilização deste dispositivo representa uma redução estimada de até 0.08 °C na temperatura do ar interna em comparação ao caso base, variando de acordo com o entorno no qual o edifício está inserido.

Ao comparar os modelos sem proteção - absorvância de 0.90 e absorvância de 0.41 (tipologia predominante) observa-se que o primeiro modelo pode chegar a apresentar um aumento de 0.15 °C na temperatura do ar interna, sofrendo alterações de acordo com o entorno.

A maior diferença encontrada foi entre o modelo sem proteção e absorvância de 0,90 com o modelo com proteção solar de veneziana e absorvância de 0,41 situados no cenário atual, os dois extremos da escala de desempenho, essa diferença estimada da temperatura do ar pode chegar até a 0.23 °C (Tabela 19).

**Tabela 19:** Valores referentes ao intervalo de confiança para temperatura do ar (°C)

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CI_SP	0.12 °C	0.11 A 0.12 °C
CII_ABS0.90 x CII_SP	0.15 °C	0.15 A 0.16 °C
CIII_ABS0.90 x CIII_SP	0.12 °C	**
CI_VEN x CI_SP	- 0.08 °C	- 0.08 A - 0.07 °C
CII_VEN x CII_SP	- 0.07 °C	**
CIII_VEN x CIII_SP	- 0.05 °C	**
CI_ABS0.90 x CI_VEN	0.20 °C	**
CII_ABS0.90 x CII_VEN	0.23 °C	0.23 A 0.24 °C
CII_ABS0.90 x CIII_VEN	0.18 °C	**

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Convém destacar a forma como esses dados foram analisados, foram considerados os dados horários do ano típico de referência e sobre estes, foram aplicados testes estatísticos. Portanto, apesar das diferenças encontradas não serem tão grandes, representam resultados próximos da realidade, visto que não foram adotadas médias, as quais, em muitos casos camuflam alguns resultados.

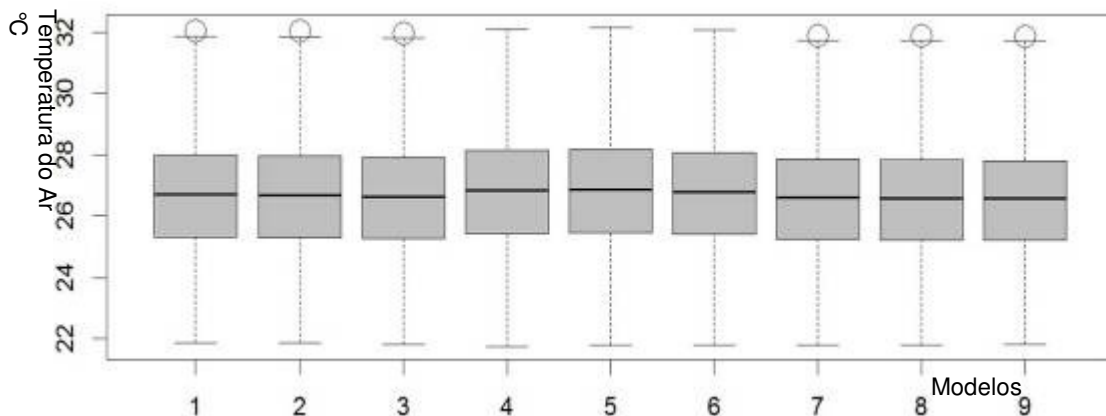
Esses resultados convergem com os apresentados na pesquisa de Lima (2010), onde também foi estudada a influência das proteções solares e da absorvância no desempenho térmico de edificações residenciais, nesse caso a tipologia analisada possuía apenas quatro pavimentos e o período analisado correspondeu ao dia típico de verão e de inverno. Os resultados apresentaram variações significativas entre os modelos com proteção solar e a tipologia sem proteção. No dia típico de verão as variações mais significativas foram no pavimento térreo, (reduções de 0,5 a 0,8°C), e no 4º pavimento (reduções de 0,1 a 0,5°C). Enquanto no dia típico de inverno as maiores variações de temperatura foram registradas no 4º pavimento (reduções de 0,1 a 0,8°C), e no térreo (reduções de 0,3 a 0,4°C).

### Influência do entorno

Ao avaliar a influência do entorno no comportamento da temperatura interna do modelo tipologia predominante (SP) e dos modelos extremos da escala gradual, observa-se que as diferenças não são tão grandes entre os modelos.

A partir da análise dos dados dos gráficos de caixas (Figura 44) pode-se observar o comportamento dessa variação, a variação é pequena. Os modelos 1, 2 e 3 correspondem a tipologia predominante, o 4, 5 e 6, aos modelos com absorvância 0.90 e os modelos 7, 8 e 9 as variações da tipologia com veneziana. Através dos valores apresentados observa-se a pequena diferença entre os modelos.

**Figura 44:** Comportamento da temperatura do ar para os modelos SP, ABS0.90 e VEN considerando o entorno



1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI_SP	CII_SP	CIII_SP	CI_ABS0.90	CII_ABS0.90	CIII_ABS0.90	CI_VEN	CII_VEN	CIII_VEN

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para avaliar a influência do parâmetro urbano, entorno imediato, também foi adotado o teste wilcoxon com o argumento do intervalo de confiança, objetivando encontrar, quantitativamente, as possíveis diferenças entre os modelos. Ao analisar essa diferença observa-se que os modelos apresentaram diferenças significativas.

Nessa perspectiva, convém destacar o modelo com absorvância 0.90, cujo comportamento térmico apresentou os maiores valores ao variar o entorno, o teste apresentou uma diferença estimada de 0.07°C entre o cenário atual e o máximo adensado, e o valor de 0.08°C entre o cenário atual e o máximo adensado. O mesmo ocorreu com o modelo sem proteção e absorvância 0.41, onde foi encontrada uma diferença estimada de 0.05°C entre o cenário atual e o máximo ocupado, isso ressalta a influência da malha urbana no comportamento térmico dos ambientes, em meio a tendência atual de adensamento e verticalização, eis um importante quesito a ser levado em consideração.

A temperatura do ar interna dos modelos com veneziana apresentaram as menores diferenças significativas ao variar a situação do entorno. A maior diferença foi no valor de 0.03°C, representando uma redução ao comparar o entorno máximo adensado com o cenário isolado. Já entre o cenário atual e o isolado essa diferença foi quase nula, 0.01°C, nesse sentido pode-se concluir que para o modelo veneziana o entorno no qual a edificação

está inserida não representa mudanças significativas em seu comportamento da temperatura do ar interno.

O mesmo aconteceu para a tipologia predominante (SP), a redução máxima encontrada foi de 0.05°C, ao inserir a edificação no entorno máximo adensado comparado ao entorno isolado. Ao comparar o cenário isolado com o atual, ocorreu o mesmo que a tipologia veneziana, apresentando diferenças quase nulas (Tabela 20).

**Tabela 20:** Valores referentes ao intervalo de confiança para temperatura do ar considerando o entorno (°C).

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CII_ABS0.90	- 0.02	**
CI_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.05	0.04 A 0.05
CII_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.07	**
CI_VEN x CII_VEN	0.01	**
CI_VEN x CIII_VEN	0.03	0.02 A 0.03
CII_VEN x CIII_VEN	0.02	**
CI_SP x CII_SP	0.01	**
CI_SP x CIII_SP	0.05	**
CII_SP x CIII_SP	0.04	**

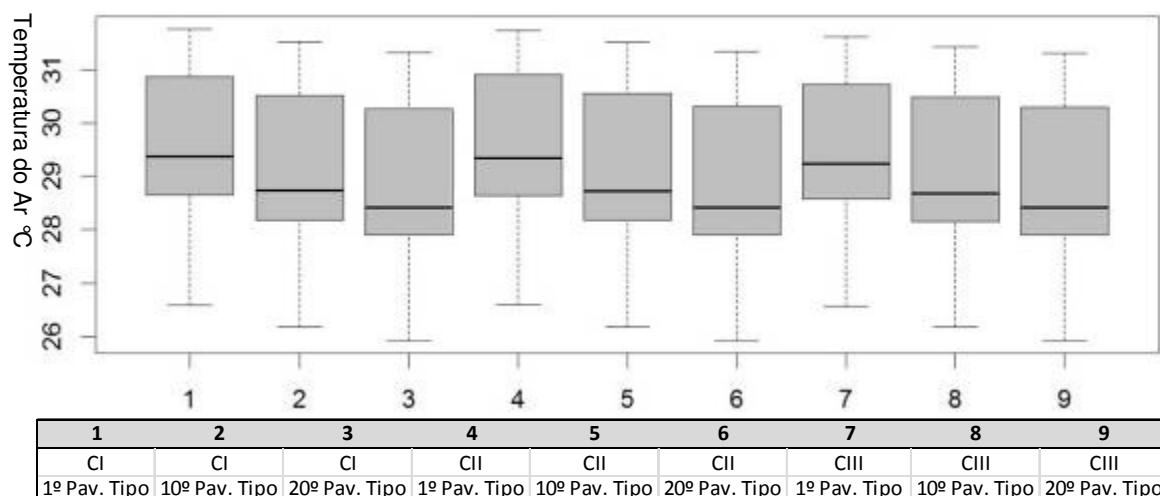
Fonte: elaborado pela autora, 2013.

### Influência da altura do pavimento tipo

Outro fator que pode influenciar significativamente o comportamento térmico dos ambientes internos é a altura na qual se encontra o pavimento tipo. Para essa análise foi adotado o mesmo método anterior.

O modelo tipologia predominante (SP), apresentou diferenças significativas ao variar a altura do pavimento tipo. Observa-se através do gráfico de caixas (Figura 45), uma tendência a redução da temperatura ao aumentar a altura do pavimento tipo em todos os cenários estudados. Essa redução ocorre tanto nas temperaturas mínimas quanto nas máximas.

**Figura 45:** Comportamento da temperatura do ar para o modelo SP considerando os pavimentos.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ao comparar quantitativamente essas diferenças, tem-se para a tipologia predominante, uma redução que pode chegar a 0.59°C ao comparar a temperatura do pavimento tipo mais baixo com o mais alto, quando localizados no cenário isolado. Ocorre uma redução, porém em uma menor proporção, entre o pavimento intermediário e o mais baixo, no valor de 0.35°C. A menor redução encontrada foi entre o pavimento intermediário e o mais alto, na ordem de 0.24°C (Tabela 21).

**Tabela 21:** Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo SP (°C).

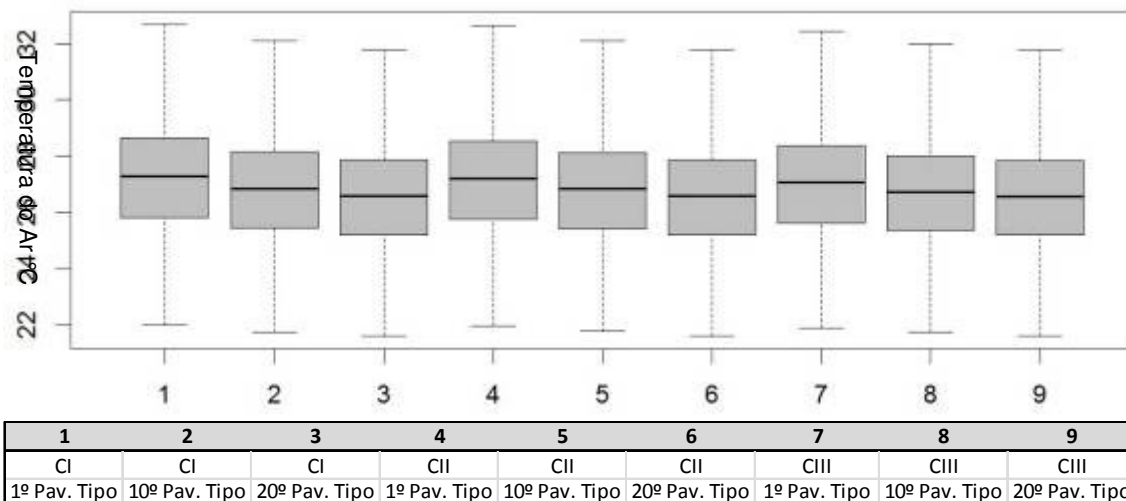
INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_SP01 x CI_SP02	0.35 °C	0.35 A 0.36 °C
CI_SP01 x CI_SP03	0.59 °C	**
CI_SP02 x CI_SP03	0.24 °C	**
CII_SP01 x CII_SP02	0.33 °C	0.32 A 0.33 °C
CII_SP01 x CII_SP03	0.56 °C	0.55 A 0.56 °C
CII_SP02 x CII_SP03	0.23 °C	**
CIII_SP01 x CIII_SP02	0.30°C	0.29 A 0.30 °C
CIII_SP01 x CIII_SP03	0.50 °C	0.49 A 0.50 °C
CIII_SP02 x CIII_SP03	0.20 °C	**

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ao avaliar o comportamento do modelo sem proteção com absorvância 0.90 nota-se uma leve variação da temperatura ao mudar a altura do pavimento tipo, assim como no modelo anterior, existe uma tendência à redução desses valores ao aumentar a altura do pavimento tipo. A partir da figura 46, observa-se também uma distribuição simétrica dos resultados, as medianas apresentam valores aproximados a 27°C nos andares mais baixos e intermediários, já nos andares mais altos as medianas apresentam valores próximos a 26°C. Apesar de pequena, a variação ocorre tanto nos intervalos interquartis quanto nos

valores máximos, totalizando quase 100% da amostra estudada, mostrando a tendência à redução na temperatura conforme mais alto estiver localizado o apartamento.

**Figura 46:** Temperatura do ar para o modelo ABS0.90 considerando os pavimentos



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A partir da análise quantitativa desses resultados observam-se diferenças significativas entre todos os modelos com absortância 0.90. Observa-se um comportamento similar entre os cenários, a tabela 21 apresenta esses resultados. Para o cenário isolado, a maior diferença encontrada foi entre o andar inferior e o superior, esse valor é na ordem de 0.66°C. Entre o pavimento mais baixo e o intermediário encontrou-se uma diferença estimada de 0.40°C, e a menor diferença encontrada foi entre o pavimento intermediário e o mais alto, na ordem de 0.26°C.

Para o cenário atual, a maior diferença estimada encontrada foi no valor de 0.59°C, entre o pavimento tipo mais baixo e o mais alto, vindo em seguida a diferença entre o mais baixo e o intermediário, na ordem de 0.35°C e por último a diferença entre o intermediário e o mais alto, representando um valor de 0.24°C.

Como já observado nos outros cenários, a tendência à redução da diferença estimada entre os modelos mais baixos e mais altos também ocorreu no cenário máximo adensado. Essa diferença máxima correspondeu a 0.49°C, em seguida, uma redução de 0.30°C na temperatura do pavimento tipo intermediário em relação ao mais baixo e, 0.18°C de redução entre o pavimento intermediário e o mais alto (Tabela 22).

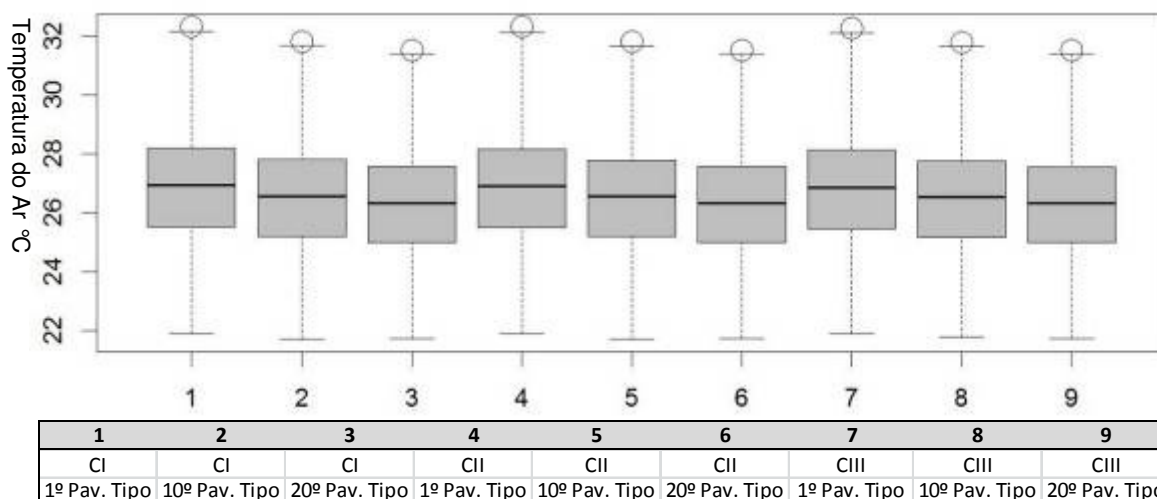
**Tabela 22:** Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo ABS0.90 (°C).

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.901 x CI_ABS0.902	0.40 °C	0.40 A 0.41 °C
CI_ABS0.901 x CI_ABS0.903	0.66 °C	0.66 A 0.67 °C
CI_ABS0.902 x CI_ABS0.903	0.26 °C	**
CII_ABS0.901 x CII_ABS0.902	0.35 °C	0.35 A 0.36 °C
CII_ABS0.901 x CII_ABS0.903	0.59 °C	0.59 A 0.60 °C
CII_ABS0.902 x CII_ABS0.903	0.24 °C	**
CIII_ABS0.901 x CIII_ABS0.902	0.30 °C	0.30 A 0.31 °C
CIII_ABS0.901 x CIII_ABS0.903	0.49 °C	0.48 A 0.49 °C
CIII_ABS0.902 x CIII_ABS0.903	0.18 °C	0.18 A 0.19 °C

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A figura 47 refere-se ao gráfico de caixas dos resultados do modelo com veneziana, observa-se a mesma tendência a redução das temperaturas em função do aumento da altura do pavimento tipo como ocorreu com os modelos apresentados anteriormente.

**Figura 47:** Temperatura do ar para o modelo VEN considerando os pavimentos.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Quantitativamente, a maior diferença estimada encontrada nesse modelo foi no cenário isolado, entre o pavimento mais baixo e o mais alto. Fato este que se estende aos demais cenários (II e III), essa maior redução foi na ordem de 0.57°C, na situação de cenário isolado. Vindo em seguida uma redução de 0.34 °C entre o pavimento mais baixo e o intermediário e por fim, uma redução no valor de 0.23°C entre o pavimento intermediário e o mais alto (Tabela 23).

Nos resultados para o cenário atual, as maiores diferenças correspondem as comparações entre o pavimento tipo mais baixo e o mais alto, essa diferença chega a 0.55°C. A menor diferença apresentada foi de 0.23°C, entre o pavimento intermediário e o mais alto.



O mesmo ocorre no cenário III, onde a máxima diferença encontrada foi 0.53°C, entre o pavimento mais baixo e o mais alto, a menor redução foi entre o pavimento intermediário e o mais alto, no valor de 0.21 °C (Tabela 23).

**Tabela 23:** Temperatura do ar considerando os pavimentos do modelo VEN (°C).

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_VEN01 x CI_VEN02	0.34 °C	0.33 A 0.34 °C
CI_VEN01 x CI_VEN03	0.57 °C	0.56 A 0.57 °C
CI_VEN02 x CI_VEN03	0.23 °C	**
CII_VEN01 x CII_VEN02	0.33 °C	0.32 A 0.33 °C
CII_VEN01 x CII_VEN03	0.55 °C	0.55 A 0.56 °C
CII_VEN02 x CII_VEN03	0.23 °C	0.22 A 0.23 °C
CIII_VEN01 x CIII_VEN02	0.32 °C	0.31 A 0.32 °C
CIII_VEN01 x CIII_VEN03	0.53 °C	0.52 A 0.53 °C
CIII_VEN02 x CIII_VEN03	0.21 °C	**

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

Diante desses resultados pode-se concluir que os apartamentos localizados nos andares mais altos possuem temperaturas mais baixas ao serem comparados com o comportamento térmico do andar intermediário (10º pavimento tipo) e com o andar mais baixo (1º pavimento tipo). Muito provavelmente, isso ocorre devido à maior incidência de ventilação natural e à menor exposição ao calor refletido pelo solo ou outras fontes. Vale ressaltar que existem outros fatores, como orientação solar, as propriedades dos materiais, entre outros, que contribuem significativamente para esses resultados.

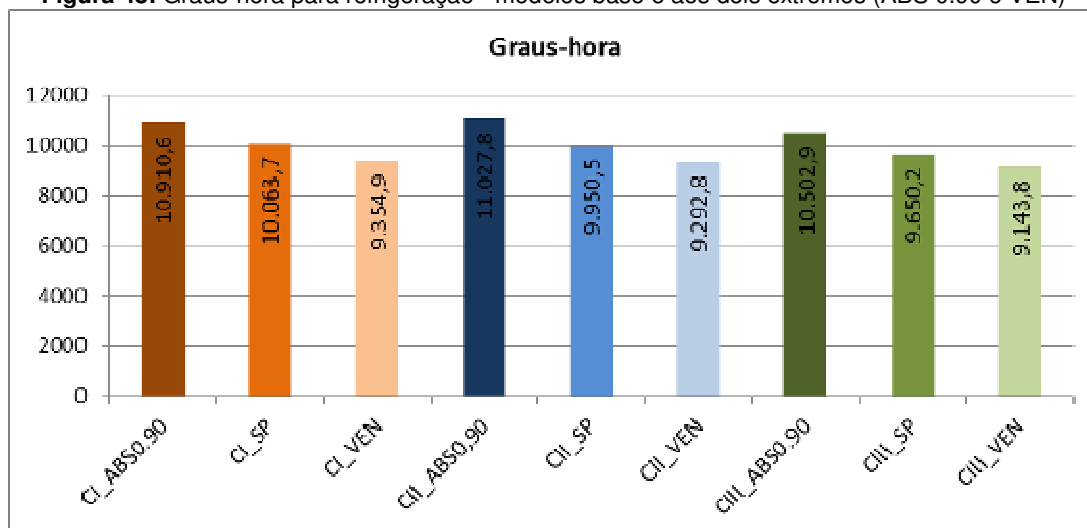
Como o objetivo dessa abordagem é reproduzir as condições ambientais da edificação ao longo do ano, testando as variações das proteções e dos valores de absorvância, foi utilizado, além dos testes estatísticos, o índice de conforto térmico denominado de método graus-hora.

Após a análise bibliográfica, a zona de conforto térmico de Givoni (1992) para países de clima quente e em desenvolvimento, foi escolhida como representativa para pessoas adaptadas aos climas existentes no Brasil, o autor afirma que, para países em desenvolvimento, as temperaturas de conforto são: mínima de 18°C e máxima de 26°C.

Calculou-se então, os somatórios de graus-hora considerando os limites de temperatura entre 18°C e 26°C como zona de conforto. A partir destes limites, somaram-se as temperaturas horárias que ficaram aquém e além destes valores, obtendo os somatórios de graus-hora para aquecimento e resfriamento, respectivamente. Sendo o segundo procedimento o utilizado na pesquisa, visto que o clima onde está inserida a presente pesquisa não apresenta ao longo do ano valores abaixo de 18°C, não necessitando assim, de condicionamento do tipo aquecimento.

Para viabilizar as análises foi considerado apenas o caso-base e os dois modelos extremos encontrados através dos testes de hipóteses para cada cenário. Para todos cenários estudados o modelo que se comportou com maior temperatura do ar interna foi o sem proteção com absorvância 0.90 e o modelo com melhor desempenho térmico foi o com veneziana. Segue abaixo os gráficos referentes aos graus-hora de desconforto desses modelos juntamente com o modelo caso base (SP). Todos os cenários apresentaram uma tendência à redução das horas de desconforto do modelo base para o modelo com veneziana e aumento no modelo com absorvância 0.90 em relação a tipologia base. O modelo com veneziana apresentou uma redução de 708,8 nas horas de desconforto comparado ao caso base, já entre os modelos sem proteção a variação da absorvância de 0.41 a 0.90 representou um aumento de 846,90 nas horas de desconforto (Figura 48).

**Figura 48:** Graus-hora para refrigeração - modelos base e aos dois extremos (ABS 0.90 e VEN)

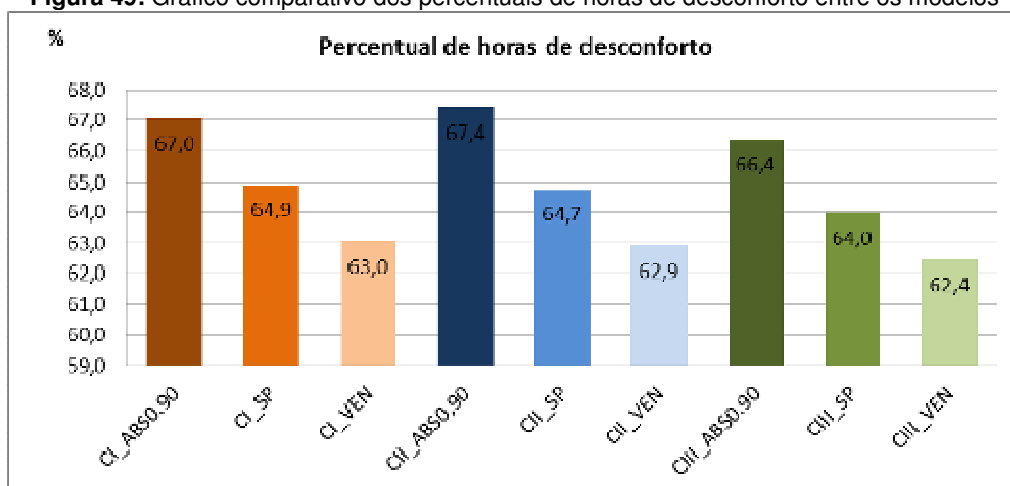


Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A edificação com o dispositivo de sombreamento veneziana apresentou uma redução relativa de até 1,9% nas horas de desconforto para o cenário isolado, 1,8% no cenário atual e 1,6% no cenário máximo adensado. Esses valores ressaltam mais uma vez a influência do entorno, destacando o grau de obstrução do entorno como um elemento que pode influenciar na melhoria do desempenho térmico das edificações (Figura 49).

O modelo com absorvância 0.90 apresentou um aumento relativo máximo de nas 2,7% horas de desconforto, considerando o cenário II. No cenário I esse aumento foi de 2,1% e, no cenário III, de 2,4%.

**Figura 49:** Gráfico comparativo dos percentuais de horas de desconforto entre os modelos

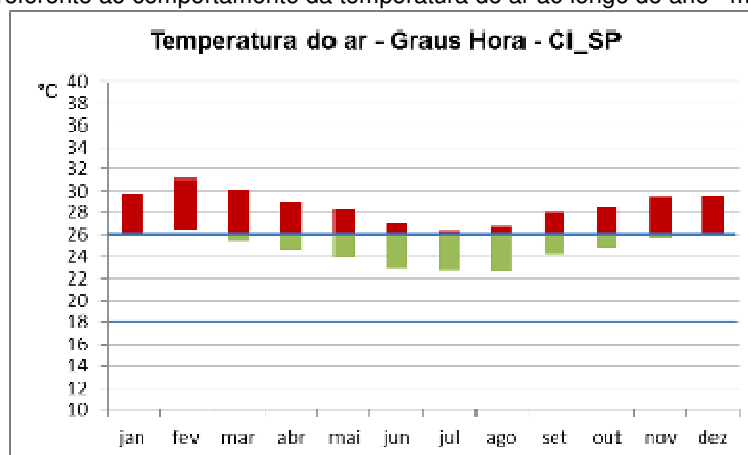


Fonte: elaborado pela autora, 2013.

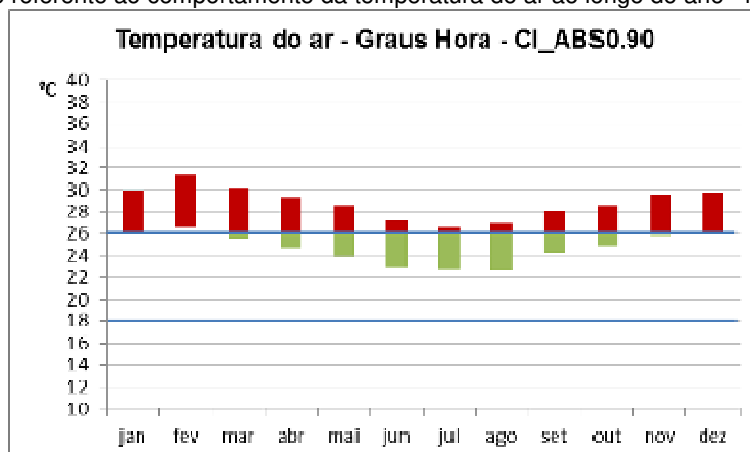
A aplicação desse método ressaltou mais uma vez a influência significativa do elemento de proteção solar veneziana na melhoria do comportamento térmico dos ambientes internos. Assim como a influência do valor da absorvância das paredes externas.

Ao analisar o comportamento dos modelos ao longo do ano observa-se que os valores acima da temperatura limite (26 °C), são bastante significativos para o modelos base (SP) e para o modelo ABS0.90, destacando-se o mês de fevereiro, para ambos os casos, como o mês com maior quantidade de horas de desconforto, necessitando, portanto, de algum mecanismo de refrigeração artificial. O mês que apresentou a menor quantidade de horas de desconforto foi o mês de julho (Figura 50 e 51).

**Figura 50:** Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI\_SP

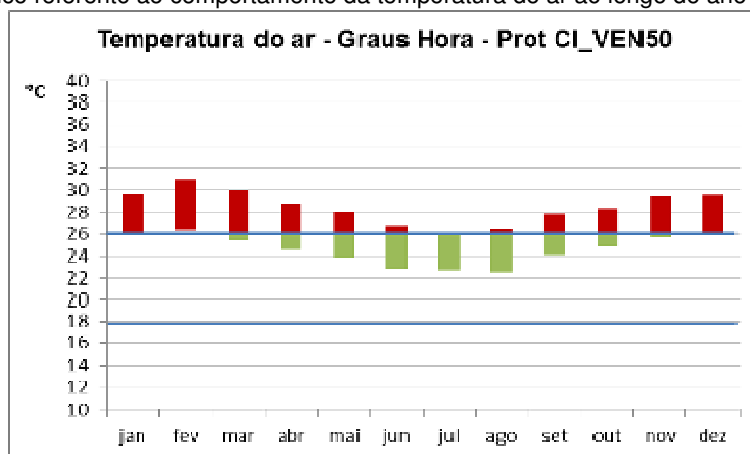


Fonte: elaborado pela autora, 2013.

**Figura 51:** Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI\_ABS0.90

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O modelo com veneziana mostrou-se um pouco mais eficiente, ao ser utilizado esse dispositivo de proteção houve uma redução nas horas de desconforto ao longo do ano. Observa-se essa redução principalmente entre os meses de abril a agosto, convém destacar o mês de julho, onde as temperaturas ficaram abaixo ou igual a temperatura limite de conforto de 26 °C (Figura 52).

**Figura 52:** Gráfico referente ao comportamento da temperatura do ar ao longo do ano - modelo CI\_VEN

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Esses resultados confirmam a tipologia veneziana como a mais eficiente das proteções analisadas, a proteção horizontal sobre a abertura e a proteção horizontal na abertura e nos fechamentos opacos - com profundidade de 50 cm, apresentaram os piores desempenhos. Além dos dispositivos de proteção solar, convém destacar o desempenho da tipologia com absorvância 0.20, que mesmo sem proteção solar apresentou o 2º melhor desempenho.

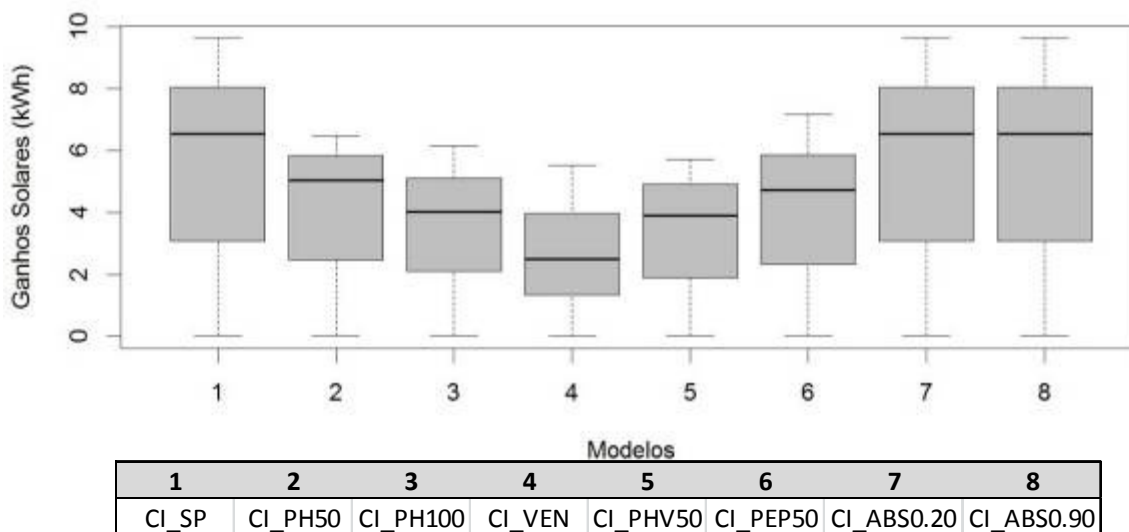
#### 4.3.1.2. Ganhos solares pelos fechamentos transparentes

O presente subitem descreve os resultados obtidos através das simulações para os ganhos solares pelas esquadrias. A partir da análise dos histogramas pode-se observar diferenças entre o comportamento dos modelos em análise. As edificações com proteção horizontal nas janelas com 50 cm de profundidade apresentaram altas frequências de ocorrência para valores acima de 5.000 Wh (Apêndice B).

Os valores de ganhos de calor demonstraram-se bastante sensíveis ao considerar o uso de dispositivo de proteção solar e ao alterar o grau de obstrução do entorno. Inicialmente foram desenvolvidos gráficos de caixas com todos os modelos estudados, a partir desses gráficos é possível afirmar que existem diferenças significativas entre os resultados das variações das proteções solares.

Dentre os modelos com proteção solar observa-se que a tipologia com veneziana apresentou os menores valores, assim como o menor intervalo interquartil dos resultados. A opção com proteção mista (horizontal e vertical) apresentou seu valor máximo bem próximo ao da veneziana, o que difere do anterior é o valor do 3º quartil, onde neste modelo corresponde a mais de 4 kWh, já o modelo VEN apresenta valores menores que 4 kWh. A tipologia com proteção horizontal contínua em todo pavimento tipo (PEP50) apresentou os maiores picos de ganhos solares (Figura 53).

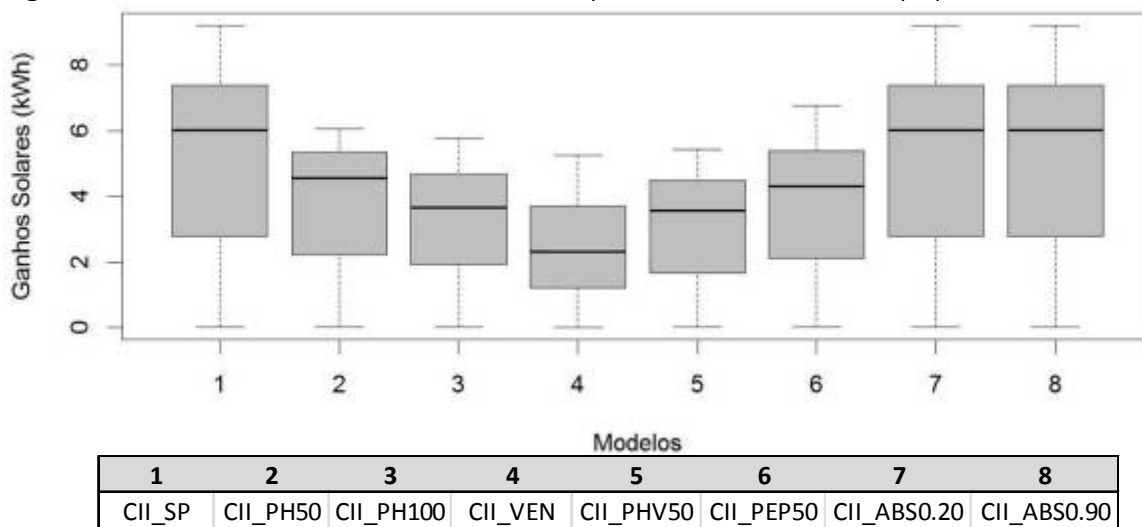
**Figura 53:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário I.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

No cenário II, os modelos com melhores e piores desempenhos permanecem os mesmos do cenário I, observa-se reduções nos valores do 3º quartil em praticamente todos os modelos (Figura 54).

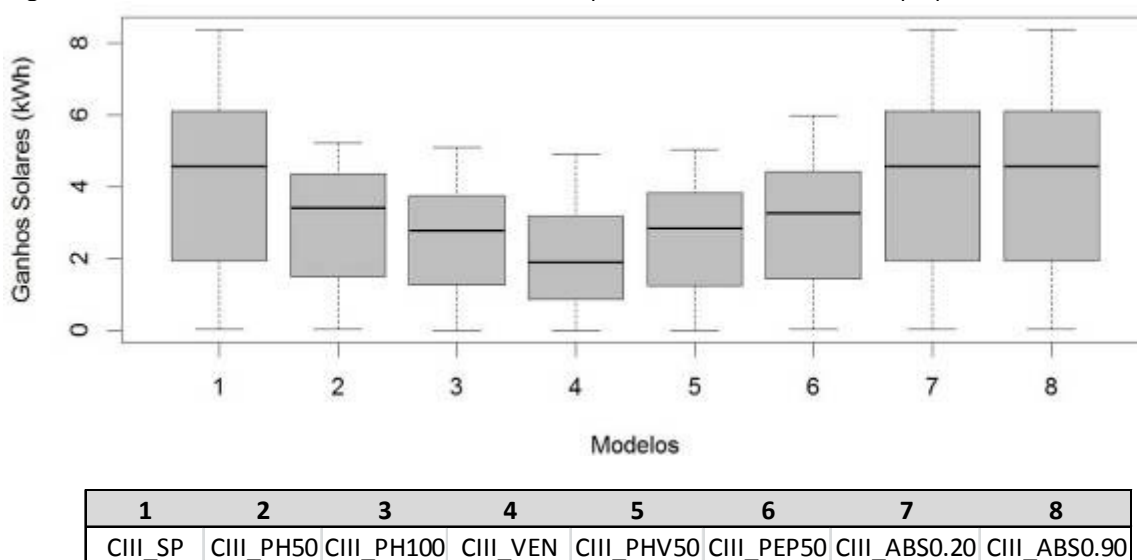
**Figura 54:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário II.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para o cenário III observa-se o mesmo comportamento dos cenários I e II para os modelos com melhor e pior desempenho. Esse cenário destaca-se pela redução, em quase todos os modelos, da quantidade de radiação solar incidente internamente. Fato este, ocorrido em virtude do sombreamento provocado pelos edifícios altos em seu entorno próximo. Para os modelos com pior desempenho observa-se uma queda de cerca de 1 kWh em seus valores mínimos, ao comparar o cenário atual (II) com o cenário isolado (I) (Figura 55).

**Figura 55:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - todos os modelos propostos, Cenário III.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A partir do teste de normalidade Lilliefors (Apêndice C) conclui-se que os dados referentes aos ganhos solares pelas esquadrias também não possuem distribuição normal.

Para identificar as diferenças entre os modelos foram aplicados os mesmos métodos da variável anterior.

Para todos os cenários estudados (I, II e III), o modelo mais eficiente no controle da incidência solar foi a veneziana, seguido do dispositivo de proteção solar misto (placas horizontais e verticais), depois da proteção horizontal com 100 cm de profundidade, depois a proteção contínua protegendo as janelas e as paredes, em seguida a proteção horizontal com 50cm de profundidade e por último, como esperado, os modelos sem proteção (SP, ABS 0.20 e ABS 0.90) (Figura 56).

Esses resultados ressaltam as proteções mais eficientes para o clima quente e úmido, com destaque para a veneziana como sendo a mais adequada e eficiente. São inúmeras as vantagens dessa tipologia, sendo ela móvel permite a flexibilidade do controle da luz natural incidente assim como da ventilação natural. Convém destacar também a importância das proteções verticais, a proteção mista (horizontal e vertical) apresentou melhores resultados do que a proteção apenas horizontal, a qual teve o pior desempenho comparado às demais. A profundidade das proteções horizontais foi outro ponto importante, através dos resultados observa-se que as prateleiras horizontais com maiores profundidade são mais eficientes que as mais estreitas.

A tabela 24 apresenta os resultados da análise quantitativa das diferenças entre os modelos. Ao analisar a diferença entre a tipologia com proteção solar e a tipologia base através dos testes de hipóteses wilcoxon, encontra-se uma redução de até 2.930 Wh na incidência direta solar pelos fechamentos transparentes ao utilizar o dispositivo de proteção solar veneziana. Ao variar o entorno essa diferença também muda, para o cenário atual a redução encontrada é de 2.680 Wh e para o cenário máximo adensado é de 2.000 Wh (Tabela 24).

Para a proteção solar do tipo mista (vertical e horizontal) essa redução na incidência solar direta pode chegar a 2.140 Wh na situação de cenário isolado. Já para o cenário máximo adensado essa redução cai para 1.490 Wh, ressaltando mais uma vez a influência do entorno (Tabela 24).

Seguindo a sequência da escala gradual, tem-se a proteção horizontal com 100cm de profundidade, seu uso representa uma redução na ordem de 1.970 Wh, dentro de um intervalo de confiança que pode variar de 1.940 a 2.000 Wh para a situação de cenário isolado. Na situação atual, a diferença estimada é de 2.010 Wh e, para a situação hipotética de máximo adensamento, esse valor cai para 1.490 Wh, dentro de um intervalo de confiança que varia de 1.480 a 1.540 Wh.

A proteção horizontal com 50cm de profundidade contínua por todo o pavimento tipo (PEP50) apresentou ser mais eficiente do que a proteção também com 50 de profundidade localizada apenas nas janelas (PH50). A PEP50 representou uma redução ao ser

comparada com a tipologia predominante de 1.450 Wh para o cenário isolado. A menor diferença encontrada foi na situação máxima adensada, no valor de 1.080 Wh.

Por fim, a tipologia de proteção horizontal com profundidade de 50 cm nas janelas, apesar de estar na última posição apresenta reduções significativas ao ser comparada ao caso base. A maior redução encontrada foi na situação do cenário isolado, 1.390 Wh, dentro de um intervalo de confiança que pode variar entre 1.360 a 1.420 Wh.

**Tabela 24:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes (kWh).

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_SP x CI_VEN	2.93	2.87 A 2.98
CII_SP x CII_VEN	2.68	2.63 A 2.73
CIII_SP x CIII_VEN	2.00	1.96 A 2.04
CI_SP x CI_PHV50	2.14	2.10 A 2.18
CII_SP x CII_PHV50	2.01	1.97 A 2.05
CIII_SP x CIII_PHV50	1.49	1.46 A 1.52
CI_SP x CI_PH100	1.97	1.94 A 2.00
CII_SP x CII_PH100	1.85	1.82 A 1.89
CIII_SP x CIII_PH100	1.51	1.48 A 1.54
CI_SP x CI_PEP50	1.45	1.43 A 1.48
CII_SP x CII_PEP50	1.37	1.34 A 1.40
CIII_SP x CIII_PEP50	1.08	1.06 A 1.11
CI_SP x CI_PH50	1.39	1.36 A 1.42
CII_SP x CII_PH50	1.32	1.29 A 1.35
CIII_SP x CIII_PH50	1.10	1.07 A 1.13

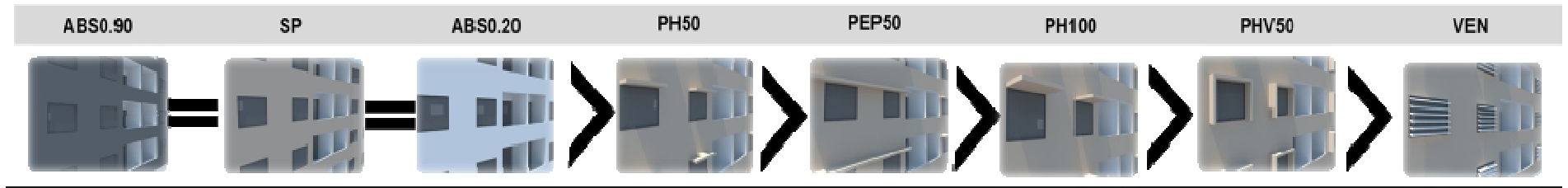
**Fonte:** elaborada pela autora, 2013.

Nota-se, portanto, que os cinco mecanismos de sombreamento estudados apresentaram significativas reduções na incidência de radiação solar dentro dos ambientes, além disso, observa-se que ao alterar a situação do arranjo construtivo do entorno essa redução também altera. À medida que o entorno se torna mais obstruído menor é essa diferença estimada, isso ocorre em virtude do sombreamento provocado por essas edificações do entorno.

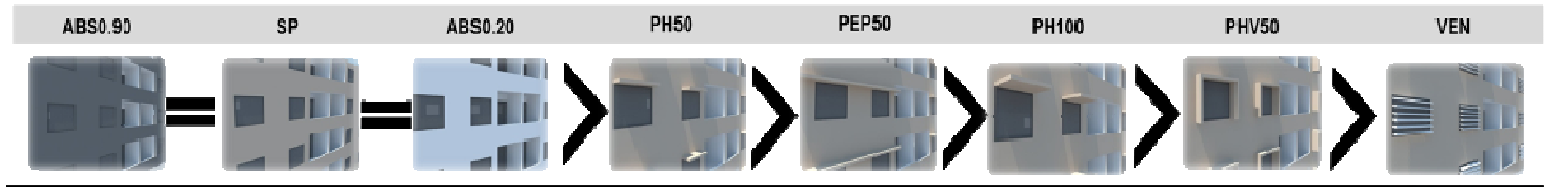


Figura 56: Escala gradual decrescente dos modelos para a variável ganhos solares pelos fechamentos transparentes

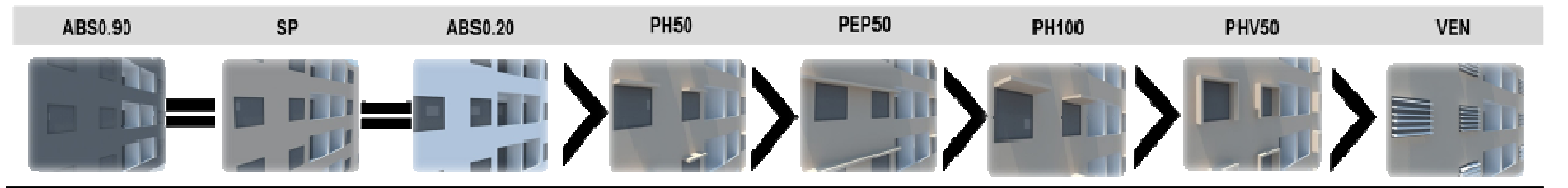
CENÁRIO I



CENÁRIO II



CENÁRIO II



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

### Influência do entorno

A tabela 25 a seguir apresenta, resumidamente, as diferenças máximas encontradas no comparativo dos dados entre as proteções solares e a tipologia predominante. Observa-se claramente, em todos os modelos, a tendência à redução dos ganhos solares conforme aumenta o grau de obstrução do entorno, assim como, as diferenças de eficiência entre os tipos de proteção solar.

**Tabela 25:** Diferença estimada entre as proteções solares e a tipologia base (kWh)

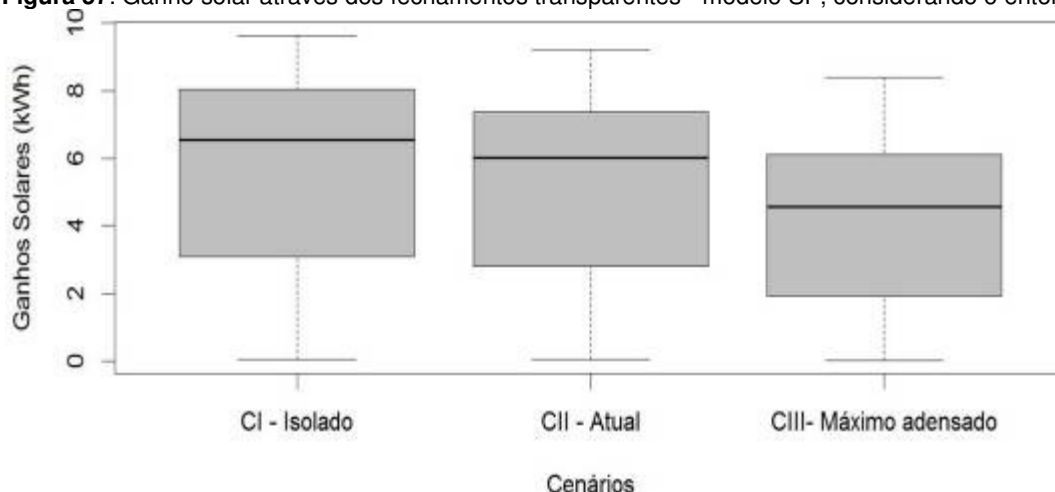
GANHOS SOLARES (Wh) FECHAMENTOS TRANSPARENTES	VENEZIANA	PROT. MISTA	PROT. HOR. 100CM	PROT. ESQ + PAR.	PROT. HOR. 50CM
	VEN	PHV50	PH100	PEP50	PH50
CENÁRIO I	-293	-214	-197	-145	-139
CENÁRIO II	-268	-201	-185	-137	-132
CENÁRIO III	-200	-149	-151	-108	-110

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A partir do comparativo feito entre os resultados das simulações para os cenários I, II e III do modelo base, observa-se uma tendência a redução dos ganhos na medida em que se passa do cenário I para o II. O modelo inserido no entorno máximo adensado (CIII) se configura como o que recebe menos radiação solar direta pelas janelas.

Os resultados encontrados para a tipologia predominante estão apresentados no gráfico de caixas (Figura 57), observa-se uma significativa redução no valor máximo dos dados ao alterar a composição do arranjo construtivo do entorno imediato.

**Figura 57:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ao analisar quantitativamente esse comportamento, observam-se os valores máximos de diferença entre o cenário isolado com o máximo adensado, na ordem de 1.510

Wh, representando uma significativa redução ao aumentar o grau de obstrução do entorno. Essa redução pode variar em um intervalo de confiança entre 1.480 a 1.530 Wh (Tabela 26).

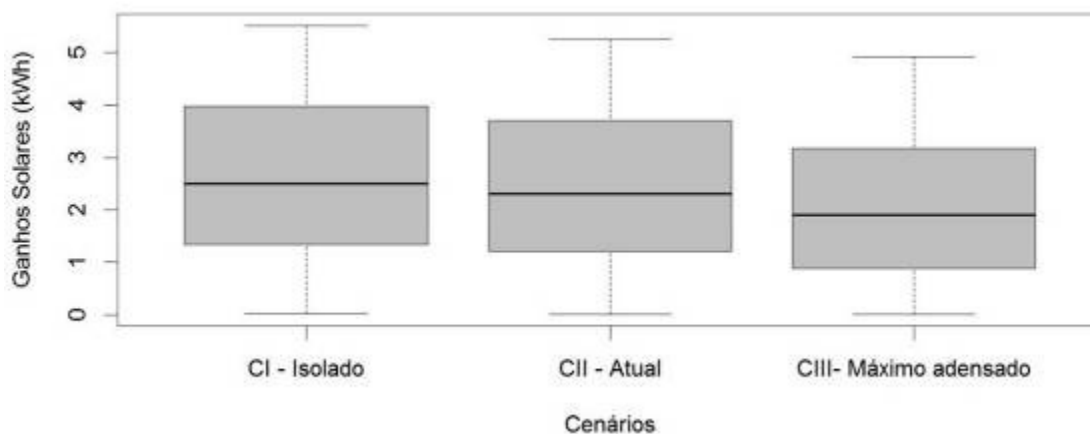
**Tabela 26:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_SP x CII_SP	0.42	0.41 A 0.42
CI_SP x CIII_SP	1.51	1.48 A 1.53
CII_SP x CIII_SP	1.04	1.03 A 1.06

Fonte: elaborado pela autora, 2013

Mesma constatação foi encontrada para o modelo com veneziana, com destaque para a redução significativa do valor máximo dos resultados comparado ao caso base, essa redução foi na ordem de 3 kWh (Figura 58).

**Figura 58:** Ganhos solares através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013

Numericamente essas diferenças foram menores que o caso base, visto que os valores já haviam sido reduzidos pela presença da veneziana. A maior diferença encontrada foi entre o cenário isolado com o máximo adensado, na ordem de 580 Wh. Já a menor redução apresentada foi entre o isolado com o atual, no valor de 180 Wh (Tabela 27).

**Tabela 27:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando o entorno

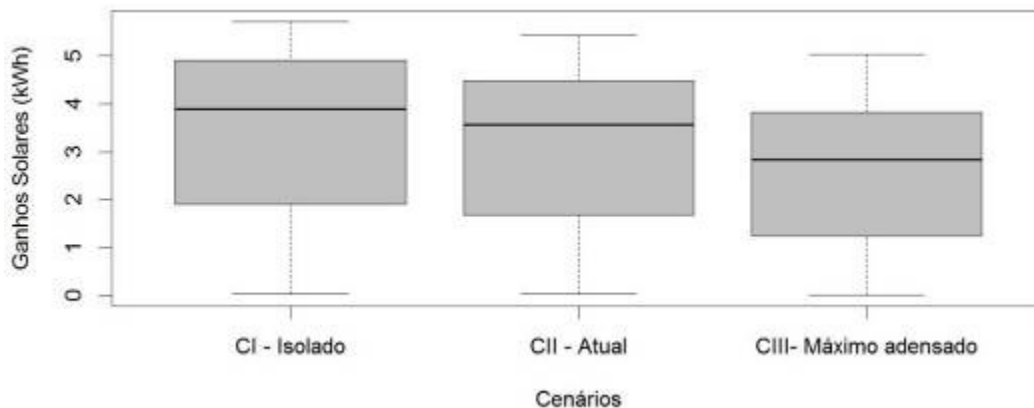
INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_VEN x CII_VEN	0.18	0.18 A 0.19
CI_VEN x CIII_VEN	0.58	0.57 A 0.58
CII_VEN x CIII_VEN	0.38	0.38 A 0.39

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O modelo com proteção solar misto (vertical e horizontal) apresentou comportamento e valores aproximados da tipologia veneziana. A partir do comparativo entre o gráfico de

caixas dos dois modelos, observa-se que a tipologia PHV50 apresentou valores da mediana mais altos que os do modelo VEN (Figura 59).

**Figura 59:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando o entorno.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Assim como ocorreu nas tipologias anteriores, o ganho solar diminuiu em função do adensamento do entorno, a situação atual e a máxima adensada apresentaram ganhos menores que a situação isolada. O edifício inserido no cenário isolado apresentou 870 Wh a mais de ganho solar do que o edifício inserido em um arranjo construtivo com adensamento máximo. Já o cenário atual apresentou 300 Wh a mais que o cenário isolado e, ao comparar o cenário atual com a situação hipotética máxima adensada observa-se uma redução de 550 Wh na segunda situação (Tabela 28).

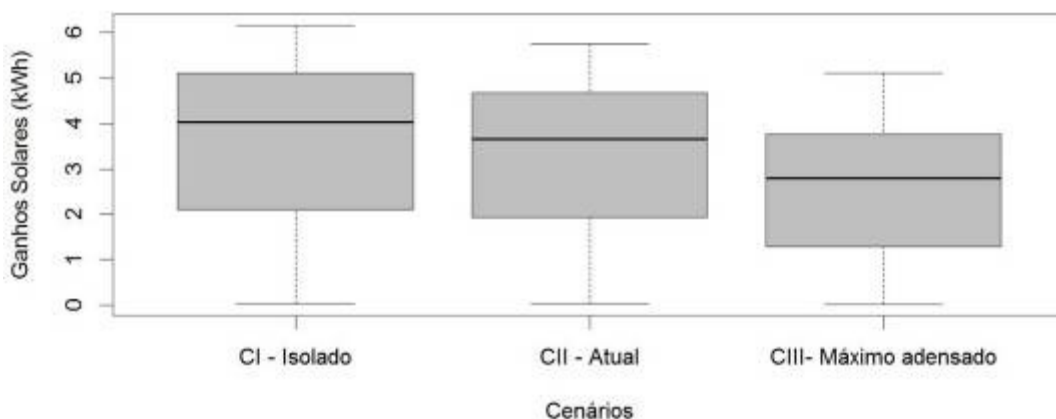
**Tabela 28:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_PHV50 x CII_PHV50	0.30	0.30 A 0.31
CI_PHV50 x CIII_PHV50	0.87	0.86 A 0.89
CII_PHV50 x CIII_PHV50	0.55	0.54 A 0.56

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O aumento do grau de obstrução do entorno também influencia o comportamento do modelo com proteção horizontal com profundidade de 100 cm nas janelas (Figura 60).

Figura 60: Ganhos solares através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A diferença máxima encontrada para este modelo foi entre o cenário isolado e o máximo adensado, onde a inserção da edificação neste último representou uma redução de 1.070 Wh, dentro de um intervalo de confiança que varia de 1.060 a 1.090 Wh (Tabela 29).

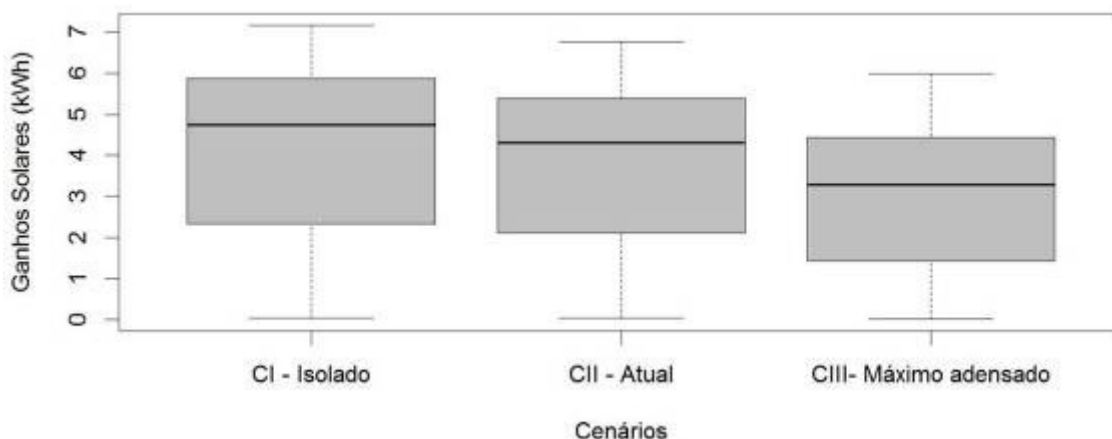
Tabela 29: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_PH100 x CII_PH100	0.32	0.31 A 0.32
CI_PH100 x CIII_PH100	1.07	1.06 A 1.09
CII_PH100 x CIII_PH100	0.73	0.72 A 0.74

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A redução no ganho solar, ao variar o entorno, também foi evidente para o modelo com proteção horizontal com 50 cm de profundidade contínua por todo o pavimento tipo, observa-se através do gráfico de caixas YY que o valor máximo dos dados chega a uma redução na ordem de 1.000 Wh ao comparar o cenário isolado com o máximo adensado (Figura 61).

Figura 61: Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Numericamente, as diferenças apresentadas pelo modelo com proteção horizontal com 50 cm de profundidade contínua por todo pavimento tipo, são próximas das diferenças encontradas para o modelo anterior (PH100). A máxima diferença encontrada foi 1.170 Wh, correspondendo à redução provocada pelo adensamento das edificações comparado à situação isolada (Tabela 30).

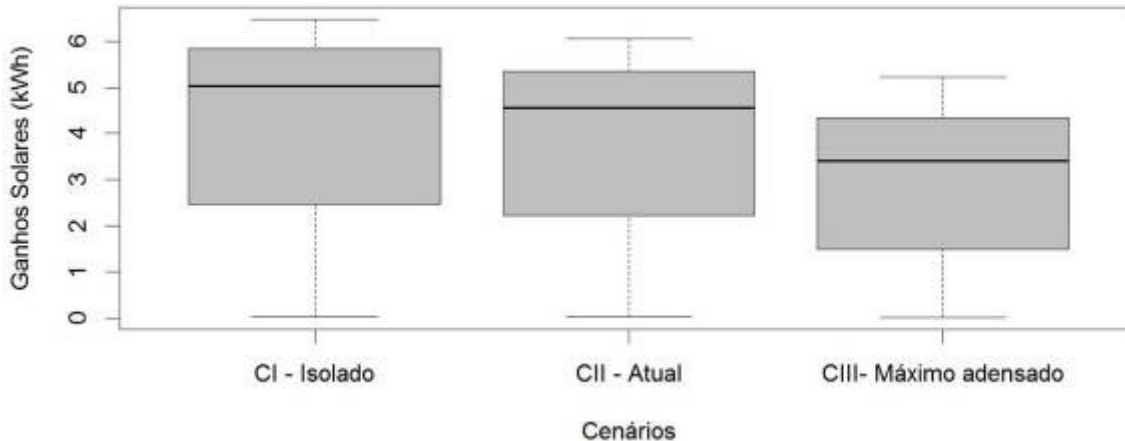
**Tabela 30:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_PEP50 x CII_PEP50	0.35	0.34 A 0.36
CI_PEP50 x CIII_PEP50	1.17	1.15 A 1.19
CII_PEP50 x CIII_PEP50	0.79	0.78 A 0.80

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O modelo com proteção horizontal com 50 cm de profundidade nas janelas apresentou o pior desempenho entre as opções de sombreamento estudadas. O gráfico abaixo apresenta o comportamento ao variar a situação de entorno, observa-se uma significativa diferença ao aumentar o grau de obstrução do entorno (Figura 62).

**Figura 62:** Ganhos solares pelos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A menor diferença encontrada foi de 370 Wh entre o cenário isolado e o atual. A maior diferença encontrada, correspondendo também a uma redução ao aumentar o adensamento das edificações, foi entre o cenário III e o I, diferença no valor de 1.250 Wh, dentro de um intervalo que pode variar de 1.240 a 1.270 Wh (Tabela 31).

**Tabela 31:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_PH50 x CII_PH50	0.37	0.36 A 0.37
CI_PH50 x CIII_PH50	1.25	1.24 A 1.27
CII_PH50 x CIII_PH50	0.86	0.84 A 0.87

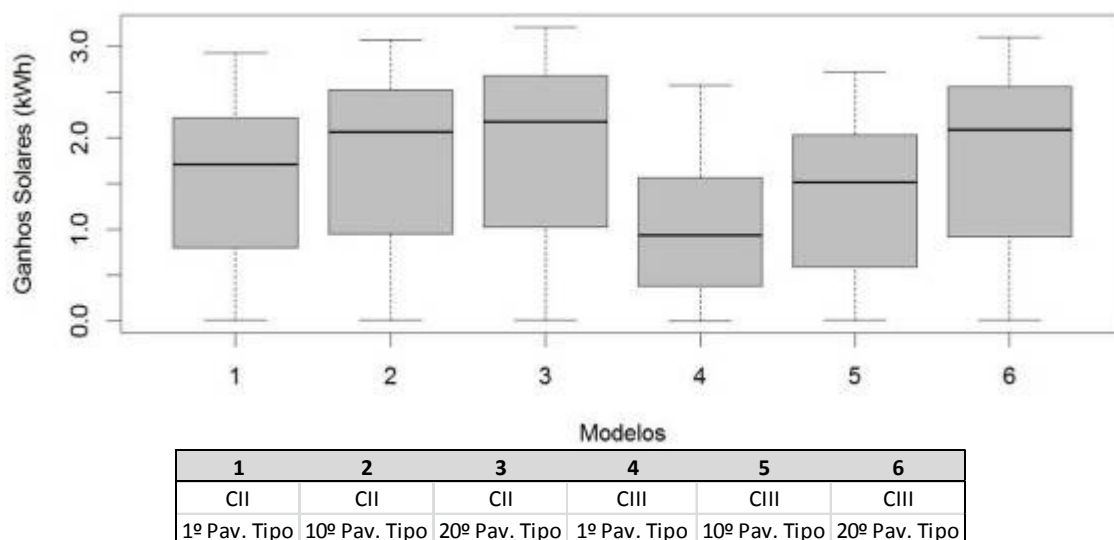
Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ressalta-se que todos os modelos com proteção solar apresentaram redução no ganho solar através das esquadrias ao variar o entorno. O arranjo construtivo do entorno imediato das edificações, atuou como elemento de sombreamento da edificação em estudo.

### Influência da altura do pavimento tipo

Assim como ocorreu com as temperaturas do ar internas, os ganhos solares através dos fechamentos transparentes também variaram em função da altura dos apartamentos. Por meio dos resultados dos testes estatísticos observa-se que, para todos os modelos de proteção solar situados de forma isolada (CI), não foram encontradas diferenças significativas ao variar a altura do pavimento tipo. Observa-se através dos resultados da tipologia predominante (SP) que para os cenários II e III existe uma tendência na redução da incidência solar pelas janelas à medida que os apartamentos se localizam em andares mais baixos. O cenário III destaca-se por apresentar menores valores, tanto do intervalo interquartil quanto dos valores máximos, comparados ao cenário atual (Figura 63).

**Figura 63:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo SP, considerando os pavimentos



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A tabela 32 apresenta as diferenças entre os pavimentos, o valor máximo encontrado foi na comparação entre o pavimento mais baixo e o mais alto inserido no cenário máximo adensado, onde o pavimento mais alto apresentou um aumento de 760 Wh no ganho solar comparado ao primeiro. No cenário atual, essa diferença máxima entre os modelos foi de 290 Wh, e menor diferença foi observada entre o pavimento intermediário e o mais alto, 100 Wh.

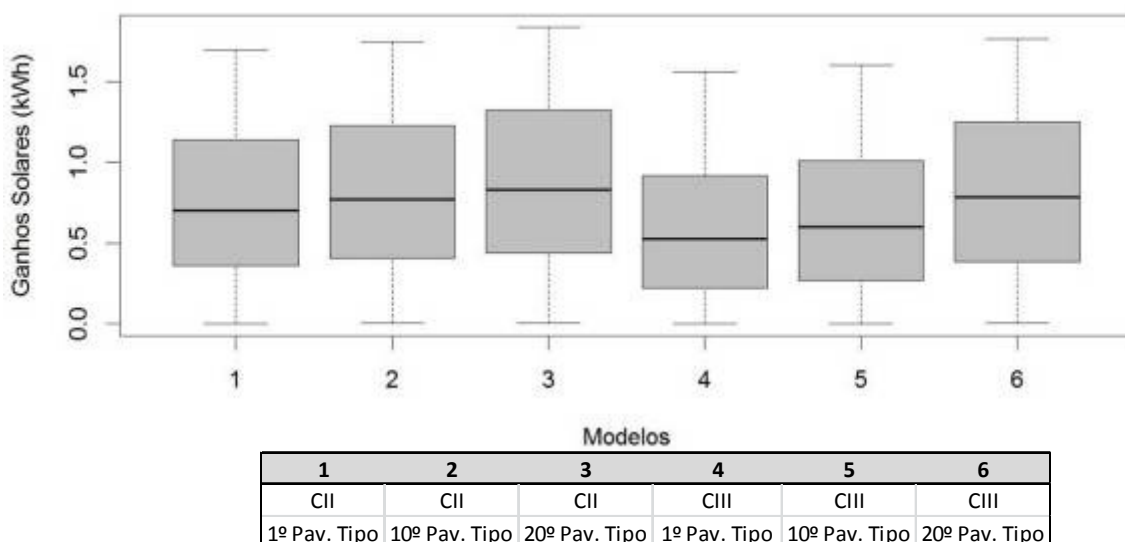
**Tabela 32:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_SP01 x CII_SP02	- 0.18	**
CII_SP01 x CII_SP03	- 0.29	- 0.30 A -0.29
CII_SP02 x CII_SP03	- 0.10	**
CIII_SP01 x CIII_SP02	- 0.32	- 0.33 A -0.31
CIII_SP01 x CIII_SP03	- 0.76	- 0.78 A -0.75
CIII_SP02 x CIII_SP03	- 0.42	- 0.42 A -0.41

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

No gráfico de caixas abaixo, pode-se observar a mesma tendência do modelo anterior, para os modelos com veneziana localizados nos cenários II e III. Observa-se uma significativa redução nos valores máximos assim como no intervalo interquartil devido a utilização da veneziana (Figura 64).

**Figura 64:** Comportamento dos ganhos solares pelos fechamentos transparentes para o modelo VEN considerando os pavimentos.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A tabela 33 a seguir, apresenta as diferenças estimadas dos modelos com veneziana ao variar a altura do pavimento tipo. Ressalta-se, novamente, que: quanto mais alto o pavimento tipo maior a incidência solar dentro dos ambientes, esse aumento pode chegar a



220 Wh, comparando o pavimento mais baixo com o mais alto situado no cenário III. As menores diferenças encontradas foram entre o pavimento inferior e o intermediário, onde esse último apresenta um aumento de cerca de 60 Wh.

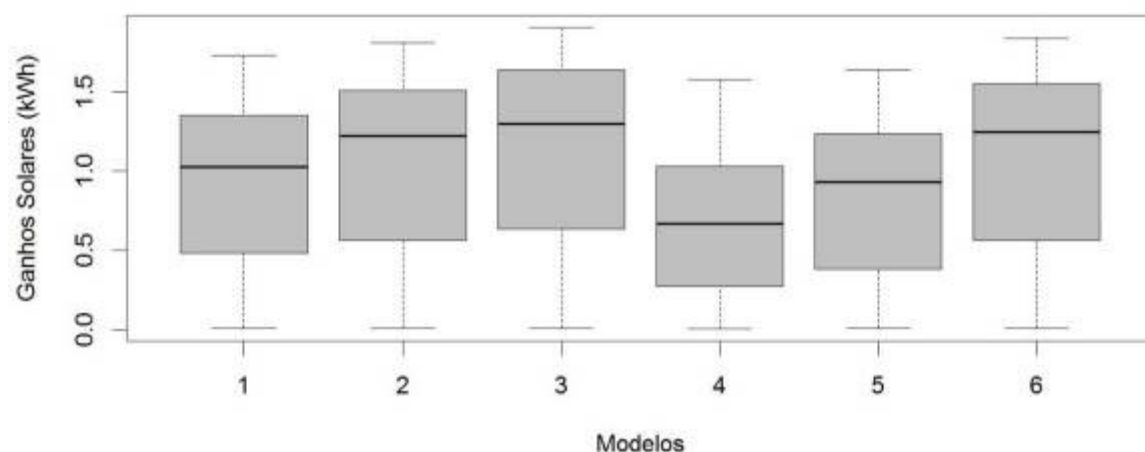
**Tabela 33:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo VEN, considerando os pavimentos.

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_VEN01 x CII_VEN02	- 0.06	**
CII_VEN01 x CII_VEN03	- 0.12	**
CII_VEN02 x CII_VEN03	- 0.06	**
CIII_VEN01 x CIII_VEN02	- 0.06	**
CIII_VEN01 x CIII_VEN03	- 0.22	**
CIII_VEN02 x CIII_VEN03	- 0.16	- 0.17 A -0.16

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O modelo com proteção mista (horizontal e vertical) apresentou comportamento similar à tipologia com veneziana, ver figura 65.

**Figura 65:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando os pavimentos.



1	2	3	4	5	6
CII	CII	CII	CIII	CIII	CIII
1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Os pavimentos mais altos apresentaram um aumento na incidência solar através das esquadrias de até 410 Wh, essa diferença foi encontrada através da comparação entre o pavimento tipo mais baixo com o mais alto inserido no cenário III. Observa-se também um aumento desses valores entre o pavimento intermediário e o mais alto, este último com ganhos de 250 Wh a mais que o primeiro (Tabela 34).

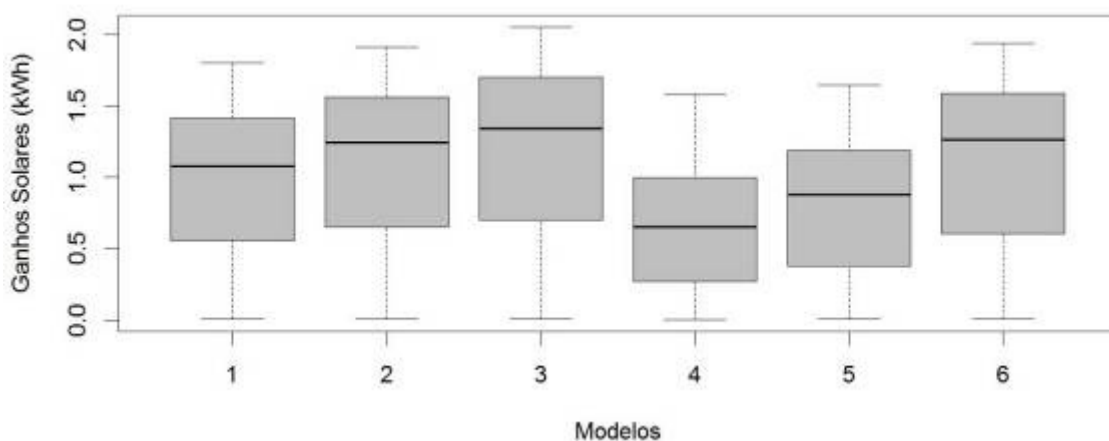
**Tabela 34:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PHV50, considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_PHV501 x CII_PHV502	- 0.11	- 0.12 A -0.11
CII_PHV501 x CII_PHV503	- 0.21	- 0.21 A -0.20
CII_PHV502 x CII_PHV503	- 0.08	**
CIII_PHV501 x CIII_PHV502	- 0.14	**
CIII_PHV501 x CIII_PHV503	- 0.41	- 0.41 A -0.40
CIII_PHV502 x CIII_PHV503	- 0.25	**

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O gráfico de caixas mostrado a seguir (Figura 66), apresenta o comportamento dos dados do modelo com proteção horizontal com 100 cm de profundidade. Nesse modelo ocorreu o mesmo comportamento que os anteriores.

**Figura 66:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando os pavimentos



1	2	3	4	5	6
CII	CII	CII	CIII	CIII	CIII
1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O maior aumento foi observado no cenário máximo adensado, onde o pavimento tipo mais alto apresentou 470 Wh de ganho solar a mais que o pavimento mais baixo. Já a menor diferença foi encontrada no cenário atual, na comparação entre o pavimento mais baixo e o intermediário, onde este último apresentou 110 Wh a mais de ganho solar (Tabela 35).

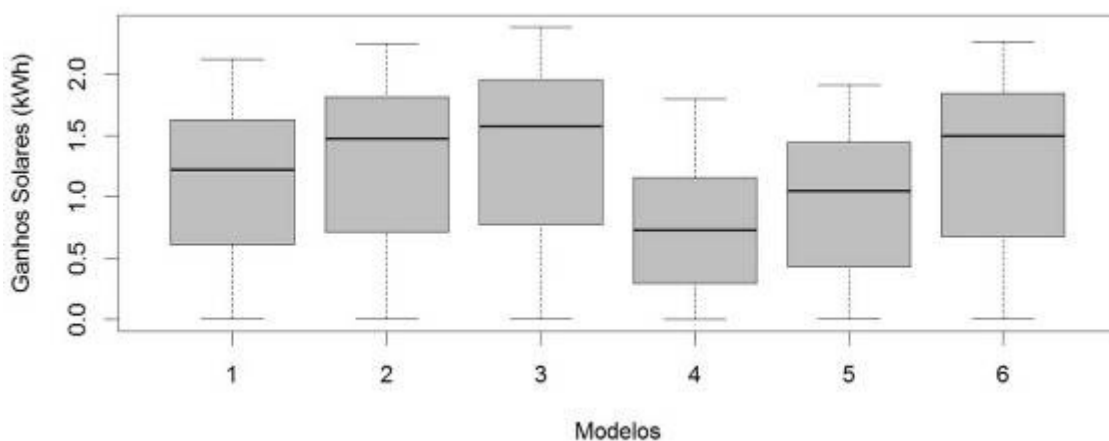
**Tabela 35:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH100, considerando os pavimentos.

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_PH1001 x CII_PH1002	- 0.11	- 0.12 A -0.11
CII_PH1001 x CII_PH1003	- 0.21	- 0.22 A -0.21
CII_PH1002 x CII_PH1003	- 0.09	**
CIII_PH1001 x CIII_PH1002	- 0.14	**
CIII_PH1001 x CIII_PH1003	- 0.47	- 0.47 A -0.46
CIII_PH1002 x CIII_PH1003	- 0.32	- 0.32 A -0.31

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A proteção horizontal contínua por todo pavimento tipo com profundidade de 50cm também apresentou comportamento similar aos demais ao variar a altura do pavimento tipo. No gráfico de caixas abaixo, pode claramente perceber o aumento nos ganhos solares ao aumentar a altura do pavimento tipo (Figura 67).

**Figura 67:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando os pavimentos



1	2	3	4	5	6
CII	CII	CII	CIII	CIII	CIII
1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Na tabela 36, pode-se notar as diferenças de ganhos solares em kWh ao variar a altura do pavimento tipo. Destaca-se o aumento de 540 Wh no ganho solar do pavimento mais alto comparado mais ao baixo situado no cenário hipotético de máximo adensamento.

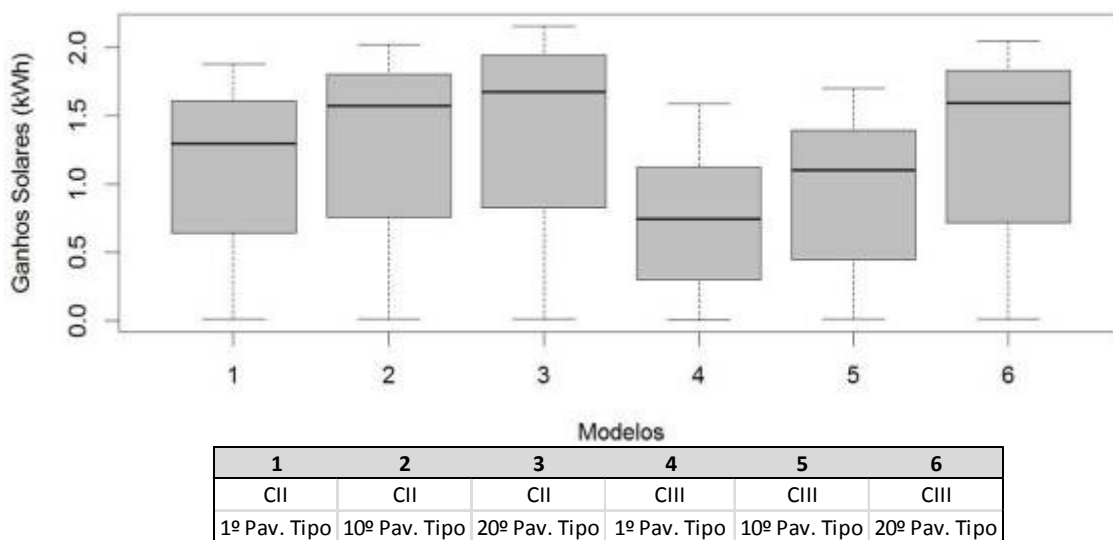
**Tabela 36:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PEP50, considerando os pavimentos.

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_PEP501 x CII_PEP502	- 0.14	**
CII_PEP501 x CII_PEP503	- 0.24	- 0.25 A -0.24
CII_PEP502 x CII_PEP503	- 0.09	**
CIII_PEP501 x CIII_PEP502	- 0.19	- 0.19 A -0.18
CIII_PEP501 x CIII_PEP503	- 0.54	- 0.54 A -0.53
CIII_PEP502 x CIII_PEP503	- 0.34	- 0.34 A -0.33

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O gráfico de caixas a seguir (Figura 68), apresenta os resultados referentes à tipologia com proteção solar nas janelas com profundidade de 50 cm. É visível através dos valores máximos, assim como dos valores dos quartis, a tendência ao aumento nos ganhos solares pelas esquadrias conforme aumenta a altura da posição do pavimento tipo.

**Figura 68:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando os pavimentos



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para esse modelo convém destacar o aumento de 580 Wh no ganho solar do pavimento mais alto comparado ao pavimento baixo quando localizados no cenário com alto grau de obstrução. O pavimento que recebe mais ganho solar depois do pavimento mais alto é o intermediário e por último, o pavimento mais baixo (Tabela 37).

**Tabela 37:** Ganho solar através dos fechamentos transparentes - modelo PH50, considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CII_PH501 x CII_PH502	- 0.15	- 0.15 A -0.14
CII_PH501 x CII_PH503	- 0.25	- 0.26 A -0.25
CII_PH502 x CII_PH503	- 0.09	**
CIII_PH501 x CIII_PH502	- 0.20	- 0.21 A -0.20
CIII_PH501 x CIII_PH503	- 0.58	- 0.59 A -0.57
CIII_PH502 x CIII_PH503	- 0.36	- 0.37 A -0.36

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

#### 4.3.1.3. Ganho solar através dos fechamentos verticais opacos

Os resultados dessa variável foram analisados seguindo a mesma metodologia adotada nas variáveis já apresentadas. A partir do comportamento dos resultados através dos histogramas, observa-se uma frequência de ocorrência mais alta nos valores entre 0 e 2.000 Wh, nota-se também uma grande faixa de ocorrência de valores abaixo de zero, principalmente entre 0 e -2 kWh (Apêndice B).

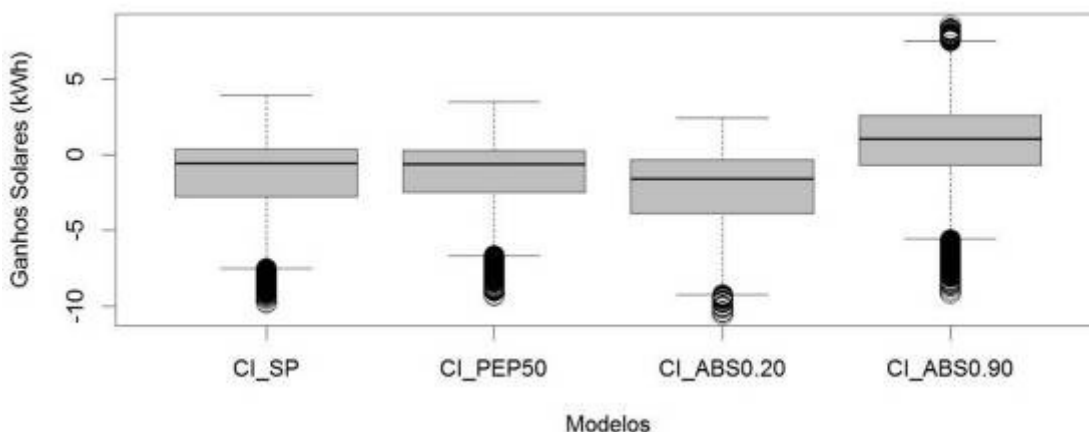
Para a análise mais detalhada, foram considerados apenas os modelos sem proteção com variação das absorptâncias (modelos SP, ABS0.20 e ABS0.90) e o modelo com proteção horizontal nas janelas e paredes com 50cm de profundidade (PEP50). Visto que as demais proteções solares estudadas sombreiam apenas as janelas, não influenciando diretamente no comportamento das paredes externas.

Como esperado, os resultados das simulações para os modelos onde foram alteradas as absorptâncias das paredes externas apresentaram valores mais significativos. Observa-se através do gráfico de caixas abaixo, o comportamento dos modelos no cenário I, os modelos que possuíam a absorptância média (0.41) tiveram comportamento semelhantes (SP e PEP50), já os modelos ABS 0.20 e ABS 0.90 apresentaram comportamento diferentes. O modelo, sem proteção com absorptância 0.20, apresentou valores mais baixos, observa-se que o intervalo interquartil até o 3º quartil apresentou valores negativos, fato este que demonstra tendência a perda de calor pelas paredes na maior parte do dia (Figura 69).

Segundo Papst e Lamberts (2001), as trocas de ar entre o ambiente interno e externo associadas a ganhos térmicos solares e ganhos térmicos internos fazem com que a temperatura média interna de edificações, naturalmente ventiladas, seja superior à temperatura média externa, ocasionando essa constante dissipação de calor para o meio externo. Essa situação foi apresentada em alguns modelos da presente análise.

Já o modelo sem proteção com absorptância 0.90, apresentou resultados mais altos, grande parte acima de zero, o que demonstra que suas paredes externas expostas à radiação solar estão mais absorvendo calor do que perdendo. Além disso, observa-se em todos os modelos a presença de valores discrepantes, valores estes extremamente baixos, o modelo CI\_ABS0.90 apresentou além de valores extremamente baixos também valores muito altos. Esse mesmo comportamento pode ser observado para os cenários II e III, os gráficos referentes a esses resultados encontram-se no Apêndice F.

**Figura 69:** Ganhos solares através das paredes para todos os modelos propostos, considerando o cenário I.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Assim como os dados analisados anteriormente, os ganhos de calor através dos fechamentos verticais opacos não tem uma distribuição normal (Apêndice C). A aplicação do teste não paramétrico wilcoxon para comparação dos modelos revelou existir indícios de diferenças significativas entres os mesmos. A partir disso, foram realizados novos testes para identificar uma escala gradual de desempenho abrangendo os modelos (com proteção solar contínua e sem proteção solar), os resultados detalhados desses testes encontram-se no apêndice D.

A figura 70 apresenta as escalas graduais no sentido decrescente, elaboradas a partir dos resultados fornecidos pelos testes de wilcoxon. Observa-se uma similaridade na sequência dos modelos para o cenário I e II. Onde o modelo sem proteção e com absorvância 0.90 (mais escuro) apresenta os maiores valores, sendo a opção com maior ganho solar pela envoltória. Na outra ponta da escala, se configurando como o modelo com menor ganho solar pelos fechamentos opacos, encontra-se a tipologia com absorvância 0.20 (mais clara). Já para o cenário III, a escala gradual teve uma pequena mudança na sequência, o segundo modelo menos eficiente passou a ser o com proteção horizontal nas janelas e paredes.

Ao comparar quantitativamente a tipologia predominante ( $\alpha=0.41$ ) com o modelo que apresentou os valores mais altos (ABS 0.90), a partir dos testes estatísticos, observa-se uma diferença de até 2.050 Wh, ou seja, o aumento do valor da absorvância refletiu em um aumento significativo nos valores de ganho solar. O cenário atual e o máximo adensado também apresentou aumentos nos valores de ganhos solares ao aumentar o valor da absorvância, para o cenário II esse aumento foi 1.870 Wh e, para o cenário III, 1.470 Wh (Tabela 38). Ao comparar a tipologia predominante ( $\alpha=0.41$ ) com a tipologia com uma absorvância mais baixa ( $\alpha=0.20$ ) observa-se uma significativa redução nos valores de ganho solar pela envoltória. A maior redução apresentada foi no cenário isolado, 890 Wh a menos, esse valor pode variar para mais ou para menos, dentro de um intervalo de 870 a 910 Wh. O cenário atual também apresentou valores significativos de redução, a redução estimada foi de 810 Wh e, o cenário com alto grau de obstrução apresentou os menores valores, na ordem de 640 Wh, fato este atribuído ao sombreamento das edificações vizinhas.

Comparando os dois extremos da escala gradual, mais claro ( $\alpha=0.20$ ) e mais escuro ( $\alpha=0.90$ ), encontra-se uma diferença de 2.940 Wh, dentro de um intervalo de confiança que pode variar de 2.880 a 3.000 Wh. No cenário atual a comparação entre os modelos também apresentou diferenças significativas, na ordem de 2.690 Wh, e como ocorreu na comparação anterior, o cenário III apresentou as menores diferenças, no valor de 2.110 Wh (Tabela 38)

**Tabela 38:** Ganho solar através dos fechamentos opacos (kWh).

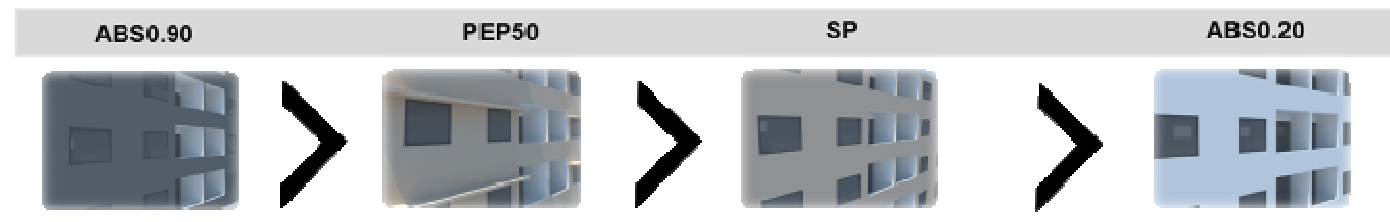
INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CI_SP	2.05	2.01 A 2.09
CII_ABS0.90 x CII_SP	1.87	1.83 A 1.91
CIII_ABS0.90 x CIII_SP	1.47	1.44 A 1.50
CI_ABS0.20 x CI_SP	- 0.89	- 0.91 A - 0.87
CII_ABS0.20x CII_SP	- 0.81	- 0.83 A - 0.78
CIII_ABS0.20 x CIII_SP	- 0.64	- 0.65 A - 0.63
CI_ABS0.90 x CI_ABS0.20	2.94	2.88 A 3.00
CII_ABS0.90 x CII_ABS0.20	2.69	2.63 A 2.74
CII_ABS0.90 x CIII_ABS0.20	2.11	2.07 A 2.15
CI_PEP50 x CI_SP	0.02	0.01 A 0.02
CII_PEP50 x CII_SP	0.01	0.00 A 0.01
CIII_PEP50 x CIII_SP	0.01	- 0.01 A - 0.01
CI_ABS0.90 x CI_PEP50	1.99	1.95 A 2.04
CII_ABS0.90 x CII_PEP50	1.82	1.78 A 1.86
CIII_ABS0.90 x CIII_PEP50	1.44	1.41 A 1.47
CI_ABS0.20 x CI_PEP50	- 0.95	- 0.96 A - 0.93
CII_ABS0.20 x CII_PEP50	- 0.86	- 0.88 A - 0.85
CIII_ABS0.20 x CIII_PEP50	- 0.67	- 0.68 A - 0.66

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

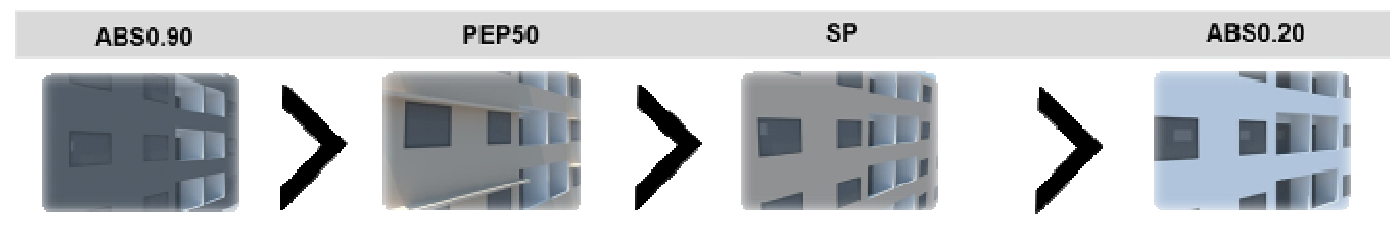
Convém destacar também as diferenças encontradas entre o modelo mais eficiente ( $\alpha=0.20$ ) e a proteção solar mais eficiente (PEP50), a maior diferença encontrada foi na situação de cenário isolado, a proteção apresentou ganhos solares na faixa de 950 Wh a mais que o modelo sem proteção com  $\alpha=0.20$ . Na situação atual, essa diferença foi de 860 Wh e, para a situação de máximo adensamento, uma diferença estimada na ordem de 640 Wh. Apesar dos testes realizados para a elaboração da escala gradual apresentar, para o cenário III, o modelo PEP50 com resultados maiores que a tipologia predominante, numericamente, essa diferença é praticamente nula. A maior diferença estimada entre eles é de apenas 20 Wh na situação de cenário isolado, já para o cenário II e III essa diferença não ultrapassa 10 Wh. Esperava-se que a prateleira horizontal contínua ao sombrear as paredes contribuísse na redução do ganho solar. Porém, observou-se que os ganhos aumentaram. Este fato pode ser atribuído à superfície horizontal da proteção, que recebe a radiação incidente quase perpendicularmente nos horários de pico. Esse calor acumulado nos planos horizontais, ao ser conduzido para o ambiente interno, eleva os ganhos térmicos.

Figura 70: Escala gradual decrescente dos modelos para a variável ganhos solares pelos fechamentos opacos

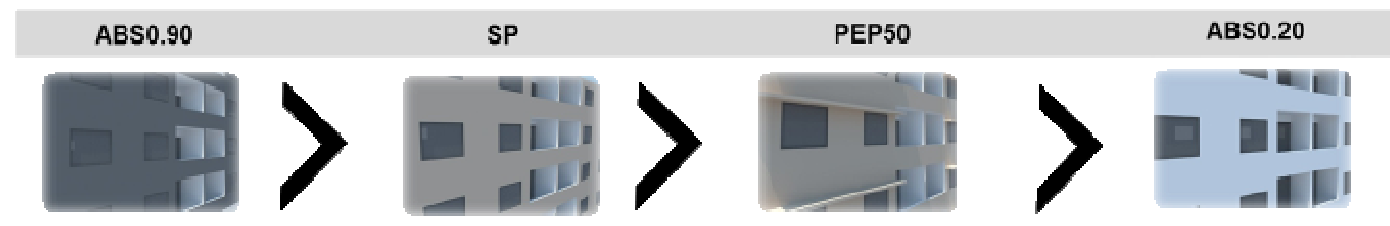
### CENÁRIO I



### CENÁRIO II



### CENÁRIO III



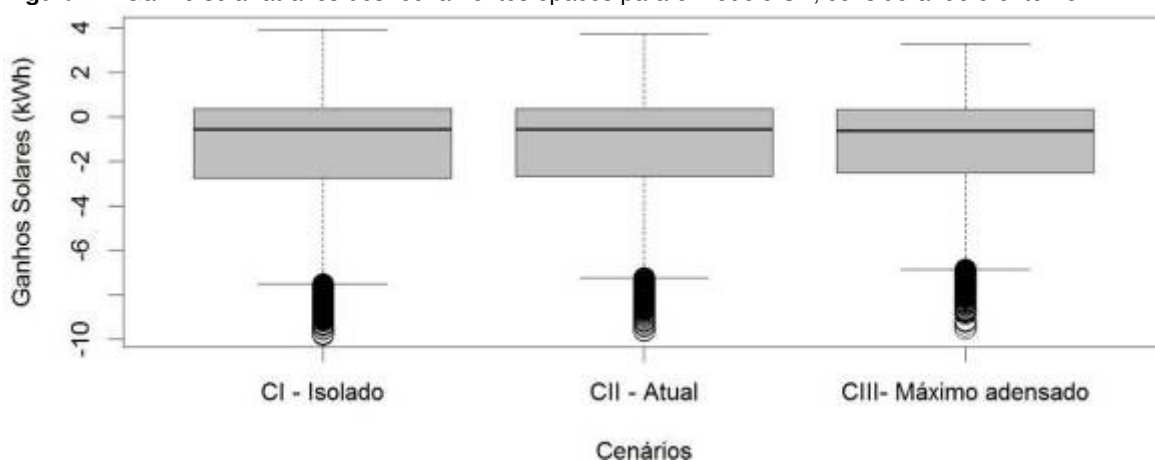
Fonte: elaborado pela autora, 2013.



### Influência do entorno

Ao avaliar a influência do entorno nos ganhos solares pelos fechamentos opacos, observou-se que a magnitude das diferenças nos resultados ao modificar o grau de obstrução não foi tão significativa. O gráfico abaixo apresenta os resultados da tipologia predominante ao variar o entorno, convém destacar variação dos ganhos solares ao aumentar o grau de obstrução do entorno, também se observa a presença de muitos valores discrepantes negativos (Figura 71).

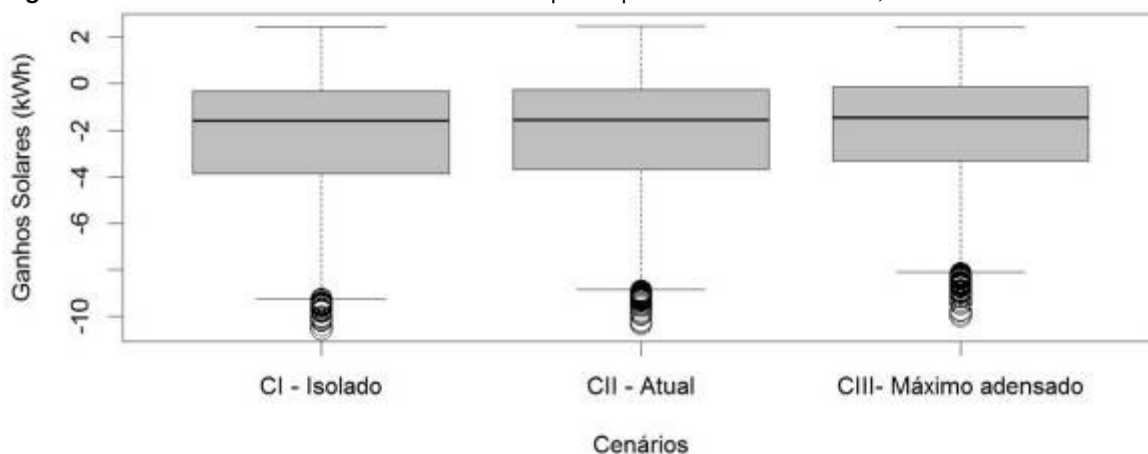
**Figura 71:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando o entorno



**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

Os resultados para o modelo sem proteção com absorvância 0.20 apresentaram comportamentos aproximados ao da tipologia predominante ao variar a composição do entorno, observa-se, através dos valores das medianas um aumento do ganho solar ao variar o entorno, passando de uma situação onde a edificação estaria isolada (CI), para uma situação de máximo adensamento (Figura 72).

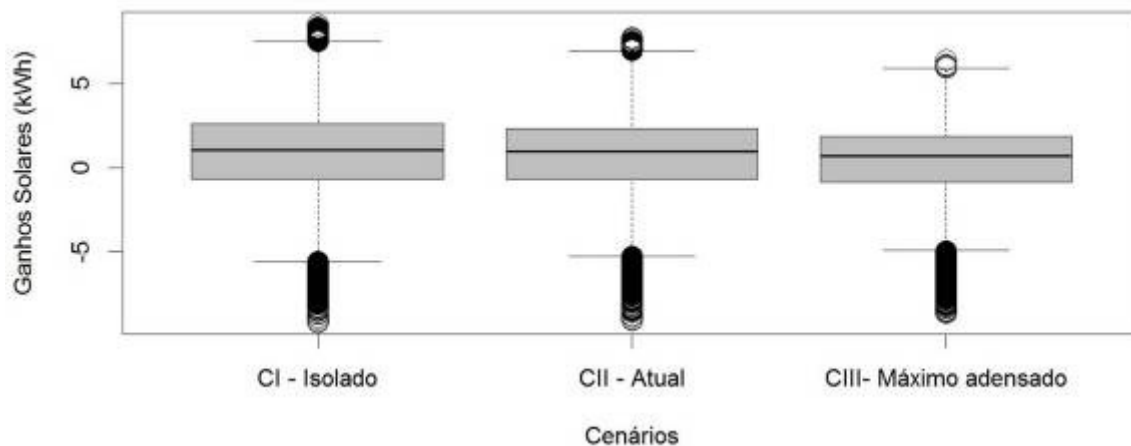
**Figura 72:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando o entorno



**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

Observa-se a partir do gráfico abaixo, para o modelo sem proteção com absorptância 0.90, um aumento significativo dos valores de ganhos solares em relação aos outros modelos. Além disso, os resultados apresentam muitos valores discrepantes, tanto negativos quanto positivos (Figura 73).

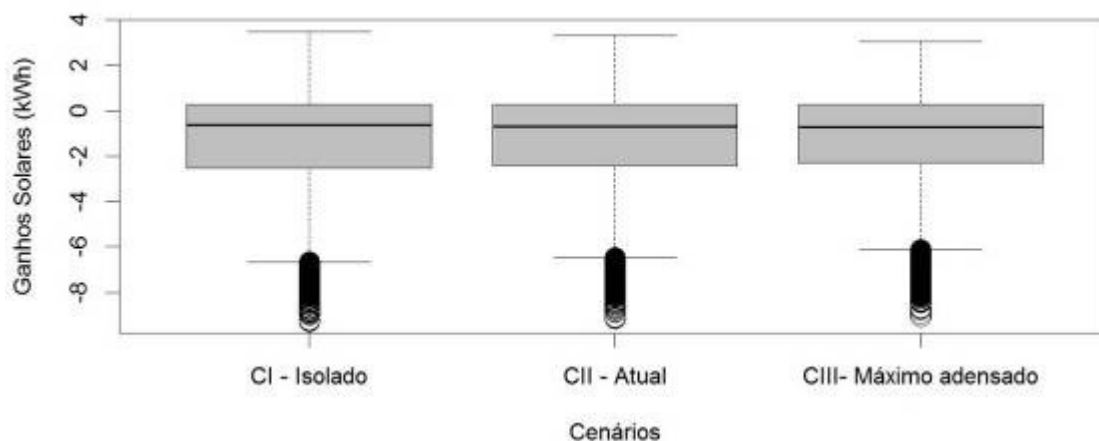
**Figura 73:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Comportamento similar aos modelos analisados anteriormente apresentou os resultados do modelo com proteção horizontal contínua e profundidade de 50 cm (Figura 74).

**Figura 74:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP, considerando o entorno.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Utilizando os mesmos testes aplicados nas variáveis analisadas anteriormente, encontrou-se as diferenças estimadas entre os modelos analisados. Os testes demonstraram para o modelo sem proteção ( $\alpha=0.90$ ) que, quanto mais adensado for o entorno, menor o ganho solar pela envoltória. A maior diferença encontrada foi entre o cenário I e III, onde este último apresentou redução de 490 Wh no ganho solar. A menor

diferença foi entre a situação atual e a isolada, onde a primeira apresentou uma redução de 140 Wh nos ganhos solares (Tabela 39).

Os demais modelos (ABS 0.20, SP e PEP 50), apresentaram resultados opostos, neles, o cenário menos adensado apresentou reduções no ganho solar através dos fechamentos opacos comparados às situações com um maior grau de obstrução do entorno. Essa constatação foge um pouco do esperado, visto que normalmente estima-se que as edificações vizinhas promovam sombreamento sobre a tipologia em estudo reduzindo, portanto, a incidência direta da radiação solar sobre a envoltória.

Entretanto existem diversos outros fatores que atuam diretamente no comportamento térmico das envoltórias das edificações. Para o clima analisado, isto pode ter ocorrido em função da diminuição das correntes de circulação de ar (verticalização e adensamento), reduzindo a possibilidade de perda de calor através da convecção. Além disso, o alto grau de impermeabilização das superfícies do entorno faz com que essas atuem como elementos refletores, absorvendo e refletindo constantemente a carga térmica proveniente do sol, provocando a chamada radiação difusa.

O modelo sem proteção com  $\alpha=0.20$  apresentou uma diferença máxima de 300 Wh entre a situação isolada e a máxima adensada, onde esta última receberia uma parcela maior de radiação do que a primeira.

Para os outros dois modelos, tipologia predominante e proteção contínua de 50 cm de profundidade, as diferenças encontradas foram menores, para a tipologia predominante a diferença máxima foi de 70 Wh, onde o CIII apresentou valores maiores de ganhos solares do que o cenário I. A tipologia com proteção apresentou uma redução máxima de 40 Wh ao passar do cenário máximo adensado para a situação isolada (Tabela 39).

**Tabela 39:** Ganho solar através dos fechamentos opacos considerando o entorno (kWh).

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CII_ABS0.90	0.14	0.13 A 0.15
CI_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.49	0.47 A 0.51
CII_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.34	0.33 A 0.35
CI_ABS0.20 x CII_ABS0.20	- 0.10	- 0.10 A -0.09
CI_ABS0.20 x CIII_ABS0.20	- 0.30	- 0.30 A -0.29
CII_ABS0.20 x CIII_ABS0.20	- 0.20	- 0.20 A -0.19
CI_SP x CII_SP	- 0.03	- 0.03 A -0.02
CI_SP x CIII_SP	- 0.07	- 0.07 A -0.06
CII_SP x CIII_SP	- 0.04	- 0.04 A -0.03
CI_PEP50 x CII_PEP50	- 0.02	- 0.02 A -0.01
CI_PEP50 x CIII_PEP50	- 0.04	- 0.05 A -0.03
CII_PEP50 x CIII_PEP50	- 0.02	- 0.02 A -0.01

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

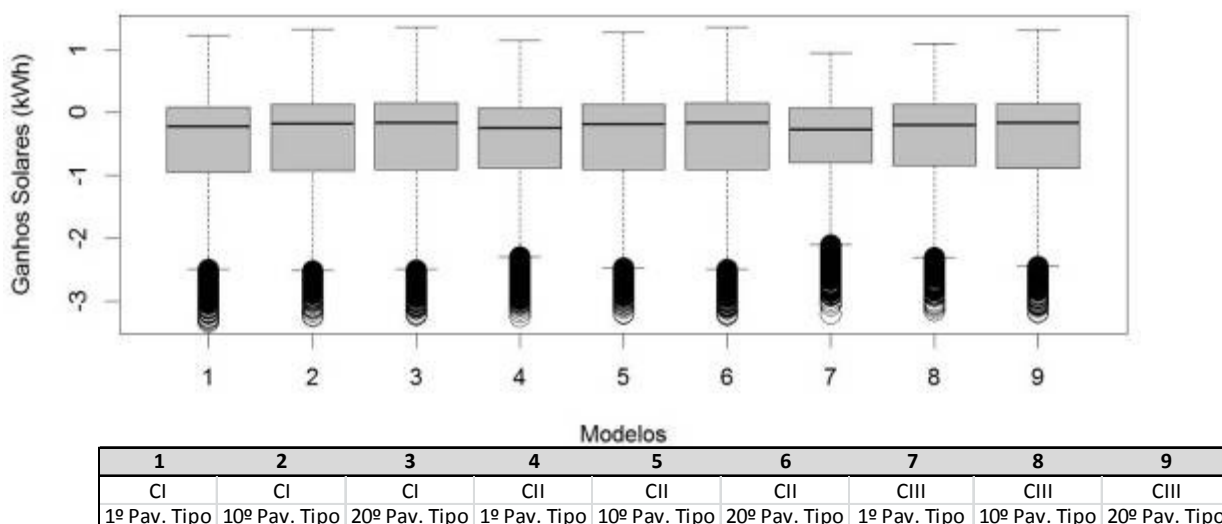
A partir dos resultados apresentados anteriormente, podemos concluir que para os modelos ABS0.20, SP e PEP50, quanto maior o grau de obstrução do entorno maior o ganho solar através dos fechamentos opacos. A exceção foi o modelo ABS 0.90, que apresentou resultados de que quanto mais adensado for o entorno, menor seria a carga solar recebida pela envoltória da edificação.

### Influência da altura do pavimento tipo

Assim como as variáveis já estudadas (temperatura do ar e ganhos solares pelos fechamentos transparentes), os resultados encontrados a partir das simulações para a presente variável apresentaram diferenças significativas ao comparar os três pavimentos tipo adotados na pesquisa.

No gráfico de caixas abaixo, pode-se visualizar os resultados referentes à tipologia predominante (SP), ao variar os pavimentos. Atenta-se um comportamento semelhante entre os cenários I e II, o cenário III apresenta pequenas diferenças, observa-se uma redução nos valores das medianas e dos valores máximos. Percebe-se, portanto, uma tendência ao aumento da absorção da radiação solar pelas paredes nos pavimentos mais altos. Observa-se também que praticamente 75% dos dados encontrados estão abaixo de zero, revelando que o comportamento da envoltória tende a dissipar a carga térmica armazenada para o meio externo (Figura 75).

**Figura 75:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando os pavimentos



**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

A magnitude dessas diferenças é observada na tabela 40, na situação de cenário isolado, verifica-se uma redução no ganho solar de até 70 Wh ao comparar o pavimento

mais alto com o mais baixo. Para este mesmo cenário, a menor diferença encontrada foi 20 Wh, na comparação do pavimento intermediário com o mais alto.

No cenário atual essas diferenças reduzem um pouco, o pavimento mais alto apresentou 50 Wh de ganho solar a mais que o pavimento mais baixo. Já para o cenário com alto grau de obstrução a maior diferença foi de 40 Wh, encontrada tanto na comparação entre o pavimento intermediário e o mais baixo, quanto entre o pavimento mais alto e o intermediário, a comparação entre o pavimento intermediário e o mais alto não apresentou diferenças (Tabela 40).

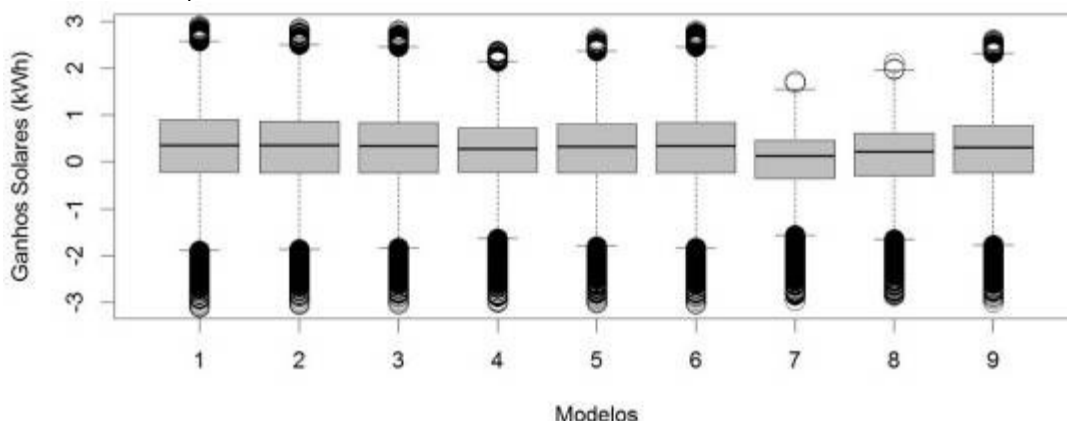
**Tabela 40:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo SP, considerando os pavimentos.

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_SP01 x CI_SP02	- 0.05	- 0.05 A -0.04
CI_SP01 x CI_SP03	- 0.07	- 0.07 A -0.06
CI_SP02 x CI_SP03	- 0.02	**
CII_SP01 x CII_SP02	- 0.03	**
CII_SP01 x CII_SP03	- 0.05	- 0.05 A -0.04
CII_SP02 x CII_SP03	- 0.02	- 0.02 A -0.01
CIII_SP01 x CIII_SP02	- 0.04	- 0.04 A -0.03
CIII_SP01 x CIII_SP03	- 0.04	- 0.04 A -0.03
CIII_SP02 x CIII_SP03	0.00	**

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

Através da observação do gráfico a seguir, verifica-se o comportamento dos dados do modelo sem proteção com absorvância de 0.90, o edifício situado nos cenários isolado e atual não apresentou diferenças tão grandes ao variar a altura do pavimento tipo, já para o cenário máximo adensado observa-se uma maior diferença. Como previsto, quanto mais alto estiver localizado o pavimento tipo, maior será a incidência solar sobre os fechamentos opacos, fato observado nos cenários II e III. Já a situação com cenário isolado apresentou o oposto. Um fato considerado em todos os cenários foi a existência dos outlines, ou seja, resultados discrepantes da maioria da amostra, além disso, ressalta-se que a maior parte dos resultados encontram-se acima de zero, o que revela o alto grau de absorção solar dessa tipologia (Figura 76).

**Figura 76:** Comportamento dos ganhos solares pelos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90 considerando os pavimentos



1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI	CI	CI	CII	CII	CII	CIII	CIII	CIII
1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A tabela 41 traz os valores da magnitude das diferenças entre os pavimentos. O cenário isolado apresentou maior ganho solar nos pavimentos mais baixos. Comparando o pavimento mais baixo com o mais alto, encontra-se uma redução de 30 Wh no pavimento mais alto. Esses resultados convergem com a situação já explorada anteriormente, onde o alto grau de impermeabilização das superfícies e a falta da ventilação natural faz com que as paredes externas dos pavimentos mais baixos retenham calor por mais tempo.

Já os cenários II e III, apresentaram resultados que revelam que, quanto mais alto for o pavimento tipo, maior é a carga térmica recebida pela envoltória. No cenário atual, a diferença máxima foi 70 Wh, ou seja, o pavimento mais alto recebeu mais carga térmica do que o pavimento mais baixo. Essa diferença foi ainda maior no cenário máximo adensado, o pavimento mais alto chega a receber 320 Wh a mais de ganho solar comparado ao pavimento mais baixo. A menor diferença encontrada foi entre o pavimento mais alto e o intermediário, onde o primeiro recebeu apenas 20 Wh a mais (Tabela 41).

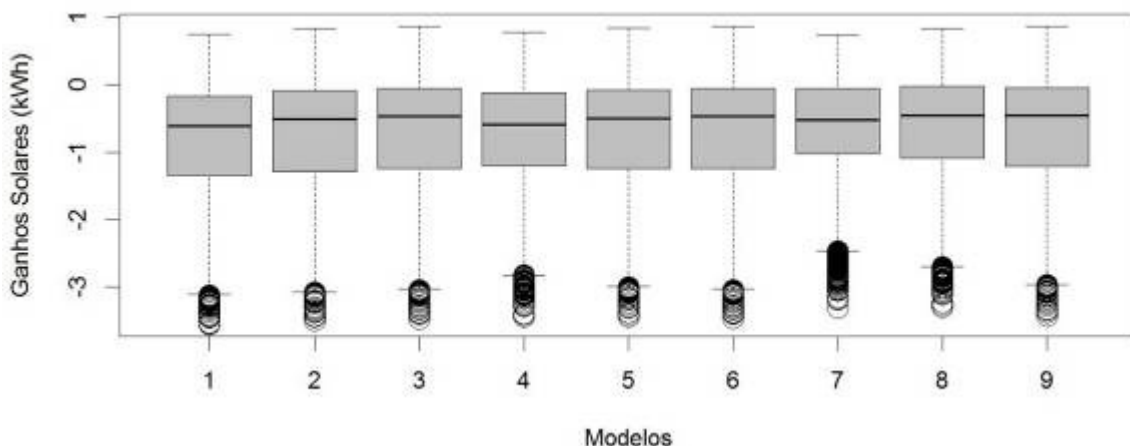
**Tabela 41:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.90, considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.901 x CI_ABS0.902	0.02	0.01 A 0.02
CI_ABS0.901 x CI_ABS0.903	0.03	0.02 A 0.03
CI_ABS0.902 x CI_ABS0.903	0.01	0.00 A 0.01
CII_ABS0.901 x CII_ABS0.902	- 0.04	- 0.05 A -0.04
CII_ABS0.901 x CII_ABS0.903	- 0.07	- 0.07 A -0.06
CII_ABS0.902 x CII_ABS0.903	- 0.02	- 0.03 A -0.02
CIII_ABS0.901 x CIII_ABS0.902	- 0.10	- 0.11 A -0.10
CIII_ABS0.901 x CIII_ABS0.903	- 0.23	- 0.23 A -0.22
CIII_ABS0.902 x CIII_ABS0.903	- 0.12	- 0.16 A -0.12

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para o modelo sem proteção com absorvância 0.20, nos cenários I e II, os resultados são aproximados, revelando a tendência ao aumento nos ganhos solares ao aumentar a altura do pavimento tipo, já no cenário III essa variação é alterada (Figura 77). Assim como na tipologia predominante, esse modelo apresentou seu intervalo interquartil abaixo de zero.

Figura 77: Ganho solar pelos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando os pavimentos



1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI	CI	CI	CII	CII	CII	CIII	CIII	CIII
1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo	1º Pav. Tipo	10º Pav. Tipo	20º Pav. Tipo

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Os resultados das diferenças entre os modelos revelaram que, na maioria dos casos, houve um aumento no ganho solar pela envoltória conforme eleva-se a altura do pavimento tipo. No cenário I, essa diferença foi encontrada entre o pavimento mais baixo e o mais alto, onde este último apresentou 120 Wh a mais que o primeiro. No cenário atual constatou-se o comportamento similar, com uma redução na magnitude da diferença, que passou a ser de apenas 40 Wh.

Já o cenário III apresentou resultados diferentes, na comparação entre o pavimento intermediário e o mais baixo observa-se uma redução de 80 Wh no segundo em relação ao primeiro. A comparação entre o pavimento mais baixo e o mais alto apresentou resultados opostos, revelando um aumento de 40 Wh no pavimento mais baixo. E na relação entre o intermediário e o mais alto, atenta-se que este último apresentou redução de 50 Wh no ganho solar (Tabela 42).

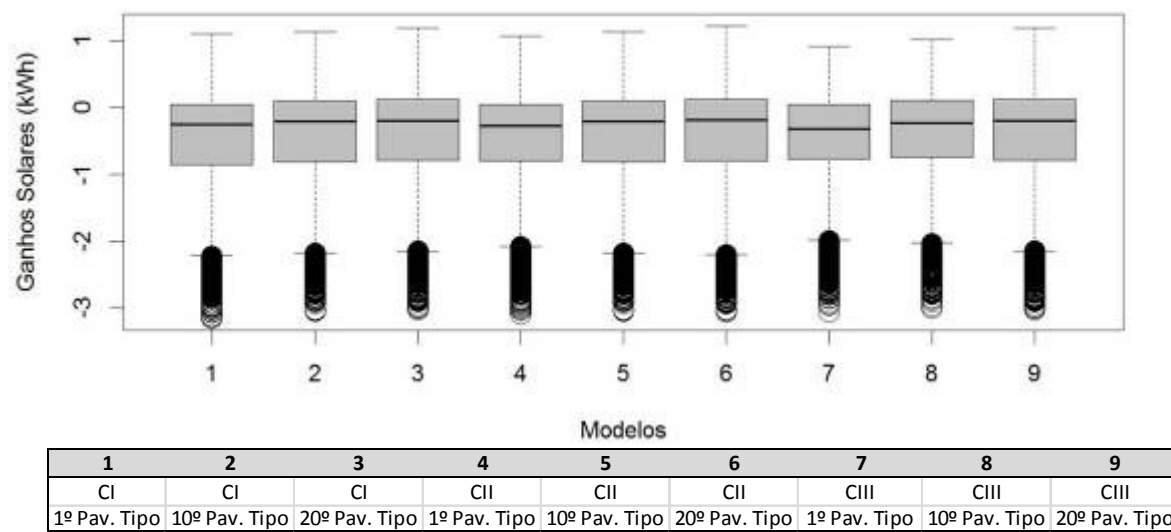
**Tabela 42:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo ABS0.20, considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.201 x CI_ABS0.202	- 0.08	- 0.08 A -0.07
CI_ABS0.201 x CI_ABS0.203	- 0.12	- 0.12 A -0.11
CI_ABS0.202 x CI_ABS0.203	- 0.04	**
CII_ABS0.201 x CII_ABS0.202	- 0.03	**
CII_ABS0.201 x CII_ABS0.203	- 0.04	- 0.05 A -0.04
CII_ABS0.202 x CII_ABS0.203	- 0.01	**
CIII_ABS0.201 x CIII_ABS0.202	- 0.02	- 0.02 A -0.01
CIII_ABS0.201 x CIII_ABS0.203	0.04	0.03 A 0.04
CIII_ABS0.202 x CIII_ABS0.203	0.05	0.05 0.06

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O gráfico a seguir refere-se ao comportamento do modelo com proteção (PEP 50). Destaca-se a tendência de aumento do ganho solar ao aumentar a altura do pavimento tipo, além disso, observa-se que a maior parte dos resultados encontra-se abaixo de zero, juntamente com a presença de valores discrepantes negativos.

**Figura 78:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP50, considerando os pavimentos



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A tabela 43 apresenta as diferenças estimadas entre os modelos. Assim como ocorreu na tipologia ABS 0.20, nota-se que as comparações apresentam o fato de que quanto mais alto for o pavimento tipo, maior será a carga térmica na envoltória, com alguma exceção. No cenário I, a maior variação ocorreu entre o pavimento mais alto e o mais baixo, onde este último apresentou uma redução de 800 Wh no ganho solar. Já ao compará-lo com o pavimento intermediário, a redução passa a ser de 500 Wh.

A maior diferença estimada no cenário atual foi 600 Wh, encontrada entre o pavimento mais baixo e o mais alto. Já no cenário III, tanto a comparação entre o pavimento



mais baixo com o intermediário quanto com o mais alto apresentou uma diferença de 500 Wh, representando uma redução para o pavimento mais baixo (Tabela 43).

**Tabela 43:** Ganho solar através dos fechamentos opacos para o modelo PEP50 considerando os pavimentos

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_PEP501 x CI_PEP502	- 0.05	**
CI_PEP501 x CI_PEP503	- 0.08	- 0.08 A -0.07
CI_PEP502 x CI_PEP503	- 0.02	**
CII_PEP501 x CII_PEP502	- 0.04	**
CII_PEP501 x CII_PEP503	- 0.06	**
CII_PEP502 x CII_PEP503	- 0.02	**
CIII_PEP501 x CIII_PEP502	- 0.05	**
CIII_PEP501 x CIII_PEP503	- 0.05	- 0.06 A -0.05
CIII_PEP502 x CIII_PEP503	0.00	**

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

De acordo com os dados de saída obtidos, observa-se que dentre as opções com proteção solar, a tipologia com proteção de 50 cm nas paredes e esquadrias apresentou os menores valores, sendo, portanto mais eficiente no bloqueio à radiação solar incidente sobre a envoltória. Esse fato já era esperado, visto que, as demais proteções estavam sombreando apenas as esquadrias. Convém ressaltar que o estudo foi feito considerando o mesmo dispositivo de sombreamento para todas as orientações, talvez, através de um estudo mais detalhado das máscaras de sombras das aberturas e um dimensionamento correto das proteções, possa encontrar outras tipologias de proteção solar mais eficientes ou tão eficientes quanto um valor de absorvância baixo na envoltória.

Dentro dessa perspectiva, o valor do coeficiente de absorção da radiação solar ( $\alpha$ ), demonstrou influenciar diretamente o comportamento térmico da envoltória dos edifícios.

Outro fato preponderante no comportamento dessa variável foi o grau de obstrução do entorno, observou-se que, para algumas situações, o grande adensamento significou em uma maior concentração de carga térmica na envoltória das edificações. Ao mesmo tempo em que provoca manchas de sombras em seu entorno, que ajuda na redução da incidência da radiação solar direta sobre a edificação. Por outro lado, a verticalização influencia diretamente no comportamento da ventilação natural, alterando as correntes de ar e criando áreas de sombra de ventilação que, por sua vez, reduzem as perdas de calor por convecção. Além disso, o alto grau de impermeabilização das superfícies favorece o acúmulo de calor e a reflexão da radiação solar.

Essa constatação foi observada também ao comparar o desempenho dos pavimentos tipo conforme a altura na qual estavam localizados. Alguns modelos apresentaram maior concentração de carga térmica nos pavimentos mais baixos, mesmo com o sombreamento dos edifícios vizinhos, acredita-se que devido à dificuldade em

dissipar o calor armazenado, visto que o adensamento diminui as correntes de ar, assim como maximiza a radiação difusa.

Dento desse contexto surge, mais uma vez, a preocupação com o arranjo construtivo da malha urbana, as consequências da verticalização e do adensamento sobre o comportamento térmico das edificações.

#### **4.3.2. Desempenho energético**

Os resultados mostrados a seguir correspondem à etapa II das simulações, em que foi inserida a variável refrigeração, através de ar condicionado, no setor íntimo dos apartamentos em estudo. Os dados se referem ao consumo de energia em kWh requerido pelo sistema de refrigeração tipo split, o qual teve seu funcionamento programado para manter uma temperatura entre 18º e 26º C, no período de ocupação das 22h às 6h.

Propõe-se estudar o impacto na carga térmica para refrigeração pelo uso de elementos de sombreamento externo e pela variação da absorvância das paredes externas em diferentes configurações de cenário urbano, todos baseados em uma tipologia representativa das construções existentes localizada em um recorte urbano existente. Os resultados são avaliados quanto a solução mais eficaz do ponto de vista de eficiência energética.

Seguindo a mesma metodologia de análise adotada no item desempenho térmico, foram aplicados testes estatísticos ao conjunto de dados referente ao consumo para refrigeração no período de um ano. Os resultados mostrados nos histogramas revelam a frequência de ocorrência desse consumo, observa-se uma homogeneidade da distribuição ao comparar os modelos, onde a maioria apresentou maiores frequências dos valores no intervalo de 0 a 5 kWh, o que pode ser verificado no Apêndice B.

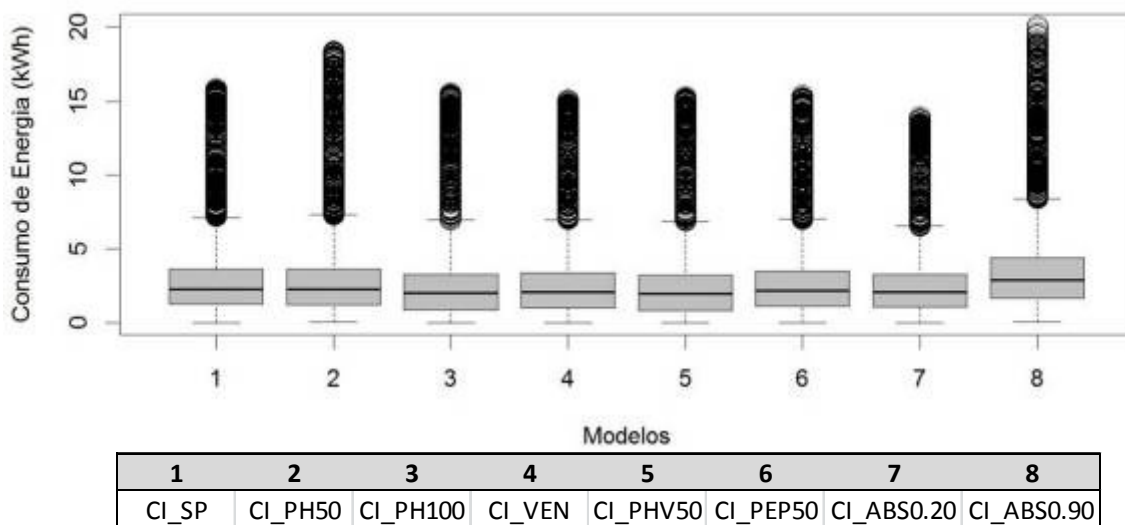
Objetivando atender o pressuposto de normalidade para aplicação dos testes estatísticos foi realizado o teste de normalidade Lilliefors, o qual identificou que os resultados em questão apresentavam uma distribuição fora do nível de normalidade (Apêndice C).

Ao comparar o desempenho de todos os modelos situados no cenário isolado, através do gráfico de caixas, observa-se certa homogeneidade. Esses resultados revelam que os modelos com proteção solar nas janelas apresentaram valores aproximados nas diferenças interquartil dos resultados. Com exceção do modelo proteção horizontal nas janelas com profundidade de 50 cm, seus valores estão um pouco mais altos que os demais, além de existirem valores discrepantes, os chamados outlines, mais altos, seu comportamento se aproximou do encontrado na tipologia predominante (SP). O modelo sem proteção com absorvância 0.20 também ficou próximo dos modelos com proteção solar, se

destacando pela diminuição de valores discrepantes. O comportamento do modelo sem proteção com absorvância 0.90 se destaca dos demais pelo fato de que grande parte dos seus resultados concentra-se em valores altos, nota-se uma maior variação interquartil, assim como dos outlines (Figura 79).

Comportamento similar ao cenário isolado foi encontrado para os modelos inseridos nos cenários atual e máximo adensado, como pode ser visto no Apêndice G.

**Figura 79:** Consumo de energia para refrigeração de todos os modelos propostos, considerando o cenário I.



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Baseando-se nos resultados encontrados a partir da aplicação do teste de comparação de postos pareados, wilcoxon, foi elaborada uma escala gradual decrescente de eficiência energética dos modelos estudados. O modelo caracterizado como mais eficiente foi o sem proteção com absorvância 0.20, seguido do modelo com proteção solar do tipo veneziana. A tipologia predominante não demonstrou uma boa eficiência, ficando na frente apenas do modelo com absorvância 0.90 nos cenários atual e máximo adensado, o qual se configurou a partir dos testes como a opção que mais consumiu energia para refrigeração do setor íntimo do apartamento (Figura 80).

A sequência da escala foi similar para o cenário II e III, uma diferença aconteceu apenas no cenário isolado, onde a terceira tipologia menos eficiente foi à proteção parede e esquadria e não a proteção mista, como ocorreu nos cenários II e III. Comparando o cenário I com o II e III modifica-se também a posição da tipologia predominante, que na primeira situação encontra-se na frente da tipologia com proteção horizontal de 50 cm (Figura 80).

É possível identificar que nos modelos com proteção solar a necessidade de carga para refrigeração é menor. Dentre as opções que utilizaram proteção solar, destaca-se a tipologia veneziana como a mais eficiente para todos os cenários, e a proteção horizontal de 50 cm como a menos eficiente.

Sob o ponto de vista quantitativo, através dos testes de wilcoxon, observam-se diferenças significativas entres os modelos extremos da escala gradual, a tipologia base e a tipologia de proteção solar mais eficiente (VEN). A tabela 44 apresenta esses valores, o modelo sem proteção com absorvância 0.90 chega a consumir uma carga de até 540 Wh a mais que a tipologia base, dentro de um intervalo de confiança que varia de 530 Wh e pode chegar a 550 Wh. Para o cenário com alto grau de obstrução essa diferença diminui um pouco, passa a ser 440 Wh, dentro de um intervalo de confiança de 430 a 450 Wh.

Já o modelo mais eficiente, sem proteção com absorvância 0.20, representa uma redução de até 230 Wh no consumo de energia para refrigeração ao comparado com a tipologia base, dentro de um intervalo que varia de 220 a 240 Wh, quando inserido em um cenário isolado. Na situação atual observa-se uma redução no consumo de energia em relação a tipologia base na ordem de 210 Wh, e seu intervalo de confiança varia de 210 a 220 Wh. A menor redução ocorre no cenário máximo adensado, onde a diferença estimada entre esses modelos é 170 Wh, dentro de um intervalo de confiança de 170 a 180 Wh. A partir desse último resultado nota-se a influência do alto grau de obstrução do entorno no desempenho energético.

Ao comparar os dois modelos extremos da escala gradual (absorvância 0.90 e 0.20), observa-se uma diferença estimada máxima de 780 Wh e um intervalo de confiança que varia de 780 a 800 Wh, para a situação do cenário em que o edifício se encontra isolado. No cenário atual essa diferença cai para 760 Wh, dentro de um intervalo de confiança de 740 Wh a 780 Wh. A menor diferença encontrada entre esses modelos foi na situação de entorno máximo adensado, onde a diferença, entre eles, foi na ordem de 620 Wh, e seu intervalo de confiança entre 600 a 630 Wh.

O modelo com proteção solar mais eficiente, a veneziana, apresentou uma redução máxima de 240 Wh em relação à tipologia predominante, quando situada no cenário isolado, dentro de intervalo de confiança que varia de 230 a 250 Wh. O cenário atual e máximo adensado apresentou a mesma diferença estimada, uma redução na ordem de 200 Wh.

Ao comparar o modelo menos eficiente com a proteção solar tipo veneziana, observa-se diferenças significativas, para o cenário isolado, tem-se uma diferença estimada de 800 Wh, dentro de um intervalo de confiança que varia de 780 a 820 Wh. Para o cenário atual observa-se uma diferença de 760 Wh e a menor redução apresentada foi para o cenário máximo adensado, na ordem de 650 Wh.

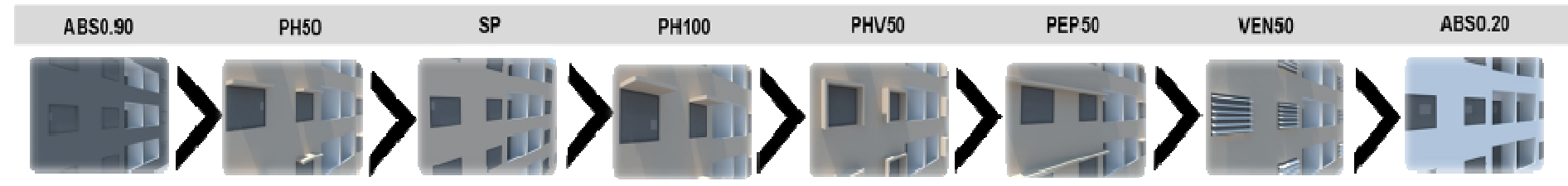
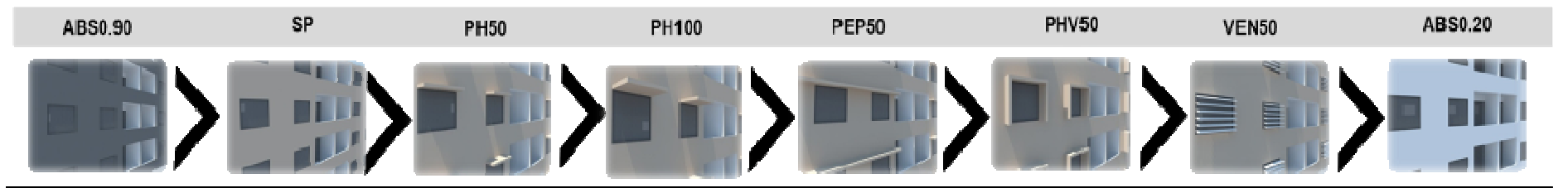
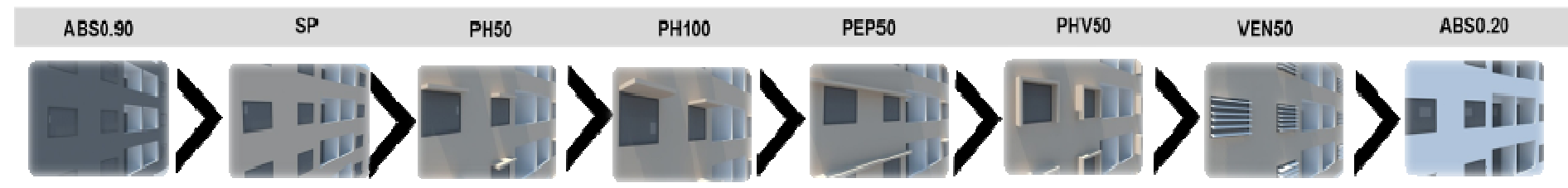
Convém destacar o comparativo entre os dois modelos mais eficientes, sem proteção com absorvância 0.20 e com proteção tipo veneziana e absorvância 0.41. Essas diferenças foram pequenas, chegando ao máximo de 50 Wh, ou seja, o modelo ABS 0.20 apresentou uma redução estimada de 50 Wh comparada a tipologia com veneziana. Nas comparações

quantitativas realizadas, as reduções ou aumentos de carga térmica foram compatíveis com os resultados encontrados através da escala gradual de desempenho dos modelos.

**Tabela 44:** Valores referentes ao intervalo de confiança para consumo de energia para refrigeração (kWh)

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CI_SP	0.54	0.53 A 0.55
CII_ABS0.90 x CII_SP	0.54	0.53 A 0.55
CIII_ABS0.90 x CIII_SP	0.44	0.43 A 0.45
CI_ABS0.20 x CI_SP	- 0.23	- 0.24 A - 0.22
CII_ABS0.20x CII_SP	- 0.21	- 0.22 A - 0.21
CIII_ABS0.20 x CIII_SP	- 0.17	- 0.18 A - 0.17
CI_ABS0.90 x CI_ABS0.20	0.78	0.78 A 0.80
CII_ABS0.90 x CII_ABS0.20	0.76	0.74 A 0.78
CIII_ABS0.90 x CIII_ABS0.20	0.62	0.60 A 0.63
CI_VEN x CI_SP	- 0.24	- 0.25 A - 0.23
CII_VEN x CII_SP	- 0.20	- 0.21 A - 0.18
CIII_VEN x CIII_SP	- 0.20	- 0.20 A - 0.19
CI_ABS0.90 x CI_VEN	0.80	0.78 A 0.82
CII_ABS0.90 x CII_VEN	0.76	0.74 A 0.78
CIII_ABS0.90 x CIII_VEN	0.65	0.63 A 0.66
CI_ABS0.20 x CI_VEN	- 0.03	- 0.04 A - 0.02
CII_ABS0.20 x CII_VEN	- 0.05	- 0.05 A - 0.04
CIII_ABS0.20 x CIII_VEN	- 0.02	- 0.02 A - 0.01

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

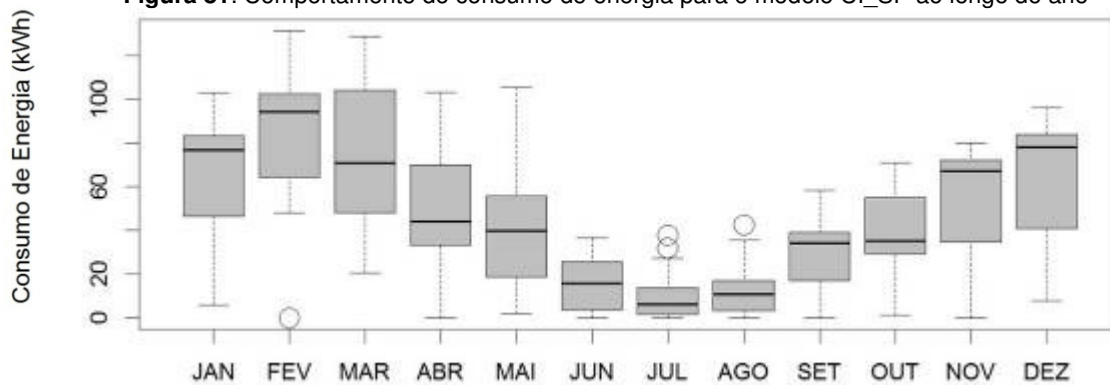
**Figura 80:** Escala gradual decrescente dos modelos para a variável consumo de energia para refrigeração**CENÁRIO I****CENÁRIO II****CENÁRIO III**

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Os gráficos a seguir, referem-se ao consumo de energia ao longo dos meses para cada modelo, através dos mesmos fica evidente que o uso de energia para refrigeração nos dormitórios está associado às estações do ano.

Os gráficos de caixas a seguir mostram a proporção de consumo de energia dos modelos SP e CI\_ABS0.90, respectivamente na situação de cenário isolado. O comprimento do intervalo e das caixas indica a variabilidade da proporção de consumo ao longo dos meses. A linha escura no interior de cada caixa indica a medida central da amostra, que representa o valor no qual estão concentrados 50% dos valores de consumo. O consumo mensal entre os meses de janeiro e abril foram significativamente maiores que em outros meses do ano. O pico de consumo mensal de energia para refrigeração ocorreu nos meses de fevereiro e março, onde houve as maiores variações interquartil, o que indica o uso intensivo de aparelhos de ar condicionado durante os meses mais quentes do ano (Figura 81 e 82).

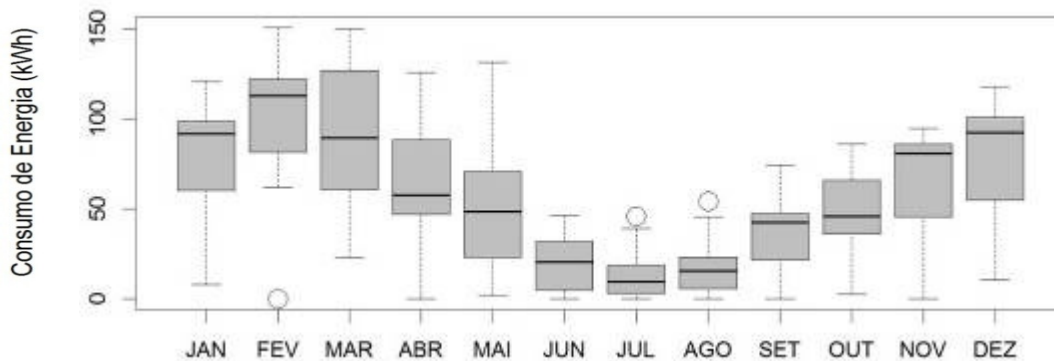
**Figura 81:** Comportamento do consumo de energia para o modelo CI\_SP ao longo do ano



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

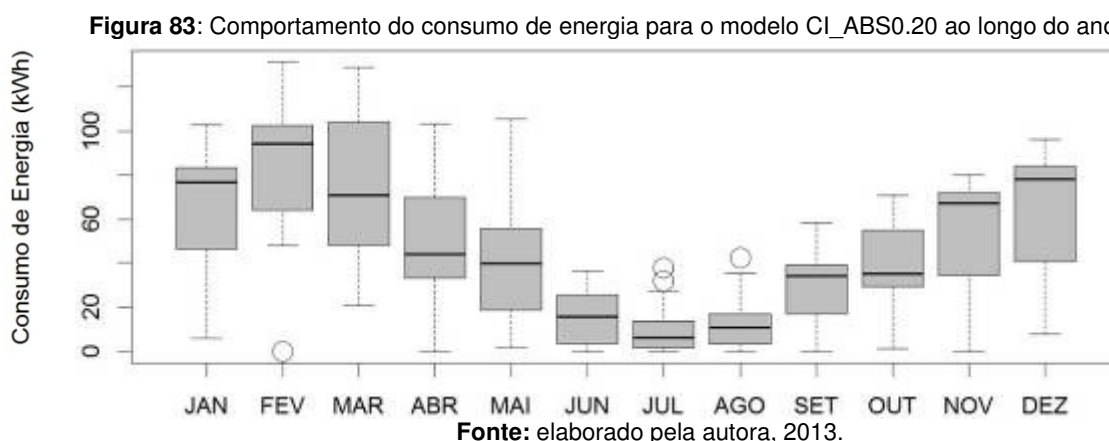
Claramente, observa-se na curva do gráfico abaixo (modelo com absorvância de 0,90 das nas paredes externas) que o consumo de energia reduz-se no período de temperaturas mais amenas e de chuva (junho, julho e agosto). Esse comportamento foi similar para todos os modelos em estudo.

**Figura 82:** Comportamento do consumo de energia para o modelo CI\_ABS0.90 ao longo do ano

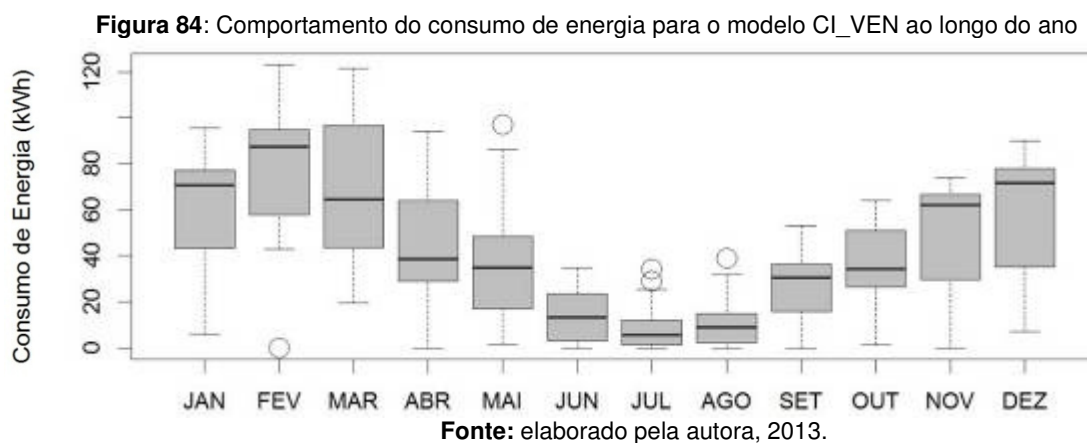


Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O mesmo comportamento pode ser observado ao analisar o consumo de energia ao longo do ano para os modelos sem proteção com absorvância 0,20 e o modelo com mecanismo de sombreamento do tipo veneziana (Figuras 83 e 84). Convém traçar um comparativo entre esses dois modelos e os dois apresentados anteriormente, observa-se uma significativa redução no consumo de energia em todos os meses do ano ao adotar um valor de absorvância baixo ou utilizar a proteção solar tipo veneziana. Ressaltando, portanto, como estratégias eficientes a serem aplicadas em projetos de edifícios verticais localizados no clima quente e úmido.



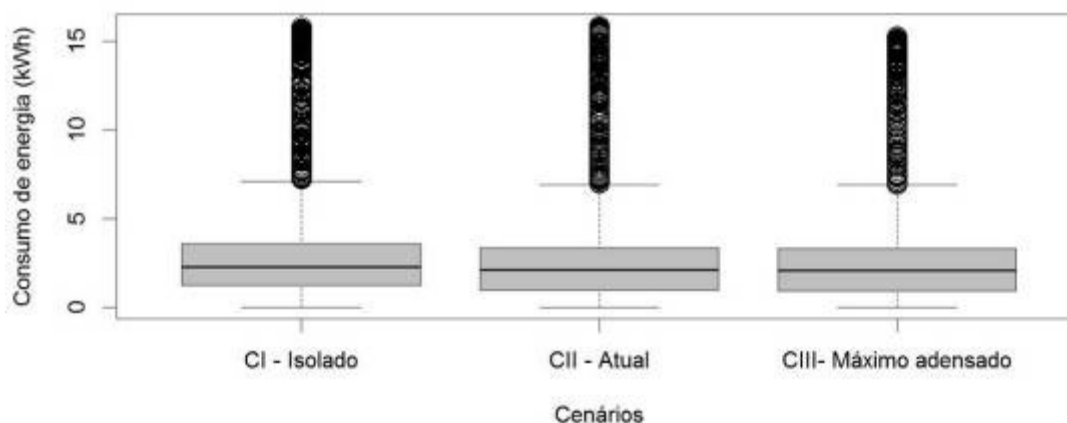
Para o comportamento dos dados do modelo com veneziana convém destacar a redução dos valores máximos de consumo para o mês de fevereiro. Observa-se que nesse caso o pico de consumo foi na ordem de 120 kWh, valor bem abaixo do encontrado para os modelos sem proteção com absorvância 0.41 e 0.90, como também para o modelo com absorvância 0.20, o qual, anteriormente, através dos testes de hipóteses apresentou o melhor desempenho (Figura 84).





O parâmetro urbano do entorno imediato também foi analisado sob o ponto de vista de consumo para refrigeração. A partir do gráfico de caixas (Figura 85), repara-se uma pequena variação no comportamento dos resultados para a tipologia predominante ( $\alpha=0.41$ ). Nota-se um comportamento similar da mediana dos dados, assim como de seu intervalo interquartil. Além disso, convêm ressaltar a presença de valores discrepantes, valores extremos, em todas as situações de entorno.

**Figura 85:** Comportamento do consumo de energia para refrigeração para o modelo SP considerando o entorno



**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

### Influência do entorno

Aplicando o mesmo método utilizado na análise das variáveis anteriores, através do teste wilcoxon, o modelo base e seus extremos foram comparados quantitativamente. Obteve-se a diferença estimada entre eles e o intervalo de confiança de distribuição ao variar o entorno no qual estão inseridos. Entre todas as três situações de entorno propostas foram encontradas diferenças significativas.

A tipologia predominante apresentou diferenças pequenas ao variar o grau de obstrução do entorno. Quantitativamente, o pico dessa diferença foi de 50 Wh entre o cenário atual e o máximo adensado. Na comparação entre o cenário isolado e o máximo adensado observou uma redução de 20 Wh, ao aumentar o adensamento do entorno. Já na comparação entre o isolado e o atual, obteve-se um acréscimo de 20 Wh no consumo considerando a situação atual (Tabela 45).

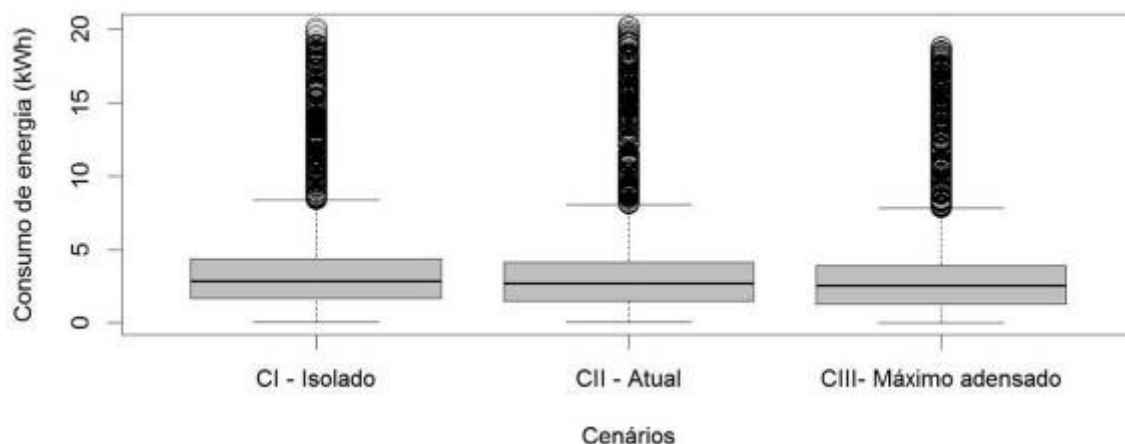
**Tabela 45:** Consumo de energia para refrigeração do modelo SP, considerando o entorno (kWh)

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_SP x CII_SP	- 0.02	- 0.03 A -0.01
CI_SP x CIII_SP	0.02	0.01 A 0.03
CII_SP x CIII_SP	0.05	0.04 A 0.05

**Fonte:** elaborado pela autora, 2013.

Observa-se também uma tendência na redução do consumo de energia ao modificar o entorno da edificação para o modelo menos eficiente, sem proteção com absorvância 0.90. O intervalo interquartil dos resultados para os três modelos está concentrado em valores muito próximos, em torno de 2 a 4 kWh (Figura 86).

**Figura 86:** Consumo de energia para refrigeração para o modelo ABS0.90, considerando o entorno



Fonte: elaborado pela autora, 2013.

A máxima diferença encontrada ao variar o entorno foi de 140 Wh, a inserção do edifício no entorno máximo adensado apresenta uma redução no consumo ao ser comparado com o edifício isolado. A diferença estimada entre o cenário isolado e o máximo adensado é de 120 Wh. A menor diferença encontrada foi entre o cenário isolado e o atual, o valor encontrado foi de apenas 10 Wh, representando um pequeno aumento no consumo no cenário atual (Tabela 46).

**Tabela 46:** Consumo de energia para refrigeração do modelo ABS 0.90, considerando o entorno (kWh)

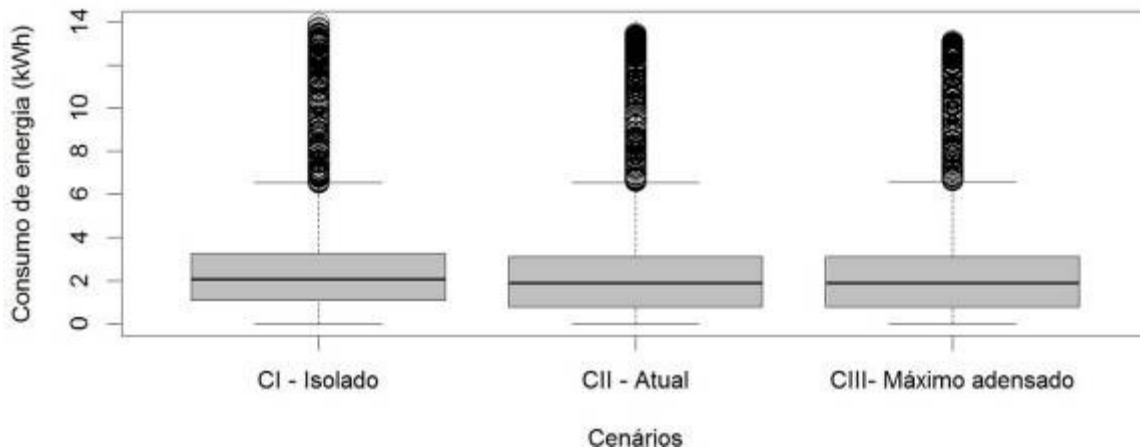
INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.90 x CII_ABS0.90	- 0.01	- 0.02 A -0.00
CI_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.12	0.12 A 0.13
CII_ABS0.90 x CIII_ABS0.90	0.14	0.14 A 0.15

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Para o modelo mais eficiente, sem proteção solar e absorvância de 0.20, as diferenças estimadas entre os cenários foram pequenas (Figura 87). A diferença estimada máxima correspondeu entre a situação isolada e a atual, onde o cenário atual resultou na elevação do consumo em 30 Wh, comparando ao cenário isolado. O intervalo de confiança encontrado na comparação do cenário isolado com o máximo adensado variou de 10 a 30 Wh, apresentando um aumento estimado de 20 Wh. A menor diferença encontrada foi entre

o cenário atual e o máximo adensado, na ordem de 10 Wh, com a redução no consumo ao adensar o entorno (Tabela 47).

**Figura 87:** Consumo de energia para refrigeração para o modelo ABS0.20, considerando o entorno



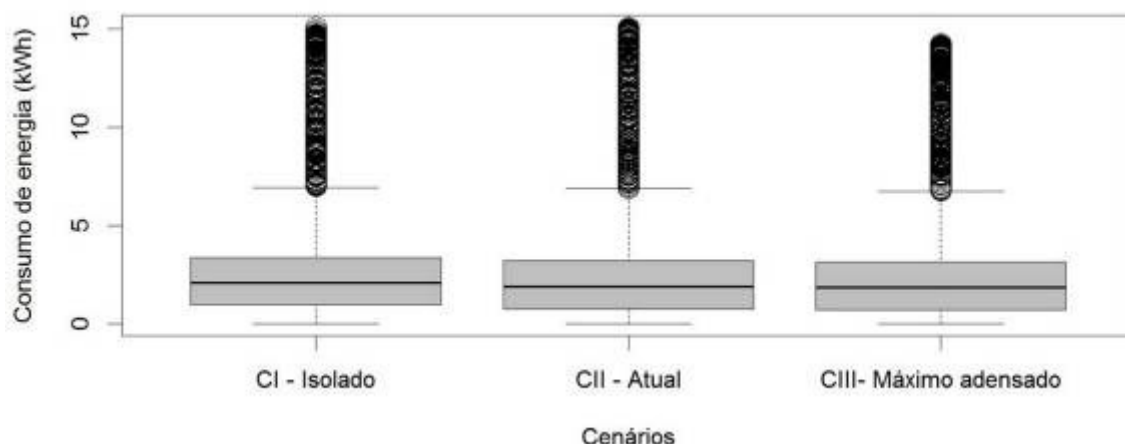
Fonte: elaborado pela autora, 2013.

**Tabela 47:** Consumo de energia para refrigeração ar do modelo ABS0.20, considerando o entorno (kWh)

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_ABS0.20 x CII_ABS0.20	- 0.03	- 0.04 A -0.02
CI_ABS0.20 x CIII_ABS0.20	- 0.02	- 0.03 A -0.01
CII_ABS0.20 x CIII_ABS0.20	0.01	0.00 A 0.01

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ao analisar o comportamento da tipologia veneziana observa-se, como no modelo anterior, um aumento no consumo ao aumentar o nível de obstrução do entorno (Figura 88). As diferenças entre os modelos foram pequenas. A diferença máxima encontrada foi de 40 Wh entre o cenário atual e o máximo adensado, o que corresponde a uma redução no consumo no cenário III comparado ao II. Já ao comparar o cenário máximo com o isolado, observa-se que o segundo resulta na elevação de 10 Wh. O cenário atual comparado ao isolado apresenta um aumento no consumo na ordem de 40 Wh (Tabela 48).

**Figura 88:** Consumo de energia para refrigeração para o modelo VEN considerando o entorno

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

**Tabela 48:** Consumo de energia para refrigeração ar do modelo VEN considerando o entorno

INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO		
MODELOS	DIFERENÇA ESTIMADA	INTERVALO DE CONFIANÇA LIVRE DE DISTRIBUIÇÃO
CI_VEN x CII_VEN	- 0.04	- 0.05 A -0.04
CI_VEN x CIII_VEN	- 0.01	- 0.01 A -0.003
CII_VEN x CIII_VEN	0.04	0.03 A 0.04

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Estendendo as análises, foram feitas comparações entre o consumo mensal e anual dos modelos, nessas análises foram utilizados os resultados apresentados no cenário I (isolado). Comparando-se o consumo energético mensal do edifício de referência (sem proteção e absorvância 0.41), com o modelo sem proteção com absorvância 0.20, constatou-se que a utilização de uma cor mais clara para o revestimento da parede externa representou reduções significativas no consumo. As maiores diferenças de consumo foram registradas nos meses de agosto (14,97%), julho (14,26%) e abril (11,97%), como pode ser observado na tabela 23. Significando uma redução absoluta de 1748,47 kWh por ano, o que representa 10,43% (Tabela 49).

**Tabela 49:** Consumo mensal kWh – tipologia base x absorvância 0.20

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
CI_SP	2056,02	2539,90	2312,48	1556,33	1229,90	487,56	286,92	373,53	917,02	1251,16	1743,52	2007,11	16761,44
CI_ABS 0.20	1855,362	2288,168	2077,687	1369,975	1088,758	430,3501	246,0164	317,6265	822,934	1132,446	1578,219	1805,427	15012,97
DIFERENÇA ABSOLUTA (kWh)													ECONOMIA (kWh)
	200,66	251,73	234,79	186,35	141,14	57,21	40,91	55,90	94,09	118,71	165,30	201,68	1748,47
DIFERENÇA RELATIVA (%)													ECONOMIA (%)
	9,76%	9,91%	10,15%	11,97%	11,48%	11,73%	14,26%	14,97%	10,26%	9,49%	9,48%	10,05%	10,43%

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

O aumento no consumo de energia é bastante significativo ao modificar o valor do coeficiente de absorção das paredes externas para 0.90. A tabela 50 mostra esses valores. Observa-se que o maior acréscimo ocorreu no mês de agosto (26,09%). No total, esse

modelo comparado ao caso base representa um aumento de 3839,37 kWh de consumo para refrigeração, o que representa um aumento relativo de 18,64% na conta de energia.

**Tabela 50:** Consumo mensal kWh – tipologia base x absorância 0.90

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
CI_SP	2056,02	2539,90	2312,48	1556,33	1229,90	487,56	286,92	373,53	917,02	1251,16	1743,52	2007,11	16761,44
CI_ABS0.90	2489,92	3062,58	2828,15	1963,91	1546,36	622,59	375,39	505,40	1127,00	1518,23	2114,81	2446,47	20600,81
<b>DIFERENÇA ABSOLUTA (kWh)</b>													<b>AUMENTO (kWh)</b>
	433,90	522,69	515,67	407,58	316,47	135,02	88,47	131,87	209,98	267,07	371,29	439,36	3839,37
<b>DIFERENÇA RELATIVA (%)</b>													<b>AUMENTO (%)</b>
	17,43%	17,07%	18,23%	20,75%	20,47%	21,69%	23,57%	26,09%	18,63%	17,59%	17,56%	17,96%	18,64%

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

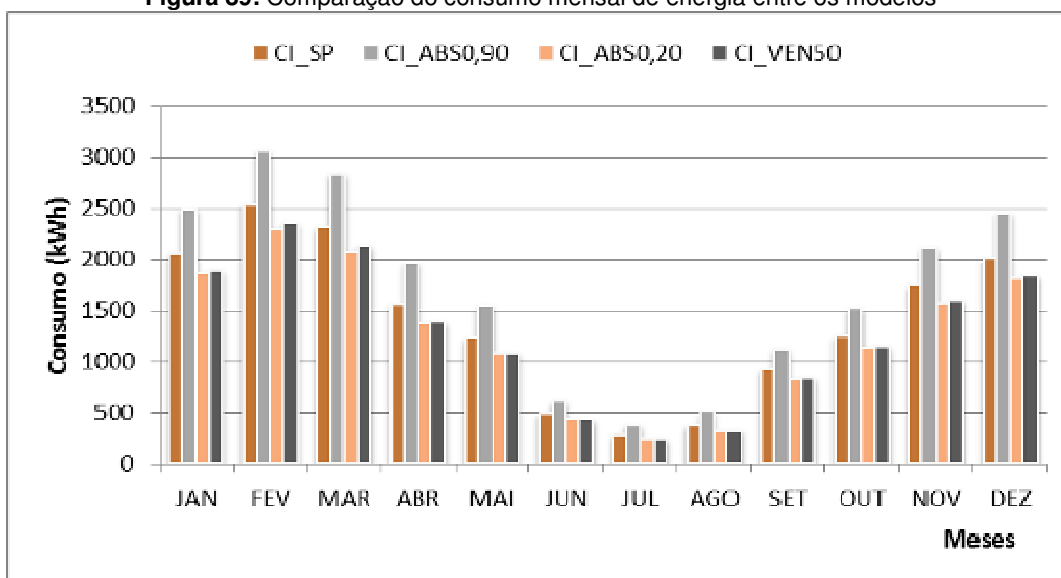
Ao realizar a mesma comparação com o dispositivo de proteção solar mais eficiente, no caso a veneziana, constatou-se também uma redução significativa no consumo de energia. Para esse modelo os meses que apresentaram maior redução no consumo foram julho (12,92%), agosto (12,37%) e junho (11,84%). Verifica-se uma redução anual na ordem de 1495,50 kWh, ou seja, uma economia no consumo de energia para refrigeração na ordem de 8,92% (Tabela 51).

**Tabela 51:** Consumo mensal kWh – tipologia base x edifício com proteção solar veneziana

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
CI_SP	2056,02	2539,90	2312,48	1556,33	1229,90	487,56	286,92	373,53	917,02	1251,16	1743,52	2007,11	16761,44
CI_VEN	1885,36	2346,24	2133,01	1385,99	1089,44	429,84	249,87	327,31	837,19	1149,77	1596,94	1834,97	15265,94
<b>DIFERENÇA ABSOLUTA (kWh)</b>													<b>ECONOMIA (kWh)</b>
	170,66	193,66	179,46	170,34	140,46	57,72	37,06	46,22	79,84	101,39	146,58	172,14	1495,50
<b>DIFERENÇA RELATIVA (%)</b>													<b>ECONOMIA (%)</b>
	8,30%	7,62%	7,76%	10,94%	11,42%	11,84%	12,92%	12,37%	8,71%	8,10%	8,41%	8,58%	8,92%

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Ao analisar a variação do consumo de energia ao longo do ano, observa-se maior redução de consumo energético nos meses de verão, nos meses de inverno essa redução também acontece porém em uma escala menor (Figura 89).

**Figura 89:** Comparação do consumo mensal de energia entre os modelos

Fonte: elaborado pela autora, 2013.

Como já mencionado, o uso do protetor solar tipo veneziana promoveu uma economia anual de energia de 1495,50 kWh no edifício analisado. Ao dividir esse valor pelo número de apartamentos analisados (6 apartamentos), observou-se que cada um obteve uma redução anual de 249,25 kWh no consumo energético. Desta forma, considerando-se uma taxa de R\$ 0,38765<sup>4</sup> por kWh, a utilização do protetor solar resultou em uma economia anual de R\$ 96,62 por apartamento.

Ao fazer a mesma comparação para o modelo sem proteção, mas com absorvância baixa (ABS 0.20), encontrou-se uma redução na ordem de 1748,47 kWh, dividindo pelo número de apartamento analisados, tem-se uma redução de 291,41 kWh, o que representa uma economia anual por apartamento de R\$ 112,96.

Diante dos resultados encontrados, observa-se que, para a tipologia em estudo, edifícios residenciais multipavimentos, as melhores soluções do ponto de vista de eficiência energética para refrigeração foram à tipologia sem proteção solar com coeficiente de absorção da radiação solar baixo ( $\alpha=0.20$ ) e a tipologia com proteção solar externa do tipo veneziana. Contudo, destaca-se a influência significativa da obstrução do entorno no desempenho energético dos modelos em estudo. Os modelos SP e ABS0.90 apresentaram uma redução no consumo ao aumentar o adensamento do entorno. Já os resultados dos modelos mais eficientes, VEN e ABS0.20, demonstraram existir um aumento no consumo ao aumentar o número de edificações no seu entorno.

A opção com baixa absorvância apresentou uma boa eficiência energética para refrigeração, porém vale ressaltar que uma maior redução no consumo de energia não

4

Taxa cobrada pela empresa concessionária local – Energisa Paraíba – Distribuidora de energia; para a tipologia B1 Residencial. Vigência da taxa: 28/08/2012 a 27/08/2013.

significa, necessariamente, que esta seja a solução ideal, visto que a ausência de proteção nesse modelo representou baixo desempenho na variável ganho solar pelos fechamentos transparentes. A inexistência de proteção solar pode gerar um sobreaquecimento dos ambientes, tornando-os mais desconfortáveis.

Entre os dispositivos com proteção solar a solução tipo veneziana apresentou o melhor desempenho, apresentando significativas reduções no consumo de energia para refrigeração.

#### **4.3.3 Considerações finais**

O capítulo 4 apresentou os resultados obtidos na pesquisa, inicialmente foi apresentando as características da tipologia predominante referente ao recorte urbano escolhido, a qual foi obtida a partir de levantamentos dos projetos legais das edificações juntamente com observações in loco. Em seguida, foram apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de tratamento de dados.

As análises foram divididas em duas partes: desempenho térmico e desempenho energético. Na primeira parte foram analisados dados de saídas obtidos a partir das simulações referente à temperatura do ar interno, aos ganhos solares pelos fechamentos transparentes e aos ganhos solares pelos fechamentos opacos. As análises de desempenho energético compreenderam os dados de saída referente à carga térmica para refrigeração.

Os resultados mostraram existir influências significativas dos elementos de proteção solar e do coeficiente de absorção da envoltória no desempenho térmico e energético de edificações residenciais multipavimentos localizadas no bairro de Manaíra, João Pessoa-PB.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou o desempenho térmico e energético de edificações residenciais multipavimentos, representativas da realidade arquitetônica do bairro de Manaíra, município de João Pessoa-PB. As variáveis de análise foram: o sombreamento através do uso de proteção solar, a absorvância das superfícies externas da envoltória e o arranjo construtivo do entorno.

Observou-se que o sombreamento provocado pelo entorno contribui para a redução da temperatura interna. Porém, nem sempre a obstrução do entorno favorece a redução do ganho de energia. Alguns modelos analisados apresentaram um aumento no ganho solar pelos fechamentos opacos e no consumo de energia para refrigeração, com o adensamento do entorno. Sobre a influência do entorno destacam-se dois fenômenos:

a) O sombreamento reduz a incidência solar sobre a envoltória, reduzindo assim a carga térmica nos ambientes analisados. Verificou-se que, principalmente nas situações de elevada absorvância e ausência de proteção solar, o entorno tende a favorecer a redução da temperatura do ar e do ganho de calor;

b) O entorno adensado reduz a possibilidade de dissipar o calor armazenado, visto que o adensamento diminui as correntes de ar, assim como maximiza a radiação difusa. Alguns modelos apresentaram aumento do ganho de calor nos pavimentos mais baixos e redução da temperatura do ar nos pavimentos mais elevados, principalmente os modelos com baixa absorvância e proteção solar.

A análise do comportamento da temperatura do ar revelou que, dentre os modelos estudados, a tipologia com veneziana foi a mais eficiente, resultando em reduções estimadas na temperatura de  $0.08^{\circ}\text{C}$ , quando comparada a um modelo sem proteção. O modelo menos eficiente, sem proteção com absorvância de 0.90, apresentou um aumento estimado de  $0.23^{\circ}\text{C}$  na temperatura do ar interna, quando comparado à tipologia predominante ( $\alpha=0.41$ ). Esses dois elementos, veneziana e absorvância, também apresentaram influências significativas na quantidade de graus hora para resfriamento, a utilização da veneziana proporcionou uma redução de até 1,9% dos graus hora, já a absorvância alta resultou em um aumento de 2,7%. Ao modificar o grau de obstrução do entorno, a variação máxima encontrada foi de  $0.07^{\circ}\text{C}$ , isto representa uma redução nas temperaturas internas à medida que o entorno se torna mais denso. Já ao comparar as diferenças entre o comportamento das temperaturas ao modificar a altura do pavimento tipo, observa-se uma redução de até  $0.66^{\circ}\text{C}$  nas temperaturas dos ambientes mais altos.

Esses resultados encontrados convergem com outras pesquisas já realizadas na área, tais como a pesquisa de Lima (2010). Ao comparar edificações residenciais, com e



sem proteção solar nas aberturas, o autor observou que, para um dia típico de verão e no pavimento térreo, o uso da proteção solar resultou em um intervalo de redução de 0,5 a 0,8°C, para o 4º pavimento essas reduções variariam de 0,1 a 0,5°C. Também na pesquisa desenvolvida em Singapura, por Wong e Agustinius (2003), os resultados evidenciaram que elementos de proteção solar horizontal contribuem na redução da temperatura no interior da edificação numa escala de 0,61 °C a 0,88 °C, enquanto, dispositivos de sombreamento vertical, resultam em uma redução de 0,98 °C na temperatura do ar interna.

Dentre as opções estudadas de proteção solar, o mecanismo tipo veneziana apresentou ser o mais eficaz no controle da incidência solar, já a proteção horizontal com 50 cm de profundidade nas janelas apresentou os piores resultados. Ao modificar a situação de entorno, observou-se uma redução estimada de até 1.510 Wh ao comparar uma situação isolada com uma de adensamento máximo. Quanto mais alto for o pavimento tipo, maior o ganho solar através dos fechamentos transparentes, o aumento estimado é de até 760 Wh.

Na análise dos dados referente ao ganho solar através dos fechamentos opacos, como esperado, os modelos com alta e baixa absorvância, apresentaram, respectivamente, o pior e o melhor desempenho. Ao considerar a influência do entorno na análise, para a tipologia com absorvância alta, observou-se uma redução de até 490 Wh no ganho solar na situação com alto grau de obstrução. Já os modelos com absorvância 0.20, 0,41 e a tipologia com proteção horizontal contínua, a situação muito adensada resultou em um aumento dos ganhos solares, chegando até a 300 Wh de acréscimo.

Dentro da perspectiva de desempenho energético, o uso do dispositivo de proteção solar representou uma significativa redução no consumo de energia para refrigeração. O uso da veneziana representou uma redução anual de 1.495,50 kWh, em percentual essa redução foi 8,92%, ficando atrás apenas do modelo com absorvância 0.20, que apresentou uma redução de até 1.748,17 kWh, ou seja, 10,43% de economia. Ao avaliar o impacto que a obstrução do entorno causa no consumo energético, obteve-se uma redução estimada de até 140 Wh entre a tipologia predominante e a aquela com absorvância de 0.90. Já, entre o modelo com veneziana e o modelo com absorvância de 0.20, o adensamento do entorno representou menor impacto, aumentando o consumo no valor estimado em até 40 Wh.

A pesquisa desenvolvida por Wong e Li (2007) em Singapura, Wong e Li (2007) em Singapura, revelou uma redução de 2,62% a 3,24% na carga para refrigeração em ambientes cujas janelas possuíam dispositivo de proteção solar horizontal com 30 cm de profundidade. Para a profundidade de 60 cm, o estudo revela uma economia de 5,85% a 7,06% e, para o dispositivo com 90 cm de profundidade, a redução na carga para refrigeração do ambiente varia de 8,27% a 10,13%.

Os principais resultados encontrados a partir da presente pesquisa estão sintetizados nas tabelas seguir (Tabela 51 e 52).

**Quadro 1:** Resumo dos principais resultados referentes às variáveis temperatura do ar e ganhos solares pelos fechamentos transparentes

DESEMPENHO TÉRMICO										
	TEMPERATURA DO AR INTERNO	GANHOS SOLARES PELOS FECHAMENTOS TRANSPARENTES								
Esca la Gradual	<p>CENÁRIO I ABS0.90 &gt; SP &gt; PH50 &gt; PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; ABS0.20 &gt; VEN</p> <p>CENÁRIO II ABS0.90 &gt; SP &gt; PH50 &gt; PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; ABS0.20 &gt; VEN</p> <p>CENÁRIO III ABS0.90 &gt; SP &gt; PEP50 &gt; PH50 &gt; PHV50 &gt; PH100 &gt; ABS0.20 &gt; VEN</p>	<p>CENÁRIO I, II e III ( SP =ABS0.20 =ABS0.90) &gt; PH50 &gt; PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; VEN50</p>								
Difere nças Estimadas Máx.	<table border="1"> <tr> <td>1 ABS0.90 x SP    + 0.15 °C</td> <td>2 VEN x SP    - 0.08 °C</td> <td>3 ABS0.90 x VEN    + 0.23 °C</td> </tr> </table>	1 ABS0.90 x SP    + 0.15 °C	2 VEN x SP    - 0.08 °C	3 ABS0.90 x VEN    + 0.23 °C	<table border="1"> <tr> <td>1 VEN x SP    - 2.930 Wh</td> <td>2 PHV50 x SP    - 214 Wh</td> <td>3 PH100 x SP    - 197 Wh</td> <td>4 PEP50 x SP    - 145 Wh</td> <td>5 PH50 x SP    - 139 Wh</td> </tr> </table>	1 VEN x SP    - 2.930 Wh	2 PHV50 x SP    - 214 Wh	3 PH100 x SP    - 197 Wh	4 PEP50 x SP    - 145 Wh	5 PH50 x SP    - 139 Wh
1 ABS0.90 x SP    + 0.15 °C	2 VEN x SP    - 0.08 °C	3 ABS0.90 x VEN    + 0.23 °C								
1 VEN x SP    - 2.930 Wh	2 PHV50 x SP    - 214 Wh	3 PH100 x SP    - 197 Wh	4 PEP50 x SP    - 145 Wh	5 PH50 x SP    - 139 Wh						
Influê ncia do entorno	<p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO ↓ MENORES TEMPERATURAS</p>	<p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO ↓ MENORES GANHOS</p>								
Influê ncia da altura	<p>MAIS ALTO ↓ MENORES TEMPERATURAS</p>	<p>MAIS ALTO ↓ MAIORES GANHOS</p>								

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

**Quadro 2:** Resumo dos principais resultados referentes as variáveis ganhos solares pelos fechamentos opacos e consumo de energia para refrigeração

	DESEMPENHO TÉRMICO	DESEMPENHO ENERGÉTICO									
	<b>GANHOS SOLARES PELOS FECHAMENTOS OPACOS</b>	<b>CONSUMO DE ENERGIA PARA REFRIGERAÇÃO</b>									
<b>Escala Gradual</b>	<p>CENÁRIO I  <b>ABS0.90</b> &gt; PEP50 &gt; SP &gt; <b>ABS0.20</b></p> <p>CENÁRIO II  <b>ABS0.90</b> &gt; PEP50 &gt; SP &gt; <b>ABS0.20</b></p> <p>CENÁRIO III  <b>ABS0.90</b> &gt; SP &gt; PEP50 &gt; <b>ABS0.20</b></p>	<p>CENÁRIO I  <b>ABS0.90</b> &gt; PH50 &gt; SP &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; PEP50 &gt; VEN50 &gt; <b>ABS0.20</b></p> <p>CENÁRIO II  <b>ABS0.90</b> &gt; SP &gt; PH50 &gt; PH100 &gt; PEP50 &gt; PHV50 &gt; VEN50 &gt; <b>ABS0.20</b></p> <p>CENÁRIO III  <b>ABS0.90</b> &gt; SP &gt; PH50 &gt; PH100 &gt; PEP50 &gt; PHV50 &gt; VEN50 &gt; <b>ABS0.20</b></p>									
<b>Diferenças Estimadas Máx.</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>1</b> ABS0.90 x SP    + 2.050 Wh</td> <td><b>2</b> ABS0.20 x SP    - 890 Wh</td> <td><b>3</b> PEP50 x SP    + 20 Wh</td> <td><b>4</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 2.940 Wh</td> </tr> </table>	<b>1</b> ABS0.90 x SP    + 2.050 Wh	<b>2</b> ABS0.20 x SP    - 890 Wh	<b>3</b> PEP50 x SP    + 20 Wh	<b>4</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 2.940 Wh	<table border="1"> <tr> <td><b>1</b> ABS0.90 x SP    + 540 Wh</td> <td><b>2</b> ABS0.20 x SP    - 230 Wh</td> <td><b>3</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 780 Wh</td> <td><b>4</b> VEN x SP    - 240 Wh</td> <td><b>5</b> ABS0.20 x VEN    - 50 Wh</td> </tr> </table>	<b>1</b> ABS0.90 x SP    + 540 Wh	<b>2</b> ABS0.20 x SP    - 230 Wh	<b>3</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 780 Wh	<b>4</b> VEN x SP    - 240 Wh	<b>5</b> ABS0.20 x VEN    - 50 Wh
<b>1</b> ABS0.90 x SP    + 2.050 Wh	<b>2</b> ABS0.20 x SP    - 890 Wh	<b>3</b> PEP50 x SP    + 20 Wh	<b>4</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 2.940 Wh								
<b>1</b> ABS0.90 x SP    + 540 Wh	<b>2</b> ABS0.20 x SP    - 230 Wh	<b>3</b> ABS0.90 x ABS0.20    + 780 Wh	<b>4</b> VEN x SP    - 240 Wh	<b>5</b> ABS0.20 x VEN    - 50 Wh							
<b>Influência do entorno</b>	<table border="1"> <tr> <td> <p><b>ABS 0.90</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p> </td> <td> <p><b>ABS 0.20/SP/PEP50</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p> </td> </tr> </table>	<p><b>ABS 0.90</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p>	<p><b>ABS 0.20/SP/PEP50</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p>	<table border="1"> <tr> <td> <p><b>ABS 0.90 / SP</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENOR CONSUMO</p> </td> <td> <p><b>ABS 0.20 / VEN</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIOR CONSUMO</p> </td> </tr> </table>	<p><b>ABS 0.90 / SP</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENOR CONSUMO</p>	<p><b>ABS 0.20 / VEN</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIOR CONSUMO</p>					
<p><b>ABS 0.90</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p>	<p><b>ABS 0.20/SP/PEP50</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p>										
<p><b>ABS 0.90 / SP</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MENOR CONSUMO</p>	<p><b>ABS 0.20 / VEN</b></p> <p>MAIOR GRAU DE OBSTRUÇÃO</p> <p>↓</p> <p>MAIOR CONSUMO</p>										
<b>Influência da altura</b>	<table border="1"> <tr> <td> <p>SP/ PEP50/ CII e CIII <b>ABS0.90</b> / CI E CII <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p> </td> <td> <p>CII_ <b>ABS0.90</b>/CIII_ <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p> </td> </tr> </table>	<p>SP/ PEP50/ CII e CIII <b>ABS0.90</b> / CI E CII <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p>	<p>CII_ <b>ABS0.90</b>/CIII_ <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p>								
<p>SP/ PEP50/ CII e CIII <b>ABS0.90</b> / CI E CII <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MAIORES GANHOS</p>	<p>CII_ <b>ABS0.90</b>/CIII_ <b>ABS0.20</b></p> <p>MAIS ALTO</p> <p>↓</p> <p>MENORES GANHOS</p>										

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Muitas questões surgiram no decorrer do presente estudo, sobre as quais se acredita que sejam necessários maiores aprofundamentos. Dessa forma, para trabalhos futuros, sugerem-se os seguintes desdobramentos:

- ✓ Analisar a influência dos parâmetros: proteção solar, entorno e absorvância da envoltória, para as oito orientações geográficas, no desempenho térmico e energético das edificações;
- ✓ Adoção da mesma metodologia para outras tipologias de edifícios tais como escolas, edifícios corporativos e habitação popular;
- ✓ Realizar um levantamento dos usos finais de energia em residências, elencando os diferentes índices de consumo de cada equipamento elétrico, de modo a estabelecer comparações entre os dados simulados com os dados reais de consumo de energia;
- ✓ Realizar medições in loco em unidades habitacionais inseridas em região de mesma característica climática, para que os dados encontrados na presente pesquisa possam ser confrontados, de modo a calibrar os resultados das simulações com o programa DesignBuilder.

## REFERÊNCIAS

AL-TAMIMI, Nedhal A., FADZIL, Sharifah Fairuz Syed. **The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics**. In: 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. Procedia Engineering 2, 273 – 282, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_(ABNT): **NBR 15575** Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_(ABNT): **NBR 15575** Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BARBIRATO, Gianna Melo; SOUZA, Léa Cristina L. de; TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e Cidade: uma abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007.

BRASIL. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/leis](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/leis)>. Acesso em: 09/11/11.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RQT-C**. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RQT-R**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico de energia elétrica 2012 – ano base 2011**. Empresa de pesquisa energética – EPE, Rio de Janeiro, 2012.

BENEDETTO, Gisele Saveriano de. **Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

CARLO, Joyce Correna; GUIZI, Enedir; LAMBERTS, Roberto; MASCARENHAS, Ana Christina. **Eficiência energética no código de obras de salvador**. In: ENCAC -VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre conforto no Ambiente Construído, 2003, Curitiba – PR, 2003.

CARVALHO, Marcia Marques de Queiroz. **Alternativas Arquitetônicas Para O Aumento Da Eficiência No Uso De Energia Elétrica Por Edifícios Comerciais**. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2011.

CIB- **Agenda 21 para a Construção Sustentável**. São Paulo: s.n., 2000.

CIBSE. S.o.L.a. lighting. In: SII lighting guide 11:surface reflectance and colour. London, UK: CIBSE; 2001.

CHAN, A. L. S. **Effect of adjacent shading on the thermal performance of residential buildings in a subtropical region.** Applied Energy 92, 516–522, 2012.

CHEUNG, C.K.; FULLER, R. J.; LUTHER, M. B. **Energy-efficient envelope design for high-rise apartments.** Energy and Buildings. V.37, No1 pp 37-48. Elsevier. 2005.

CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES DE PORTO ALEGRE-PR. LC Nº 284. De 27 de outubro de 1992. 5. ed. CORAG. Assessoria de Publicações Técnicas. Porto Alegre, 2001.

CÓDIGO DE OBRAS DE JOÃO PESSOA-PB. Prefeitura Municipal de João Pessoa – Secretaria de Planejamento. João Pessoa/Pb, Agosto de 2001.

CORBELLA, Oscar. YANNAS, Simos. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos.** Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003.

CORREA, Celina Britto. **Arquitetura Bioclimática: Adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural.** Portal Vitruvius, Nº004.07, ano 02, 2002. Disponível em: <<http://vitruvius.es/revistas/read/drops/02.004/1590>>. Acesso em: 06/11/2011.

DESIGNBUILDER SOFTWARE. Disponível em: <<http://www.designbuilder.co.uk/>>. Acesso em: 20/11/2012.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências.** São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2006.

DORNELLES, Kellen Almeida. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

DUTRA, L.; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, F. O. R. **Determinação do fator solar desejável em aberturas.** In: ENCAC – III ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado, RS; In: I ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado, RS, 1995.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, EPE. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em 29 de maio de 2010.

FROTA, Anésia Barros. **Geometria da Insolação.** Editora Geros - São Paulo, 2004.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 1995.

GOLDEMBERG, José (Coord.). **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil.** v. 5. São Paulo: Blucher, 2011.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture.** London, Applied Sciences Publishers, 1976.

Givoni, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines.** Energy and Buildings, 1992.

GOMES, Patrícia Silva. **Ocupação do solo e microclimas urbanos: o caso de Montes Claro-MG**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2008.

GOULART, S. V. G., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

GRATIA, E; DE HERDE, A. (2003) **Design of low energy office buildings**. Energy and Buildings. v. 35, n. 5, p. 473-491. Elsevier.

KIM, Gon, Hong Soo Lim, Tae Sub Lim , Laura Schaefer , Jeong Tai Kim. **Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings**. Energy and Buildings, v. 46, p. 105–111, 2012.

KRÜGER, Eduardo Leite. **Impacto do adensamento e da orientação solar de cânions urbanos na demanda por condicionamento térmico de edificações sob condições de clima desértico**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 65-87, jan./mar. 2008.

KVAM, Paul H; VIDA KOVIC, Brani. **Nonparametric statistics with applications to science and engineering**. New Jersey: Wiley, 2007.

HERTZ, John B. **Ecotécnicas em Arquitetura: Como projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

LAMBERTS, Roberto; CARLO, Joyce C.; TOCCOLINI, Gisele. **Levantamento De Dados Visando A Definição De Protótipos De Edificações Brasileiras** – Relatório LABEEE - Universidade Federal de Santa Catarina, VERSÃO: FEV 2005.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LAMBERTS, Roberto; TRIANA, Maria Andrea. Documento 2.2: **Levantamento do estado da arte: Energia**. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. São Paulo, 2007.

LEAL, Lilianne de Queiroz. **A influência do entorno sobre as iluminâncias e o ofuscamento em ambientes internos: um estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos no bairro de Manaíra, João Pessoa-Pb**. Dissertação de mestrado - Programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo – UFPB. João Pessoa, 2013.

LIMA, Raffaella Germano de. **A Influência do Sombreamento e da Absortância da Envoltória no Desempenho Termoenergético de Edifícios Residenciais na cidade de Maceió-AL**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado. Universidade Federal de Alagoas. Maceió-AL, 2010.

MASCARENHAS, A.C.R; D'ALCÂNTARA, A.; NERY, J.M.F.G.; FREIRE, T.M.M. **Conservação de energia em edificações comerciais da cidade do Salvador**. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, Rio Grande do Sul, 2005.

MARAGNO, G. V.; COCH, H. **A varanda como espaço de transição. Conceituação, tipologias, variáveis e repercussão ambiental**. In: ENCAC – X ENCONTRO NACIONAL

SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN; In: VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal, RN, 2009.

MARINOSKI, D. L.; GÜTHS, S.; PEREIRA, F. O. R.; LAMBERTS, R. **Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas**. In: ENCAC - ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, AL, 2005.

MARTINS, Lúcia Helena Aires. **Estudo das Estratégias Bioclimáticas adequadas às características físicas de João Pessoa-PB**. Estágio Supervisionado VI, Curso Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2010.

MAZZAROTTO, Ana Carolina Elizabeth Kolb. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba - Verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR, 2011.

MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; CUNHA, José A. Bellini da. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005.

MINKU, Priscila. **Tipologias Construtivas De Edifícios De Escritório Na Cidade De Florianópolis-Sc**. Relatório de Iniciação Científica - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – UFSC, 2005.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2ª Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2003.

MOREIRA, Raphaela Cristhina Claudino. **A questão do gabarito na orla marítima de João Pessoa (bairros de Manaíra, Tambaú e do Cabo Branco)**. Disponível em: <[www.vitruvius.com.br/arquitextos/numeros/numeros\\_080](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/numeros/numeros_080)>. Acesso em: 06/11/2012.

NASCIMENTO, Leandra Beggiato Porto do. BARBOSA, Miriam Jerônimo. **Análise Da Influência De Variáveis Construtivas E De Variáveis De Uso E Ocupação No Consumo De Energia Em Edifícios De Escritório**. In: X Encontro Nacional e VI Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal. ENCAC. 2009. CDROM.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, Alexandre Gomes de. **Proposta de Método para Avaliação do Desempenho Térmico de Residências Unifamiliares em Clima Quente e Úmido**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2006.

PAPST, A. L.; LAMBERTS, R. **Relacionamento da temperatura interna e externa em edificações residenciais naturalmente ventiladas**. In: VI Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre conforto no Ambiente Construído – ENCAC. São Paulo, 2001.

PASQUALI, Fernando Ernesto; BEYER, Paulo Otto; ZIEBELL, Clarissa Sartori; HENNES, Ana Maria. **Análise Comparativa de Diferentes Sistemas de Sombreamento Externo para Edifício de Escritórios na Cidade de São Paulo por Simulação Computacional**. In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - Vitória – ES, 2011.



PROCEL - **PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.**

Apresentação Procel Edifica. Disponível em <<http://www.eletronbras.com/procel>>. Acesso em: 10 de maio de 2010.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural.** 2. ed. Porto Alegre: DC Luzzatto Editores, 1986.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: Projeto, 1988.

SIGNOR, Régis. **Análise De Regressão Do Consumo De Energia Elétrica Frente A Variáveis Arquitetônicas Para Edifícios Comerciais Climatizados Em 14 Capitais Brasileiras.** Dissertação de mestrado - Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil – UFSC, 1999.

SORGATO, Marcio José. **Desempenho Térmico De Edificações Residenciais Unifamiliares Ventiladas Naturalmente.** Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC, 2009.

SORGATO, Marcio José; VERSAGE, Rogério; LAMBERTS, Roberto. **Sombrear ou não sombrear janelas.** Nota Técnica N°02/2011. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEEE- UFSC, 2011.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia De Análise Do Ciclo De Vida Energético De Edificações Residenciais Brasileiras.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2006.

TOLMASQUIM, Maurício T.; GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz Energética Brasileira: uma prospectiva.** Novos estudos – CEBRAP, São Paulo, n. 79, Nov. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101002007000300003&lng=en&nr=m=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101002007000300003&lng=en&nr=m=iso)>. Acesso em: 09/11/11.

VENÂNCIO, Raoni. **Treinamento para o Programa DesignBuilder – versão 2.** Laboratório de Conforto Ambiental, UFRN, 2010.

WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, L. **Análise do impacto de variáveis arquitetônicas e cargas internas no consumo de energia em condicionamento de ar de edificações comerciais.** In: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. ENCAC. 2007. CDROM.


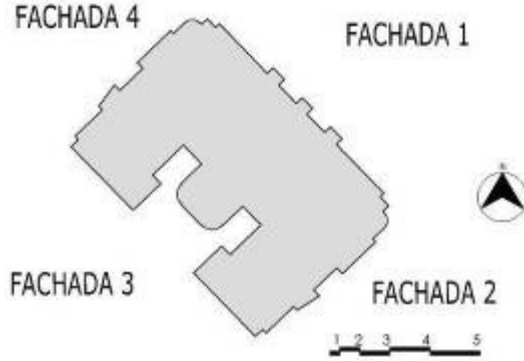

WONG, NH e S. Li. **A study of the effectiveness of passive climate control in naturally ventilated residential buildings in Singapore.** Buildings and Environment, 42: 1395-1405, 2007.

WONG, Nyuk, H. and D.I. Agustinus. **Effects of External Shading Devices on Daylighting and Natural Ventilation.** 8th International IBPSA-2003.g Netherlands, p. 475–482, 2003.

## APÊNDICE A

## FICHA 1: RESIDENCIAL PABLO NERUDA

Endereço: Av. Manoel Moraes esq. Com Av. Pombal, Nº 320

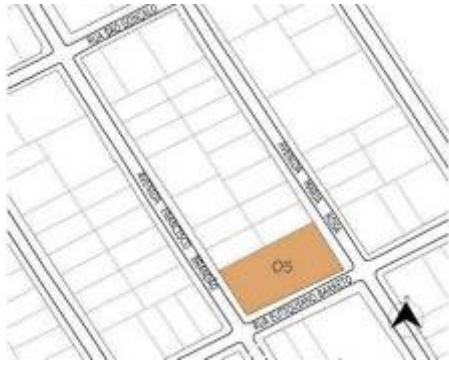
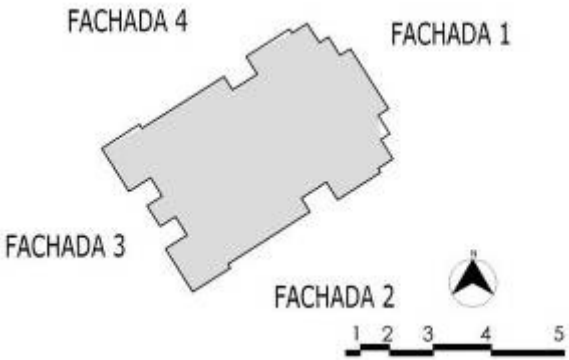

<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
	Bairro: Manaíra		Data do Habite-se: 2007				
<b>ARQUITETURA</b>	Tipologia do Terreno: Retangular		Tipologia da Edificação: Retangular				
	Número de Pavimentos: 16		Número de apartamentos por andar: 06				
	Número de Pavimentos Tipo: 12		Pé-esquerdo (m): 2.70				
	Área total construída (m²): 8.661,10		Área de cada apartamento (m²): 71,90				
	Forma e Orientação do pavimento tipo:		Foto do edifício:				
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
	Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico						
Revestimento Externo: Cerâmica 10x10cm							
Esmadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso Fumê							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	<b>1</b>	NORDESTE	29.40	43.20	26.60	73.40	BEGE
	<b>2</b>	SUDESTE	19.95	43.20	12.03	87.97	CINZA
	<b>3</b>	SUDOESTE	29.40	43.20	10.88	89.12	BRANCA
	<b>4</b>	NOROESTE	19.95	43.20	12.03	87.97	CINZA
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m	< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m
	<b>1</b>	25.00	0.00	59.09	14.57	0.00	10.71
<b>2</b>	25.92	48.15	0.00	14.42	3.29	0.00	
<b>3</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>4</b>	25.92	48.15	0.00	14.42	3.29	0.00	






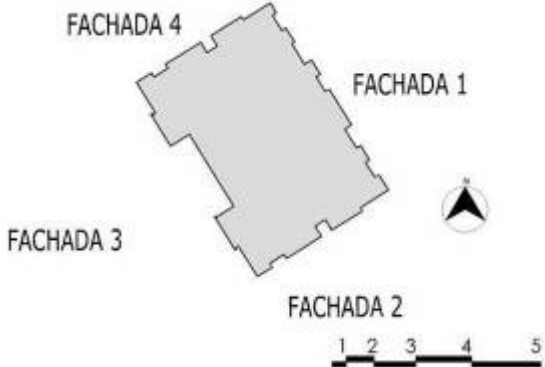




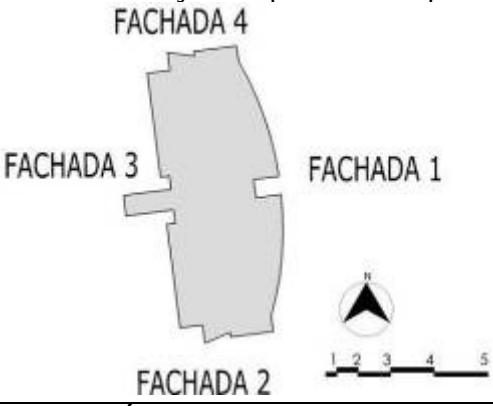



<b>FICHA 5: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL VILLAGE MONTALLO</b>							
Endereço: Av. Eutiquiano Barreto, nº800							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2007			
	Tipologia do Terreno: Retangular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 16			Número de apartamentos por andar: 02			
	Número de Pavimentos Tipo: 11			Pé-esquerdo (m): 2.90			
	Área total construída (m²): 7.972,76			Área de cada apartamento (m²): 196,33			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso Fumê							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	17.50	46.40	26.35	73.65	PRETA
	2	SUDESTE	27.10	46.40	12.40	87.60	BRANCA
	3	SUDOESTE	17.50	46.40	12.90	87.10	BRANCA
	4	NOROESTE	27.10	46.40	12.40	87.60	BRANCA
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m	< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m
	1	38.67	0.00	57.59	28.84	0.00	33.71
2	45.74	0.00	28.20	35.67	0.00	8.84	
3	0.00	37.71	0.00	0.00	9.16	0.00	
4	45.74	0.00	28.20	35.67	0.00	8.84	






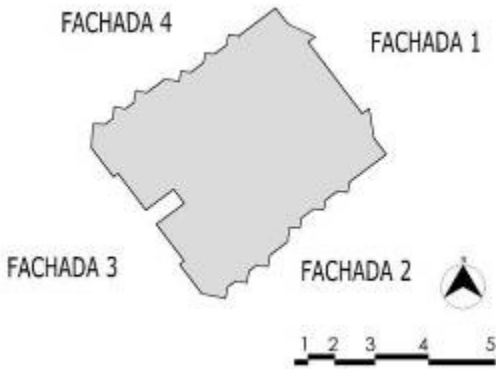

<b>FICHA 7: EDIFÍCIO RESIDENCIAL BRENNAND</b>							
Endereço: Av. Pombal, nº1529							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2010			
	Tipologia do Terreno: Retangular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 15			Número de apartamentos por andar: 05			
	Número de Pavimentos Tipo: 11			Pé-esquerdo (m): 2.70			
	Área total construída (m²): 5.675,92			Área de cada apartamento (m²): 69,65			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio preto / Vidro liso Fumê							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	24.60	40.50	23.95	76.05	BEGE
	2	SUDESTE	17.75	40.50	12.66	87.34	BEGE
	3	SUDOESTE	24.60	40.50	4.22	95.78	BEGE
	4	NOROESTE	17.74	40.50	12.66	87.34	BEGE
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		% área de esquadria sombreada			% área de parede sombreada		
		< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m	< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m
	1	39.60	57.32	0.00	18.00	26.84	0.00
2	33.61	45.47	0.00	5.78	10.18	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	33.61	45.47	0.00	5.78	10.18	0.00	


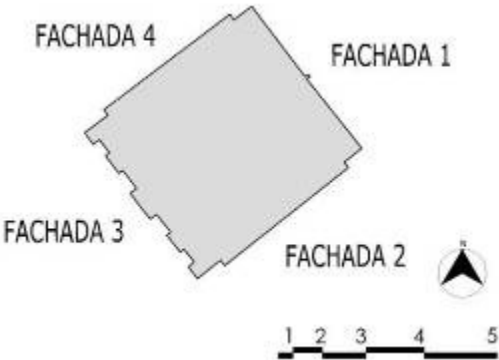

<b>FICHA 8: EDIFÍCIO RESIDENCIAL MANAÍRA IMPERIAL</b>							
Endereço: R. Ernestina Monteiro Pordeus esquina com R. Candelária, nº25							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2009			
	Tipologia do Terreno: Irregular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 29			Número de apartamentos por andar: 02			
	Número de Pavimentos Tipo: 22			Pé-esquerdo (m): 3.15			
	Área total construída (m²): 15.354,39			Área de cada apartamento (m²): 248,72			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes internas: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso Fumê 4mm							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	LESTE	40.25	91.64	34.13	65.87	AZUL
	2	SUL	21.70	91.64	10.49	89.51	BRANCA
	3	OESTE	40.25	91.64	10.64	89.36	AZUL
	4	NORTE	21.70	91.64	10.49	89.51	BRANCA
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m	< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m
	1	0.00	3.52	35.81	0.00	19.33	19.61
2	0.00	0.00	12.95	0.00	0.00	2.55	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	12.95	0.00	0.00	2.55	



<b>FICHA 10: EDIFÍCIO MANAÍRA HOME SERVICE</b>							
Endereço: Av. São Gonçalo, nº193							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2007			
	Tipologia do Terreno: Retangular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 11			Número de apartamentos por andar: 06			
	Número de Pavimentos Tipo: 08			Pé-esquerdo (m): 2.70			
	Área total construída (m²): 3.166,96			Área de cada apartamento (m²): 43,91			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica 10x10cm							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso 4mm							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	20.90	29.70	32.61	67.39	MARROM
	2	SUDESTE	14.50	29.70	23.63	76.37	BRANCA
	3	SUDOESTE	20.90	29.70	0.88	99.12	BRANCA
	4	NOROESTE	14.50	29.70	23.63	76.37	BRANCA
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m	< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m
	1	0.00	0.00	59.60	0.00	0.00	35.70
2	0.00	0.00	50.46	0.00	0.00	8.80	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	50.46	0.00	0.00	8.80	



<b>FICHA 12: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL RIO MADEIRA</b>							
Endereço: R. Geraldo Costa esquina com R. Nicola Porto, nº169							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2003			
	Tipologia do Terreno: Quadrangular			Tipologia da Edificação: Retangular			
	Número de Pavimentos: 11			Número de apartamentos por andar: 04			
	Número de Pavimentos Tipo: 08			Pé-esquerdo (m): 2.80			
	Área total construída (m²): 6.302,93			Área de cada apartamento (m²): 136,39			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio preto/ Vidro liso							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	24.70	30.80	28.72	71.28	MARROM
	2	SUDESTE	26.90	30.80	35.22	64.78	MARROM
	3	SUDOESTE	24.70	30.80	5.20	94.80	BEGE
	4	NOROESTE	26.90	30.80	35.22	64.78	MARROM
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m	< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m
	1	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	57.46
2	0.00	0.00	8.84	0.00	0.00	9.61	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	8.84	0.00	0.00	9.61	

<b>FICHA 13: IBIZA RESIDENCIAL</b>							
Endereço: Av. Gal Edson Ramalho							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2000			
	Tipologia do Terreno: Quadrangular			Tipologia da Edificação: Quadrangular			
	Número de Pavimentos: 10			Número de apartamentos por andar: 02			
	Número de Pavimentos Tipo: 08			Pé-esquerdo (m): 2.75			
	Área total construída (m²): 4.064,70			Área de cada apartamento (m²): 152,00			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes internas: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso 4mm							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	18.45	24.75	26.49	73.51	BEGE
	2	SUDESTE	20.60	24.75	11.63	88.37	BEGE
	3	SUDOESTE	18.45	24.75	11.31	88.69	BEGE
	4	NOROESTE	20.60	24.75	11.63	88.37	BEGE
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m	< .50m	.50< X <1.50m	> 1.50m
	1	61.38	0.00	38.69	38.71	0.00	34.31
	2	0.00	68.94	25.76	0.00	38.08	11.40
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	68.94	25.76	0.00	38.08	11.40	


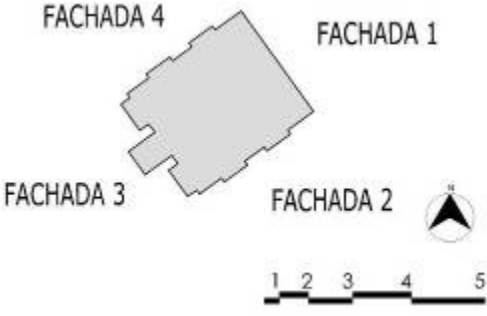




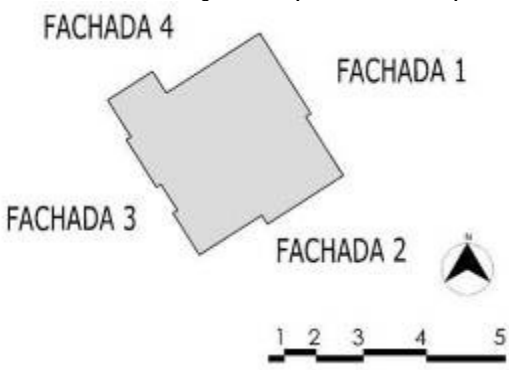









<b>FICHA 18: RESIDENCIAL PRÍNCIPE DE MÔNACO</b>							
Endereço: Av. Ingá esquina com R. Francisco Brandão							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2006			
	Tipologia do Terreno: Quadrangular			Tipologia da Edificação: Quadrangular			
	Número de Pavimentos: 23			Número de apartamentos por andar: 02			
	Número de Pavimentos Tipo: 20			Pé-esquerdo (m): 2.70			
	Área total construída (m²): 4.138,31			Área de cada apartamento (m²): 87,92			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Pré-moldada plana						
Paredes: Alvenaria Simples com bloco cerâmico							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso 4mm							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	13.60	62.10	14.70	85.30	MARROM
	2	SUDESTE	17.70	62.10	10.36	89.64	MARROM
	3	SUDOESTE	13.60	62.10	6.74	93.26	MARROM
	4	NOROESTE	17.70	62.10	10.36	89.64	MARROM
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Sem varandas. Detalhe na volumetria pequeno, protegendo apenas 4 andares.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m	< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	9.09	0.00	0.00	14.39	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	9.09	0.00	0.00	14.39	0.00	0.00	

<b>FICHA 19: EDIFÍCIO TOUR D'ARGENT</b>							
Endereço: Av. Monteiro da Franca, nº 954							
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Planta de Localização						
							
<b>ARQUITETURA</b>	Bairro: Manaíra			Data do Habite-se: 2009			
	Tipologia do Terreno: Retangular			Tipologia da Edificação: Quadrangular			
	Número de Pavimentos: 33			Número de apartamentos por andar: 01			
	Número de Pavimentos Tipo: 28			Pé-esquerdo (m): 2.90			
	Área total construída (m²): 7.242,74			Área de cada apartamento (m²): 285,04			
	Forma e Orientação do pavimento tipo:			Foto do edifício:			
							
	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS GERAIS</b>						
	Estrutura: Concreto Armado						
	Laje: Tipo nervurada						
Paredes: Alvenaria Simples							
Revestimento Externo: Cerâmica							
Esquadrias Externas: Alumínio Anodizado Preto / Vidro liso 4mm							
<b>FACHADAS</b>		<b>Orientação</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área de Esquadria (%)</b>	<b>Área de Parede (%)</b>	<b>Cor predominante</b>
	1	NORDESTE	18.00	95.70	28.97	71.03	BRANCO
	2	SUDESTE	15.50	95.70	13.75	86.25	PRETO
	3	SUDOESTE	18.00	95.70	17.59	82.41	BRANCO
	4	NOROESTE	15.50	95.70	23.62	76.38	PRETO
	<b>ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR</b>						
	Uso de varandas.						
		<b>% área de esquadria sombreada</b>			<b>% área de parede sombreada</b>		
		< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m	< .50m	.50 < X < 1.50m	> 1.50m
	1	0.00	0.00	65.67	0.00	0.00	27.25
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	45.65	0.00	0.00	26.22	0.00	
4	0.00	0.00	0.00	9.75	0.00	29.47	







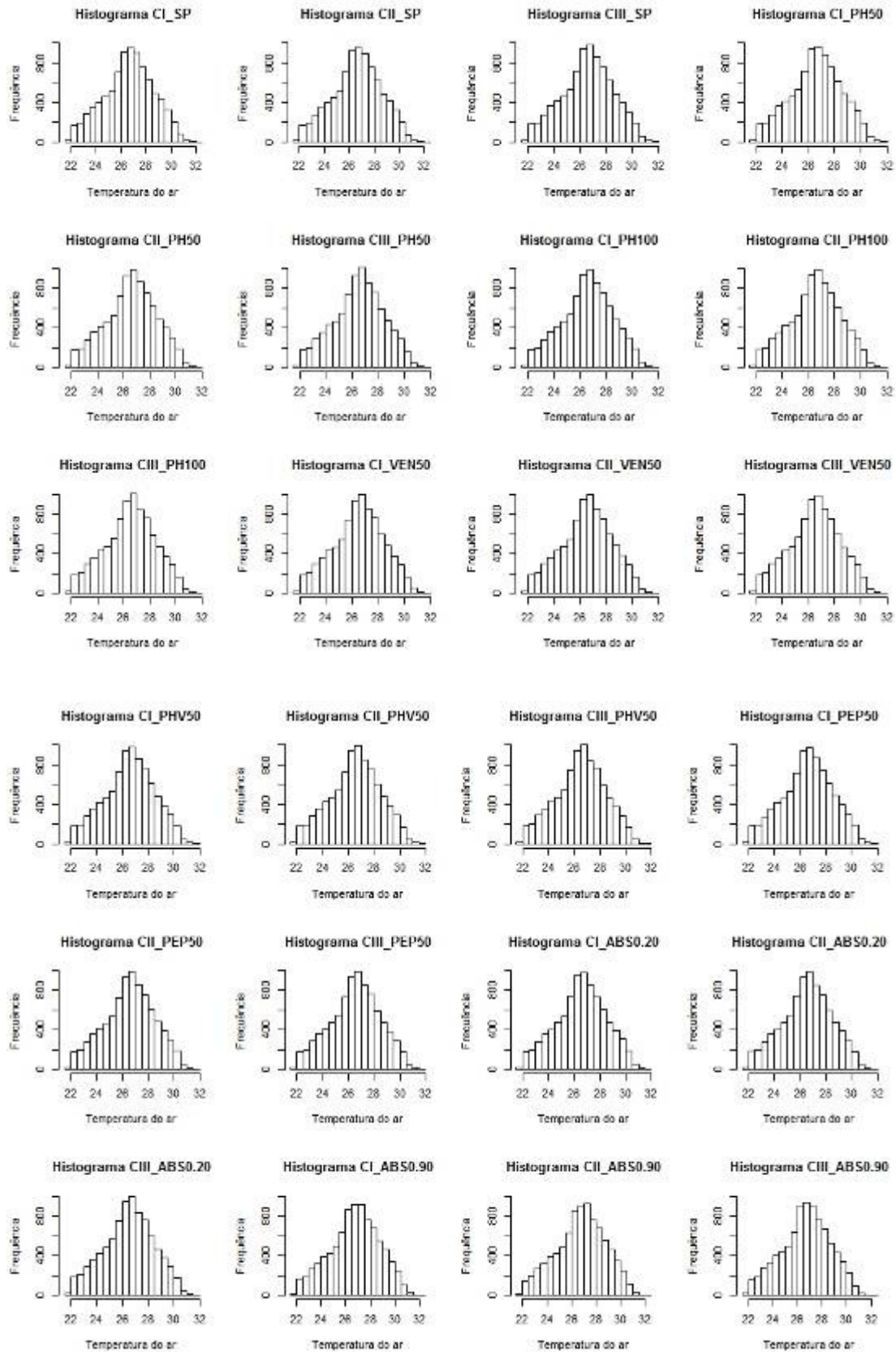




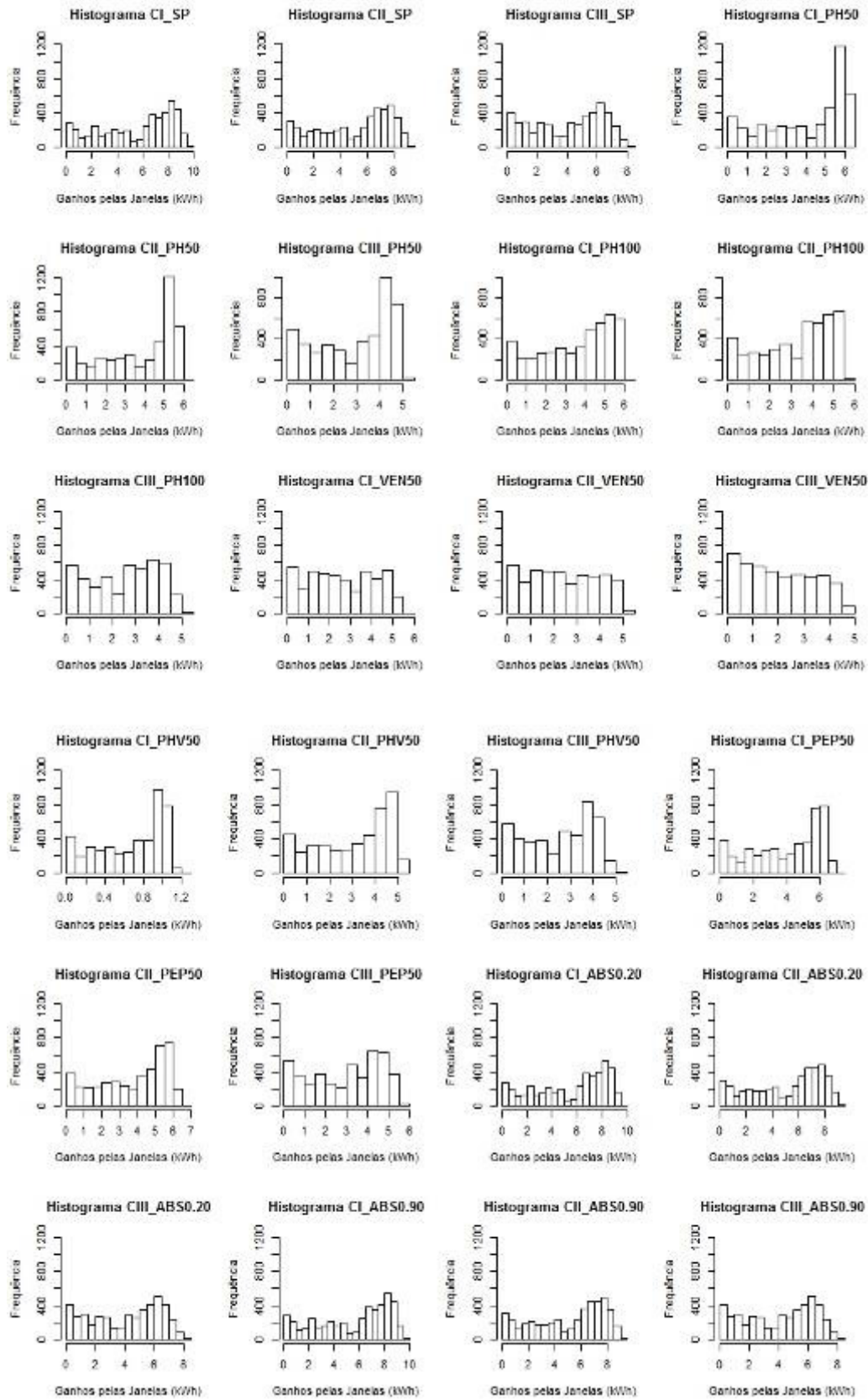




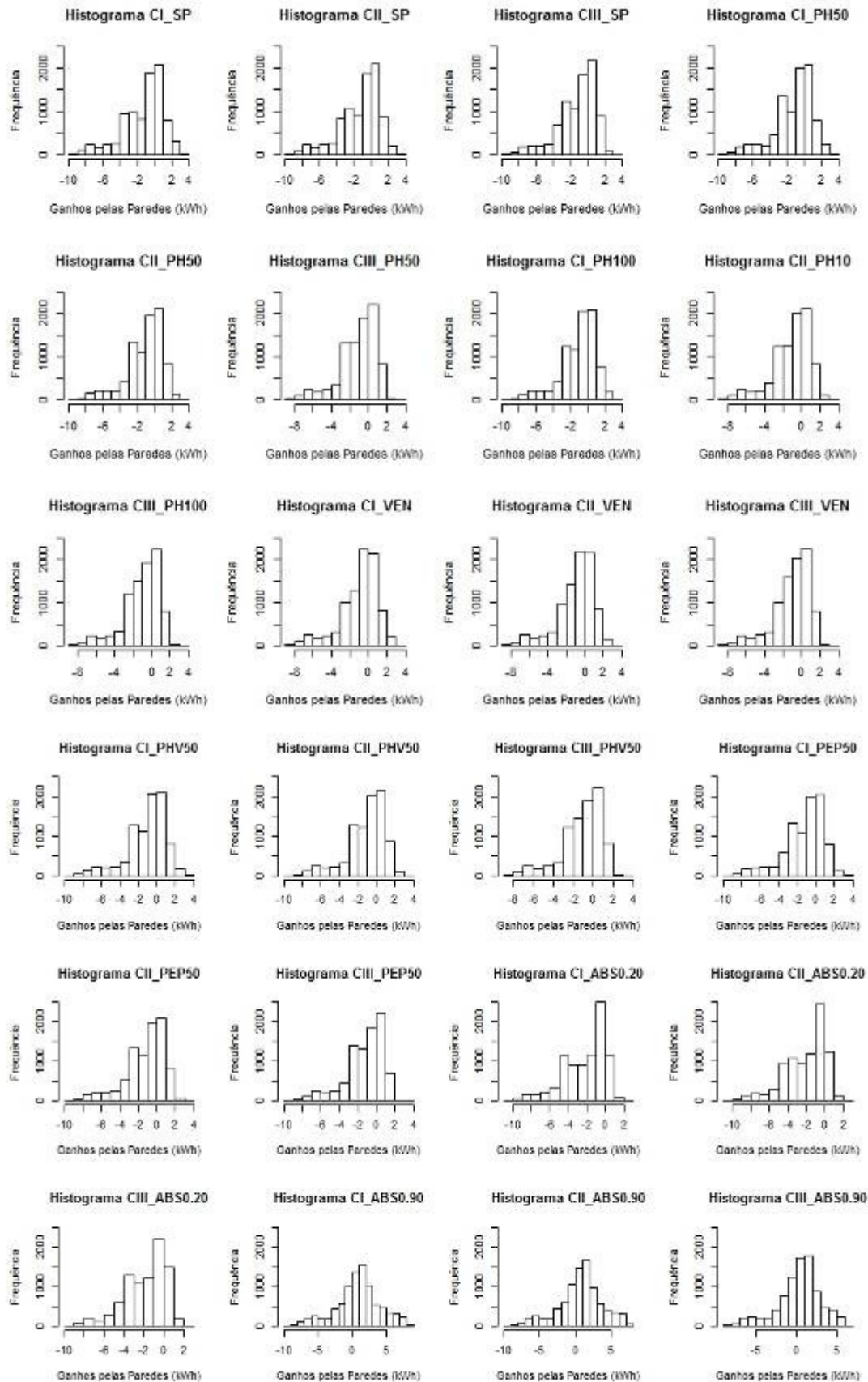
## APÊNDICE B Histogramas Temperatura do ar



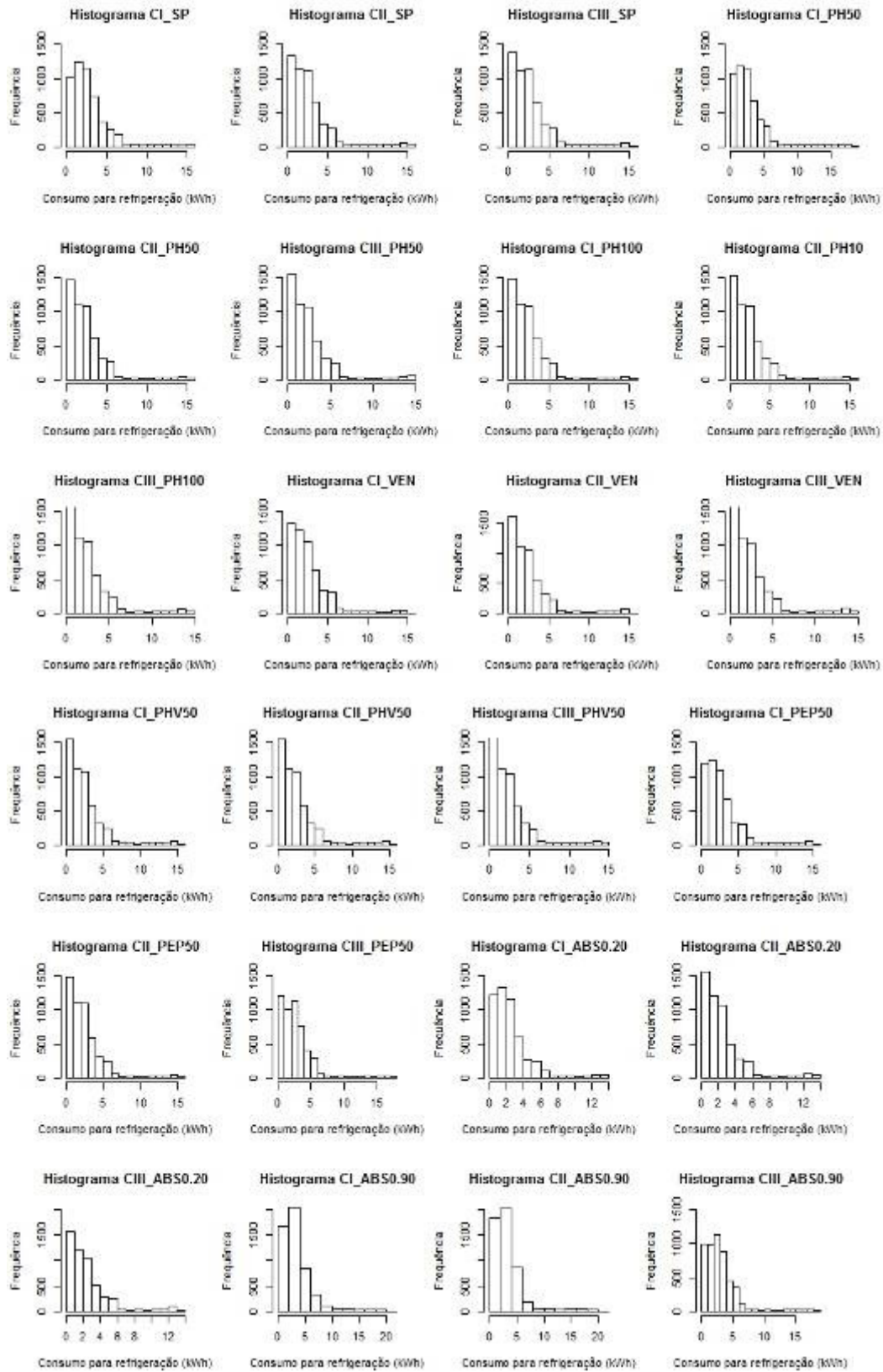
### Ganhos solares pelos fechamentos transparentes



### Ganhos solares pelos fechamentos opacos



### Consumo de energia para refrigeração



### APÊNDICE C

#### Resultados do teste de normalidade Lilliefors

Tabela 1 – Resultados do teste de normalidade Lilliefors para temperatura do ar

CENÁRIO	MODELO	VALOR P-VALUE	CONCLUSÃO DO TESTE
CENÁRIO I	SP	9,77E-12	Rejeitar a Ho
	PH50	2,91E-13	Rejeitar a Ho
	PH100	6,06E-13	Rejeitar a Ho
	VEN50	1,55E-13	Rejeitar a Ho
	PHV50	3,45E-13	Rejeitar a Ho
	PEP50	1,88E-13	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	1,88E-10	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	7,22E-13	Rejeitar a Ho
CENÁRIO II	SP	9,77E-12	Rejeitar a Ho
	PH50	2,91E-13	Rejeitar a Ho
	PH100	1,15E-13	Rejeitar a Ho
	VEN50	1,27E-14	Rejeitar a Ho
	PHV50	3,04E-14	Rejeitar a Ho
	PEP50	1,41E-13	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	2,39E-11	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	1,95E-13	Rejeitar a Ho
CENÁRIO III	SP	9,77E-12	Rejeitar a Ho
	PH50	9,13E-16	Rejeitar a Ho
	PH100	1,16E-14	Rejeitar a Ho
	VEN50	1,25E-14	Rejeitar a Ho
	PHV50	2,26E-14	Rejeitar a Ho
	PEP50	1,76E-13	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	4,38E-13	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	1,43E-13	Rejeitar a Ho

Tabela 2 – Resultados do teste de normalidade Lilliefors para ganhos solares pelos fechamentos transparentes

CENÁRIO	MODELO	VALOR P-VALUE	CONCLUSÃO DO TESTE
CENÁRIO I	SP	7,73E-42	Rejeitar a Ho
	PH50	3,31E-47	Rejeitar a Ho
	PH100	6,23E-39	Rejeitar a Ho
	VEN50	1,69E-30	Rejeitar a Ho
	PHV50	1,09E-42	Rejeitar a Ho
	PEP50	3,39E-42	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	7,73E-42	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	7,73E-42	Rejeitar a Ho
CENÁRIO II	SP	2,92E-39	Rejeitar a Ho
	PH50	4,91E-47	Rejeitar a Ho
	PH100	1,06E-37	Rejeitar a Ho
	VEN50	8,23E-30	Rejeitar a Ho
	PHV50	2,12E-41	Rejeitar a Ho
	PEP50	7,72E-41	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	2,92E-39	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	2,92E-39	Rejeitar a Ho
CENÁRIO III	SP	2,62E-36	Rejeitar a Ho
	PH50	2,29E-43	Rejeitar a Ho
	PH100	2,46E-33	Rejeitar a Ho
	VEN50	5,86E-32	Rejeitar a Ho
	PHV50	2,08E-37	Rejeitar a Ho
	PEP50	5,90E-37	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	2,62E-36	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	2,62E-36	Rejeitar a Ho



Tabela 3 – Resultados do teste de normalidade Lilliefors para ganhos solares pelos fechamentos opacos

CENÁRIO	MODELO	VALOR P-VALUE	CONCLUSÃO DO TESTE
CENÁRIO I	SP	0	Rejeitar a Ho
	PH50	3,26E-284	Rejeitar a Ho
	PH100	9,38E-256	Rejeitar a Ho
	VEN50	3,38E-283	Rejeitar a Ho
	PHV50	7,35E-260	Rejeitar a Ho
	PEP50	4,34E-283	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	5,07E-89	Rejeitar a Ho
CENÁRIO II	SP	0	Rejeitar a Ho
	PH50	4,01E-250	Rejeitar a Ho
	PH100	3,57E-232	Rejeitar a Ho
	VEN50	4,62E-263	Rejeitar a Ho
	PHV50	2,16E-236	Rejeitar a Ho
	PEP50	3,37E-252	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	2,91E-110	Rejeitar a Ho
CENÁRIO III	SP	4,84E-275	Rejeitar a Ho
	PH50	1,75E-203	Rejeitar a Ho
	PH100	1,03E-185	Rejeitar a Ho
	VEN50	1,84E-199	Rejeitar a Ho
	PHV50	2,10E-190	Rejeitar a Ho
	PEP50	4,65E-202	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	5,19E-294	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	1,39E-161	Rejeitar a Ho

Tabela 4 – Resultados do teste de normalidade Lilliefors para consumo de energia para refrigeração

CENÁRIO	MODELO	VALOR P-VALUE	CONCLUSÃO DO TESTE
CENÁRIO I	SP	0	Rejeitar a Ho
	PH50	0	Rejeitar a Ho
	PH100	0	Rejeitar a Ho
	VEN50	0	Rejeitar a Ho
	PHV50	0	Rejeitar a Ho
	PEP50	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	0	Rejeitar a Ho
CENÁRIO II	SP	0	Rejeitar a Ho
	PH50	0	Rejeitar a Ho
	PH100	0	Rejeitar a Ho
	VEN50	0	Rejeitar a Ho
	PHV50	0	Rejeitar a Ho
	PEP50	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	0	Rejeitar a Ho
CENÁRIO III	SP	0	Rejeitar a Ho
	PH50	0	Rejeitar a Ho
	PH100	0	Rejeitar a Ho
	VEN50	0	Rejeitar a Ho
	PHV50	0	Rejeitar a Ho
	PEP50	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.20	0	Rejeitar a Ho
	ABS0.90	0	Rejeitar a Ho

APÊNDICE D

TEMPERATURA DO AR

Resultados do p-value para o teste wilcoxon aplicado a temperatura do ar

TEMPERATURA DO AR - RESULTADOS P-VALUE PARA TESTE "WILCOXON"																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CI_SP	CII_SP	CIII_SP	CI_PH50	CII_PH50	CIII_PH50	CI_PH100	CII_PH100	CIII_PH100	CI_VEN50	CII_VEN50	CIII_VEN50	CI_PHV50	CII_PHV50	CIII_PHV50	CI_PEP50	CII_PEP50	CIII_PEP50	CI_ABS0.20	CII_ABS0.20	CIII_ABS0.20	CI_ABS0.90	CII_ABS0.90	CIII_ABS0.90
CI_SP		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_SP			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_SP				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0.634	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PH50					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH50						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH50							< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PH100								< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	4,66E-10	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH100									< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	4.3e-07	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH100										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_VEN50										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0.005066	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_VEN50											< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_VEN50												< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1,86E-08	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PHV50													< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PHV50														< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0.2538	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PHV50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PEP50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PEP50																	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PEP50																		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_ABS0.20																			< 2.2e-16	0.004252	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABS0.20																				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_ABS0.20																					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_ABS0.90																						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABS0.90																							< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_ABS0.90																								< 2.2e-16

REJEITA A HIPÓTESE NULA
NÃO REJEITA A HIPÓTESE NULA

Resultados do teste wilcoxon ao comparar os modelos

RESULTADOS TESTE WILCOXON					
CENÁRIO I					
MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE
Ci_SPXCI_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_SPXCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_SPXCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_SPXCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_SPXCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_SPXCI_ABSO.20	1	GREATER			
Ci_SPXCI_ABSO.90	1	GREATER			
Ci_PH50XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH50XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH50XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH50XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH50_CI_ABSO.20	1	GREATER	Ci_PH50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
Ci_PH50XCI_ABSO.90	1	GREATER	Ci_PH50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
Ci_PH100XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH100XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PH100XCI_PEP50	1	GREATER	Ci_PH100XCI_PEP50	< 2.2e-16	LESS
Ci_PH100_CI_ABSO.20	1	GREATER	Ci_PH100_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
Ci_PH100XCI_ABSO.90	1	GREATER	Ci_PH100XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
Ci_VEN50XCI_PHV50	1	GREATER	Ci_VEN50XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS
Ci_VEN50XCI_PEP50	1	GREATER	Ci_VEN50XCI_PEP50	< 2.2e-16	LESS
Ci_VEN50_CI_ABSO.20	1	GREATER	Ci_VEN50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
Ci_VEN50XCI_ABSO.90	1	GREATER	Ci_VEN50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
Ci_PHV50XCI_PEP50	1	GREATER	Ci_PHV50XCI_PEP50	< 2.2e-16	LESS
Ci_PHV50XCI_VEN50	1	GREATER			
Ci_PHV50XCI_PH50	1	GREATER	Ci_PHV50XCI_PH50	< 2.2e-16	LESS
Ci_PHV50XCI_PH100	1	GREATER	Ci_PHV50XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS
Ci_PHV50XCI_ABSO.20	1	GREATER	Ci_PHV50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
Ci_PHV50XCI_ABSO.90	1	GREATER	Ci_PHV50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
Ci_PEP50XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PEP50XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_PEP50XCI_ABSO.20	1	GREATER	Ci_PEP50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
Ci_PEP50XCI_ABSO.90	1	GREATER	Ci_PEP50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
Ci_PEP50XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_SP	1	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.20XCI_ABSO.90	1	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_ABSO.20	1	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_SP	1	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
Ci_ABSO.90XCI_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
<b>ESCALA GRADUAL DECRESCENTE</b>					
<b>( Ci_SP   Ci_ABSO.20   Ci_ABSO.90 ) &gt; Ci_PH50 &gt; Ci_PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; VEN50</b>					

RESULTADOS TESTE WILCOXON					
CENÁRIO II					
MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE
CiI_SPXCII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_SPXCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_SPXCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_SPXCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_SPXCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_SPXCII_ABSO.20	1	GREATER			
CiI_SPXCII_ABSO.90	1	GREATER			
CiI_PH50XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH50XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH50XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH50XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH50_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiI_PH50_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiI_PH50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CiI_PH50XCII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiI_PH100XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH100XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PH100XCII_PEP50	1	GREATER	CiI_PH100XCII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiI_PH100_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiI_PH100_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiI_PH100XCII_ABSO.90	1	GREATER	CiI_PH100XCII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiI_VEN50XCII_PHV50	1	GREATER	CiI_VEN50XCII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CiI_VEN50XCII_PEP50	1	GREATER	CiI_VEN50XCII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiI_VEN50_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiI_VEN50_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiI_VEN50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CiI_VEN50XCII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiI_PHV50XCII_PEP50	1	GREATER	CiI_PHV50XCII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiI_PHV50XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PHV50XCII_PH50	1	GREATER	CiI_PHV50XCII_PH50	< 2.2e-16	LESS
CiI_PHV50XCII_PH100	1	GREATER	CiI_PHV50XCII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CiI_PHV50XCII_ABSO.20	1	GREATER	CiI_PHV50XCII_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiI_PHV50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CiI_PHV50XCII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiI_PEP50XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PEP50XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_PEP50XCII_ABSO.20	1	GREATER	CiI_PEP50XCII_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiI_PEP50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CiI_PEP50XCII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiI_PEP50XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_SP	1	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.20XCII_ABSO.90	1	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_ABSO.20	1	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_SP	1	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiI_ABSO.90XCII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
<b>ESCALA GRADUAL DECRESCENTE</b>					
<b>( Ci_SP   Ci_ABSO.20   Ci_ABSO.90 ) &gt; Ci_PH50 &gt; Ci_PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; VEN50</b>					

RESULTADOS TESTE WILCOXON					
CENÁRIO III					
MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE
CiII_SPXCIII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_SPXCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_SPXCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_SPXCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_SPXCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_SPXCIII_ABSO.20	1	GREATER			
CiII_SPXCIII_ABSO.90	1	GREATER			
CiII_PH50XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH50_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiII_PH50_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiII_PH50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CiII_PH50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiII_PH100XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH100XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PH100XCIII_PEP50	1	GREATER	CiII_PH100XCIII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiII_PH100_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiII_PH100_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiII_PH100XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CiII_PH100XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiII_VEN50XCIII_PHV50	1	GREATER	CiII_VEN50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CiII_VEN50XCIII_PEP50	1	GREATER	CiII_VEN50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiII_VEN50_CI_ABSO.20	1	GREATER	CiII_VEN50_CI_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiII_VEN50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CiII_VEN50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiII_PHV50XCIII_PEP50	1	GREATER	CiII_PHV50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CiII_PHV50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PHV50XCIII_PH50	1	GREATER	CiII_PHV50XCIII_PH50	< 2.2e-16	LESS
CiII_PHV50XCIII_PH100	1	GREATER	CiII_PHV50XCIII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CiII_PHV50XCIII_ABSO.20	1	GREATER	CiII_PHV50XCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiII_PHV50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CiII_PHV50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiII_PEP50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PEP50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_PEP50XCIII_ABSO.20	1	GREATER	CiII_PEP50XCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	LESS
CiII_PEP50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CiII_PEP50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CiII_PEP50XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_SP	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.20XCIII_ABSO.90	1	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_ABSO.20	1	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_SP	1	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CiII_ABSO.90XCIII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
<b>ESCALA GRADUAL DECRESCENTE</b>					
<b>( Ci_SP   Ci_ABSO.20   Ci_ABSO.90 ) &gt; Ci_PH50 &gt; Ci_PEP50 &gt; PH100 &gt; PHV50 &gt; VEN50</b>					

### GANHOS SOLARES PELOS FECHAMENTOS TRANSPARENTES

Resultados do p-value para o teste wilcoxon aplicado ao ganho solar pelos fechamentos transparentes

GANHOS SOLARES PELAS JANELAS - RESULTADOS P-VALUE PARA TESTE "WILCOXON"																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CI_SP	CII_SP	CIII_SP	CI_PH50	CII_PH50	CIII_PH50	CI_PH100	CII_PH100	CIII_PH100	CI_VEN50	CII_VEN50	CIII_VEN50	CI_PHV50	CII_PHV50	CIII_PHV50	CI_PEP50	CII_PEP50	CIII_PEP50	CI_ABSO.20	CII_ABSO.20	CIII_ABSO.20	CI_ABSO.90	CII_ABSO.90	CIII_ABSO.90
CI_SP		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_SP			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16
CIII_SP				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0.04715	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16	< 2.2e-16	11
CI_PH50					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH50						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH50							< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1.62E-07	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PH100								< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1.96E-08	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH100									< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	3.14E-06	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH100										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_VEN50										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_VEN50											< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_VEN50												< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PHV50														< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PHV50															< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PHV50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PEP50																	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PEP50																		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PEP50																			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_ABSO.20																				< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABSO.20																					< 2.2e-16	< 2.2e-16	1	< 2.2e-16
CIII_ABSO.20																						< 2.2e-16	< 2.2e-16	1
CI_ABSO.90																							< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABSO.90																								< 2.2e-16
CIII_ABSO.90																								< 2.2e-16

REJEITA A HIPÓTESE NULA  
NÃO REJEITA A HIPÓTESE NULA



### GANHOS SOLARES PELOS FECHAMENTOS OPACOS

Resultados do p-value para o teste wilcoxon aplicado ao ganho solar pelos fechamentos opacos

GANHOS SOLARES PELAS PAREDES - RESULTADOS P-VALUE PARA TESTE "WILCOXON"																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CI_SP	CII_SP	CIII_SP	CI_PH50	CII_PH50	CIII_PH50	CI_PH100	CII_PH100	CIII_PH100	CI_VEN50	CII_VEN50	CIII_VEN50	CI_PHV50	CII_PHV50	CIII_PHV50	CI_PEP50	CII_PEP50	CIII_PEP50	CI_ABSO.20	CII_ABSO.20	CIII_ABSO.20	CI_ABSO.90	CII_ABSO.90	CIII_ABSO.90
CI_SP		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_SP			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	8,79E-06	4,41E-02	9,11E-13	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_SP				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0,008385	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PH50					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH50						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH50							3,88E-05	0,744	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PH100								< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PH100									1,91e-15	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PH100										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0,1136	9,58E-04	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_VEN50											0,2091	4,76E-11	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_VEN50												< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_VEN50													< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PHV50														< 2.2e-16	8,18E-05	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PHV50															0,2256	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PHV50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_PEP50																	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_PEP50																		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_PEP50																			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_ABSO.20																				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABSO.20																					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_ABSO.20																						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CI_ABSO.90																							0,0007147	< 2.2e-16
CII_ABSO.90																								< 2.2e-16
CIII_ABSO.90																								

REJEITA A HIPÓTESE NULA  
NÃO REJEITA A HIPÓTESE NULA

Resultados do teste wilcoxon ao comparar os modelos

ESCALA GRADUAL					ESCALA GRADUAL					ESCALA GRADUAL							
CENÁRIO I					CENÁRIO II					CENÁRIO III							
MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE	MODELOS	P-VALUE	HIPÓTESE			
CI_SPXCI_PH50	1	GREATER	CI_SPXCI_PH50	< 2.2e-16	LESS	CII_SPXCII_PH50	1	GREATER	CI_SPXCI_PH50	< 2.2e-16	LESS	CIII_SPXCIII_PH50	1	GREATER	CIII_SPXCIII_PH50	< 2.2e-16	LESS
CI_SPXCI_PH100	1	GREATER	CI_SPXCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CII_SPXCII_PH100	1	GREATER	CI_SPXCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CIII_SPXCIII_PH100	1	GREATER	CIII_SPXCIII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CI_SPXCI_VEN50	1	GREATER	CI_SPXCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CII_SPXCII_VEN50	1	GREATER	CI_SPXCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_SPXCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_SPXCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_SPXCI_PHV50	1	GREATER	CI_SPXCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CII_SPXCII_PHV50	1	GREATER	CI_SPXCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CIII_SPXCIII_PHV50	1	GREATER	CIII_SPXCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CI_SPXCI_PEP50	1	GREATER	CI_SPXCI_PEP50	3.9e-09	LESS	CII_SPXCII_PEP50	1	GREATER	CI_SPXCI_PEP50	2,21E-02	LESS	CIII_SPXCIII_PEP50	0.004192	GREATER			
CI_SPXCI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CII_SPXCII_ABSO.20	2,21E-02	GREATER				CIII_SPXCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_SPXCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_SPXCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_SPXCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_SPXCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_SPXCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_SPXCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_PH50XCI_PH100	1	GREATER	CI_PH50XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CII_PH50XCII_PH100	1	GREATER	CI_PH50XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH50XCIII_PH100	1	GREATER	CIII_PH50XCIII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CI_PH50XCI_VEN50	1	GREATER	CI_PH50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CII_PH50XCII_VEN50	1	GREATER	CI_PH50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH50XCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_PH50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_PH50XCI_PHV50	1	GREATER	CI_PH50XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CII_PH50XCII_PHV50	1	GREATER	CI_PH50XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH50XCIII_PHV50	1	GREATER	CIII_PH50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CI_PH50XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CII_PH50XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PH50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PH50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CII_PH50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PH50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PH50XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_PH50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_PH50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_PH50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_PH50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_PH100XCI_VEN50	1	GREATER	CI_PH100XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CII_PH100XCII_VEN50	1	GREATER	CI_PH100XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH100XCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_PH100XCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_PH100XCI_PHV50	1	GREATER	CI_PH100XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CII_PH100XCII_PHV50	1	GREATER	CI_PH100XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH100XCIII_PHV50	1	GREATER	CIII_PH100XCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CI_PH100XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CII_PH100XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PH100XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PH100CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CII_PH100CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PH100CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PH100XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_PH100XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_PH100XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_PH100XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_PH100XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_PH100XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_VEN50XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER				CI_VEN50XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_VEN50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_VEN50XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CI_VEN50XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_VEN50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_VEN50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CI_VEN50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_VEN50CI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_VEN50XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_VEN50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_VEN50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_VEN50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_VEN50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_VEN50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_PHV50XCI_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CI_PHV50XCII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PHV50XCIII_PEP50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PHV50XCI_VEN50	1	GREATER	CI_PHV50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CII_PHV50XCII_VEN50	1	GREATER	CI_PHV50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PHV50XCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_PHV50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_PHV50XCI_PH50	< 2.2e-16	GREATER				CI_PHV50XCII_PH50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PHV50XCIII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PHV50XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER				CI_PHV50XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PHV50XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PHV50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CI_PHV50XCII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PHV50XCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PHV50XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_PHV50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_PHV50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_PHV50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_PHV50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_PHV50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_PEP50XCI_PHV50	1	GREATER	CI_PEP50XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CII_PEP50XCII_PHV50	1	GREATER	CI_PEP50XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PEP50XCIII_PHV50	1	GREATER	CIII_PEP50XCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CI_PEP50XCI_VEN50	1	GREATER	CI_PEP50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CII_PEP50XCII_VEN50	1	GREATER	CI_PEP50XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_PEP50XCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_PEP50XCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_PEP50XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CI_PEP50XCII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_PEP50XCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_PEP50XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_PEP50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CII_PEP50XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_PEP50XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_PEP50XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_PEP50XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_PEP50XCI_PH100	1	GREATER	CI_PEP50XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CII_PEP50XCII_PH100	1	GREATER	CI_PEP50XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CIII_PEP50XCIII_PH100	1	GREATER	CIII_PEP50XCIII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_SP	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_SP	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_SP	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_SP	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_SP	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_SP	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_PH50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PH50	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_PH50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PH50	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_PH50	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_PH50	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_PH100	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_PH100	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PH100	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_PH100	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_PH100	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_VEN50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_VEN50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_VEN50	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_VEN50	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_VEN50	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_PHV50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_PHV50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PHV50	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_PHV50	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_PHV50	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_PEP50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PEP50	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_PEP50	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_PEP50	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_PEP50	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_PEP50	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.20XCI_ABSO.90	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CI_ABSO.20XCII_ABSO.90	1	GREATER	CI_ABSO.20XCI_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS	CIII_ABSO.20XCIII_ABSO.90	1	GREATER	CIII_ABSO.20XCIII_ABSO.90	< 2.2e-16	LESS
CI_ABSO.90XCI_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_ABSO.20	< 2.2e-16	GREATER			
CI_ABSO.90XCI_VEN50	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_VEN50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_ABSO.90XCI_SP	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_SP	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_SP	< 2.2e-16	GREATER			
CI_ABSO.90XCI_PHV50	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_PHV50	< 2.2e-16	GREATER			
CI_ABSO.90XCI_PH100	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_PH100	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_PH100	< 2.2e-16	GREATER			
CI_ABSO.90XCI_PH50	< 2.2e-16	GREATER				CI_ABSO.90XCII_PH50	< 2.2e-16	GREATER				CIII_ABSO.90XCIII_PH50	< 2.2e-16	GREATER			
<b>CI_ABSO.90 &gt; VEN50 &gt; CI_PHV50 &gt; CI_PH100 &gt; PH50 &gt; PEP50 &gt; SP &gt; ABSO.20</b>					<b>CI_ABSO.90 &gt; VEN50 &gt; CI_PHV50 &gt; CI_PH100 &gt; PH50 &gt; PEP50 &gt; SP &gt; ABSO.20</b>					<b>CI_ABSO.90 &gt; VEN50 &gt; CI_PHV50 &gt; CI_PH100 &gt; PH50 &gt; SP &gt; PEP50 &gt; ABSO.20</b>							

### CONSUMO DE ENERGIA PARA REFRIGERAÇÃO

Tabela XX: Resultados do p-value para o teste wilcoxon aplicado ao consumo de energia para refrigeração

CONSUMO DE ENERGIA PARA REFRIGERAÇÃO - RESULTADOS P-VALUE PARA TESTE WILCOXON																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	CJ_SP	CII_SP	CIII_SP	CJ_PH50	CII_PH50	CIII_PH50	CJ_PH100	CII_PH100	CIII_PH100	CJ_VEN	CII_VEN	CIII_VEN	CJ_PHV50	CII_PHV50	CIII_PHV50	CJ_PEP50	CII_PEP50	CIII_PEP50	CJ_ABSO.20	CII_ABSO.20	CIII_ABSO.20	CJ_ABSO.90	CII_ABSO.90	CIII_ABSO.90	
CJ_SP		1,15E-08	1,88E-08	1,20E-11	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CII_SP			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_SP				< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_PH50					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CII_PH50						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_PH50							< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_PH100								< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CII_PH100									< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_PH100										< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_VEN50											< 2.2e-16	0,004155	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0,003285	6,99E-02	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_VEN50												< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	9,22E-07	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_VEN50													< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	0,3199	0,0693	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_PHV50														< 2.2e-16	< 2.2e-16	3,30E-02	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CII_PHV50															< 2.2e-16	3,30E-02	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_PHV50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	4,95E-09	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_PEP50																< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CII_PEP50																		< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CIII_PEP50																			< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	
CJ_ABSO.20																				< 2.2e-16	< 2.2e-16	1,30E-04	< 2.2e-16	< 2.2e-16	1,30E-04
CII_ABSO.20																					< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CIII_ABSO.20																						< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
CJ_ABSO.90																								< 2.2e-16	< 2.2e-16
CII_ABSO.90																								0,000186	< 2.2e-16
CIII_ABSO.90																									< 2.2e-16

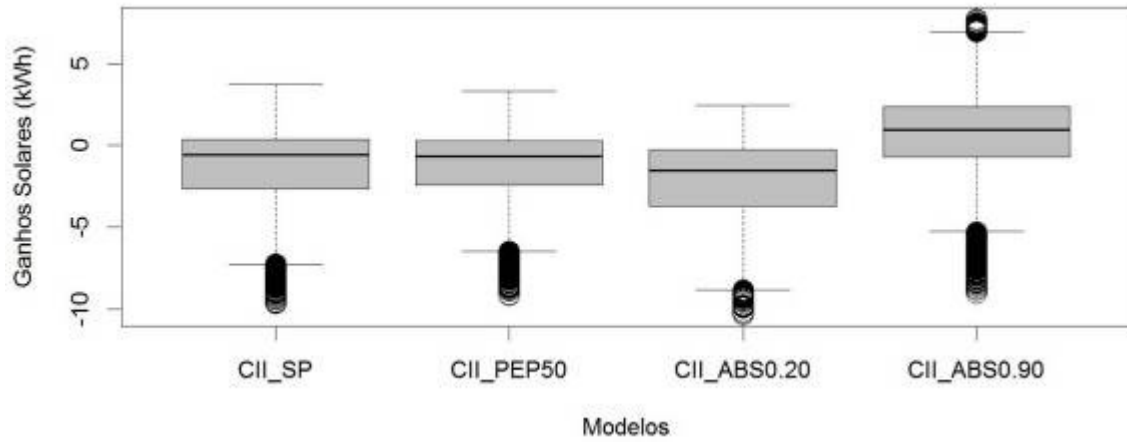
REJEITA A HIPÓTESE NULA
NÃO REJEITA A HIPÓTESE NULA



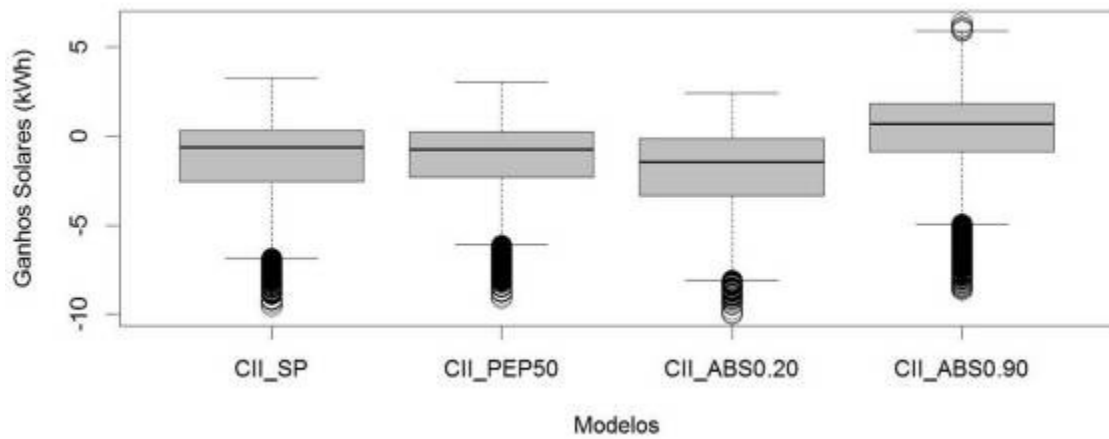


**APÊNDICE E**

Comportamento dos ganhos solares pelas paredes para todos os modelos propostos, considerando o cenário II

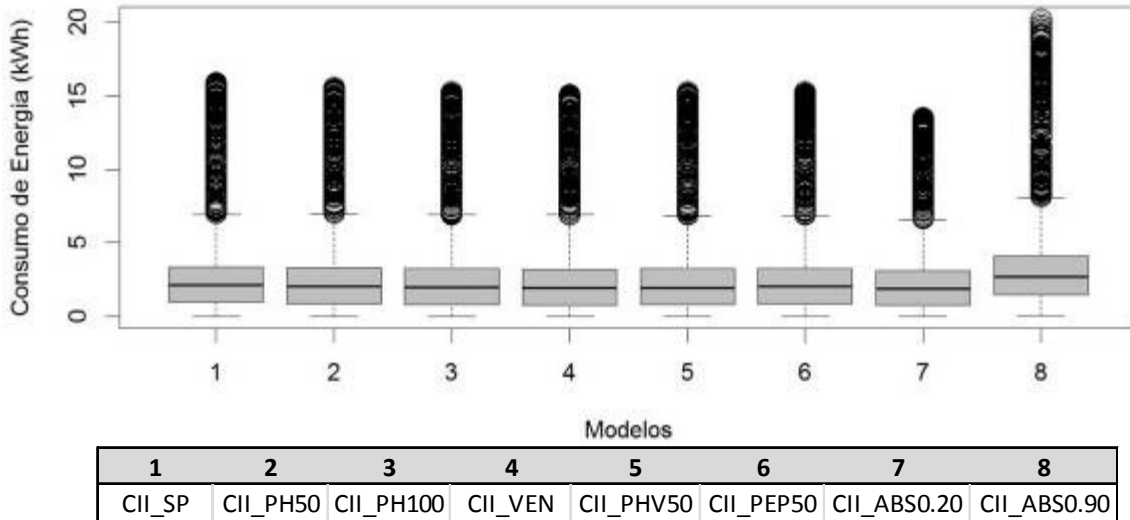


Comportamento dos ganhos solares pelas paredes para todos os modelos propostos, considerando o cenário III



**APÊNDICE F**

Comportamento do consumo de energia para refrigeração de todos os modelos propostos, considerando o cenário II.



Comportamento do consumo de energia para refrigeração de todos os modelos propostos, considerando o cenário III.

