

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Eficiência Energética Em Edificações

Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil

Roberto Lamberts
Enedir Ghisi
Greici Ramos

Equipes:

Zona 1: Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula Xavier (CEFET/PR)

Zona 2: Prof. Dr. Joaquim C. Pizzutti dos Santos (UFSC)

Francéli Ferreira
Leonardo Bonatto
Vanessa Sari

Zona 3: Prof. Enedir Ghisi, PhD (UFSC)

Greici Ramos
Marina Vasconcelos Santana
Priscila Mei Minku
Caroline da Silva Moreira
Gabriel Marcon Coelho

Zona 4: Prof. Dr. Maurício Roriz (UFSCar)

Renata Aboud Barbugli
Kellen Monte Carrières
Mônica Faria de Almeida Prado

Aline Cristina Lopes

Zona 5: Profa. Dra. Louise Land B. Lomardo (UFF)

Ana Paula Venâncio
Linus Gombarovits Trindade

Zona 6: Prof. Wagner Augusto Andreasi (UFMS)

André Luiz Assis Andreasi
Gabriela Paiva
Jucimeire Neves da Silva
Rogério de Souza Versage

Zona 7: Prof. Aldomar Pedrini, PhD (UFRN)

Zona 8: Prof. Ricardo Cabús, PhD (UFAL)

Mara Araújo
Vanessa Montenegro

Florianópolis, outubro de 2006.

Sumário

SUMÁRIO	II
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	VI
RESUMO	VII
<u>1. Introdução</u>	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GERAL	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3 CONTEXTO DO PROJETO	4
1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO	5
<u>2. Metodologia</u>	6
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 DEFINIÇÃO DA TIPOLOGIA	8
2.2.1 LEVANTAMENTO DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS.....	8
2.2.2 LEVANTAMENTO DAS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS.....	8
2.2.3 ORIENTAÇÃO SOLAR DOS EDIFÍCIOS	9
2.2.4 DETERMINAÇÃO DA FORMA	9
2.2.5 ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR	10
2.2.6 LEVANTAMENTO DAS CORES EXTERNAS	10
2.2.7 NÚMERO DE PAVIMENTOS	11
2.3 PADRÕES DE USO E OCUPAÇÃO	11
2.3.1 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES PROFISSIONAIS	11
2.3.2 LEVANTAMENTO DO PADRÃO DE OCUPAÇÃO	12
2.3.3 LEVANTAMENTO DE PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTOS.....	12
2.3.4 MONITORAMENTO DOS EQUIPAMENTOS	13
2.4 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR	14
<u>3. Resultados</u>	16
3.1 DEFINIÇÃO DA TIPOLOGIA	17
3.1.1 LOCALIZAÇÃO.....	17

3.1.2	NÚMERO DE EDIFÍCIOS	18
3.1.3	NÚMERO DE PAVIMENTOS	18
3.1.4	A FORMA	19
3.1.5	BRISES	20
3.1.6	COR.....	21
3.2	ANÁLISE DOS DETALHES CONSTRUTIVOS	22
3.2.1	PAREDES	22
3.2.2	COBERTURAS.....	23
3.2.3	SISTEMAS DE ABERTURA	24
3.2.4	VIDROS.....	25
3.2.5	PERCENTUAL DE ÁREA DE JANELA NA FACHADA (PJF)	26
3.3	CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO DE USO E OCUPAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	27
3.3.1	NÚMERO DE ATIVIDADES EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	27
3.3.2	PADRÃO DE OCUPAÇÃO	28
3.3.3	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO PARA CADA ATIVIDADE	29
3.3.4	PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTOS	30
3.4	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	31
3.5	MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR.....	34
3.5.1	MONITORAMENTO DE INVERNO - TEMPERATURA E UMIDADE DO AR.....	34
3.5.2	MONITORAMENTO DE VERÃO - TEMPERATURA E UMIDADE DO AR	36
4.	<u>Conclusões</u>	<u>43</u>
4.1	CONCLUSÕES GERAIS	44
4.2	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	45
4.3	TRABALHOS DE APOIO.....	45
4.3.1	MESTRADO CONCLUÍDO	46
4.3.2	MESTRADO EM ANDAMENTO.....	46
4.3.3	INICIAÇÃO CIENTÍFICA CONCLUÍDA	47
4.3.4	INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM ANDAMENTO	47
4.4	TOMBAMENTO DE EQUIPAMENTOS	48
	<u>Referências</u>	<u>49</u>

Lista de Figuras

<u>1. Introdução</u>	1
Figura 1.1. Zoneamento bioclimático para o Brasil.	3
<u>2. Metodologia</u>	6
Figura 2.1. Limite de abrangência para cada orientação solar.....	9
Figura 2.2. Aparelho utilizado para a medição das refletâncias.....	10
Figura 2.3. Medidor de consumo Yokogawa.....	13
Figura 2.4. Sensores modelo HOBO (H08-004-2 e H08-003-2).....	14
Figura 2.5. Proteções utilizadas contra a radiação solar (Niterói, Santa Maria e São Carlos).....	15
<u>3. Resultados</u>	16
Figura 3.1. Mapa do Brasil indicando a localização das cidades estudadas.....	17
Figura 3.2. Número de pavimentos tipo.....	19
Figura 3.3. Formas do pavimento tipo das edificações levantadas.....	20
Figura 3.4. Porcentagem dos edifícios que possuem elementos de proteção solar.	20
Figura 3.5. Fachadas que possuem brises verticais ou horizontais.....	21
Figura 3.6. Frequência das cores encontradas nas sete zonas bioclimáticas.	21
Figura 3.7. Proporção das refletâncias levantadas em campo.....	22
Figura 3.8. Materiais e espessura das paredes externas.....	23
Figura 3.9. Tipos de cobertura utilizados nos edifícios de escritórios.....	24
Figura 3.10. Sistemas de Aberturas encontrados	24
Figura 3.11. Tipos de vidro utilizados em edifícios de escritórios	25
Figura 3.12. Espessura dos vidros utilizados em edifícios de escritórios.....	25
Figura 3.13. Percentuais da área de janela na fachada.....	26
Figura 3.14. Porcentagem média das atividades desempenhadas nos edifícios de escritórios.....	27
Figura 3.15. Número médio de funcionários por atividade.....	28
Figura 3.16. Horário de funcionamento em cada atividade.....	29
Figura 3.17. Porcentagens de cada equipamento em escritórios de advocacia.....	30
Figura 3.18. Porcentagens de cada equipamento para demais usos.....	31
Figura 3.19. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Panorama, Ijuí.....	35
Figura 3.20. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Conde do Pinhal.....	35
Figura 3.21. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Conde do Pinhal.....	36

Figura 3.22. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Professor Octávio de Sá Barreto.	36
Figura 3.23. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Panorama, Ijuí.	37
Figura 3.24. Monitoramento da temperatura do ar - Edifício Apolo.	38
Figura 3.25. Monitoramento da umidade do ar - Edifício Apolo.	38
Figura 3.26. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Conde do Pinhal.	39
Figura 3.27. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Conde do Pinhal.	39
Figura 3.28. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Vassal.	40
Figura 3.29. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Centro Comercial Campo Grande.	40
Figura 3.30. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Centro Comercial Campo Grande.	41
Figura 3.31. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Ruy Palmeira.	41
Figura 3.32. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Ruy Palmeira.	42

Lista de Tabelas

2. Metodologia 6

Tabela 2.1. Relação das zonas bioclimáticas e equipes responsáveis 7

3. Resultados 16

Tabela 3.1. Número de edifícios levantados em cada zona bioclimática 18

Tabela 3.2. Formas do pavimento tipo encontradas em cada um das cidades. 19

Tabela 3.3. Relação das atividades encontradas em cada cidade. 27

Tabela 3.4. Número de escritórios visitados para levantamento de padrão de ocupação..... 28

Tabela 3.5. Especificações dos equipamentos a serem monitorados de um escritório de advocacia 1..... 32

Tabela 3.6. Resultados do monitoramento de energia elétrica de um escritório de advocacia 1..... 33

Tabela 3.7. Especificações dos equipamentos a serem monitorados de um escritório de advocacia 2..... 33

Tabela 3.8. Resultados do monitoramento de energia elétrica de um escritório de advocacia 2..... 33

Resumo

Diante da diversidade climática existente no Brasil, e da importância da adequação da edificação ao clima, em busca de uma maior eficiência energética, este trabalho avalia a situação de edifícios de escritório localizados nas oito “Zonas Bioclimáticas”, definidas pela NBR15220-3. Para tal análise, foi necessário desenvolver uma metodologia de levantamento de dados das edificações, para verificar as características mais comuns em edifícios de escritório, além dos padrões de ocupação e uso de equipamentos. Os resultados do levantamento indicaram a frequência de ocorrência de números de pavimentos, forma da edificação, percentual de área de janela na fachada, tipos de vidros, cores externas, orientação das fachadas e existência de elementos de proteção solar. Os escritórios também foram analisados quanto às atividades profissionais mais representativas, ao padrão de ocupação e ao uso de equipamentos. Para obtenção da densidade de carga interna, foram monitorados equipamentos de dois escritórios, na cidade de Florianópolis. Os resultados levantados foram analisados de acordo com a tipologia, detalhes construtivos, padrões de ocupação e uso de equipamentos, e das temperaturas e umidade do ar. Os dados apontam à homogeneidade das edificações nas diferentes zonas bioclimáticas, como por exemplo, a forma retangular, o material das paredes, a cobertura, e as aberturas. Os dados de padrão de ocupação e de uso de equipamentos mostram maior diversidade entre as regiões, contudo os horários de maior intensidade de pessoas ocupando e utilizando equipamentos nos escritórios são próximos ao horário comercial.

1. Introdução

1.1 Justificativa

Durante um longo período a energia foi utilizada de forma intensa e sem limites, o que provocou o desencadeamento de crises energéticas sentidas globalmente (CRUZ et al., 2004). Em relação a este cenário, o consumo de energia elétrica tem crescido substancialmente no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento. Nas últimas três décadas, aumentou 7,5% ao ano, ao passo que a população brasileira cresceu 2% ao ano e a economia e o consumo final de energia, 4% ao ano. Desse modo, a participação da eletricidade no consumo final de energia passou de 16%, em 1970, para 39,5%, em 1999 (BEN, 2002). Assim, construir considerando as variáveis climáticas aliadas às técnicas renováveis e energeticamente compatíveis, é uma necessidade quando analisado o panorama mundial e local da evolução do consumo em relação à disponibilidade de energia.

Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cerca de 23% da produção nacional de energia elétrica é utilizada em edifícios comerciais e públicos. Nessas edificações, grande parte do consumo é atribuído às variáveis arquitetônicas e construtivas, uma vez que grande porcentagem do seu consumo é devido ao ar condicionado e iluminação, razão pela qual pode-se demonstrar a responsabilidade dos profissionais no consumo final de energia elétrica (GELLER, 1994).

Alguns trabalhos apontam o alto consumo de energia elétrica em condicionamento de ar no Brasil, mostrando que esse consumo é da ordem de 48% do total em edifícios de escritório, e que em edifícios envidraçados pode chegar a 70% durante o verão. Estima-se que edifícios com projetos adequados possam reduzir o consumo em até 30%, quando comparados com outros que ofereçam níveis de conforto e utilização similares (SIGNOR, 1999).

O desempenho térmico de uma edificação depende fundamentalmente de decisões tomadas nas primeiras fases do projeto arquitetônico, tais como: volumetria do edifício, orientação das fachadas, áreas, posicionamento e sombreamento de janelas, sistemas construtivos de paredes e coberturas, cores das superfícies expostas ao sol, entre outros. Assim, as temperaturas dos ambientes internos dependerão do efeito conjugado entre estes diversos parâmetros e o clima de cada lugar.

O Brasil apresenta significativa diversidade climática e cada região exige soluções construtivas específicas, ainda insuficientemente estudadas. O desconhecimento sobre essas especificidades vem sendo responsável pela proliferação em nossas cidades de edifícios com baixo desempenho térmico e, por consequência, elevado consumo de

energia. Nas novas normas técnicas brasileiras sobre desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) o território nacional foi dividido em oito “Zonas Bioclimáticas”, ou seja, regiões relativamente homogêneas quanto ao clima (Figura 1.1). Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações tecno-construtivas que otimizam o desempenho térmico de edificações residenciais de interesse social, através de sua melhor adequação climática. O projeto de edificações energeticamente eficientes deveria ser adequado ao clima onde estas serão construídas. A adoção de soluções idênticas ou muito semelhantes para todo o país provoca o consumo desnecessário de energia para garantir condições internas adequadas para ocupação.

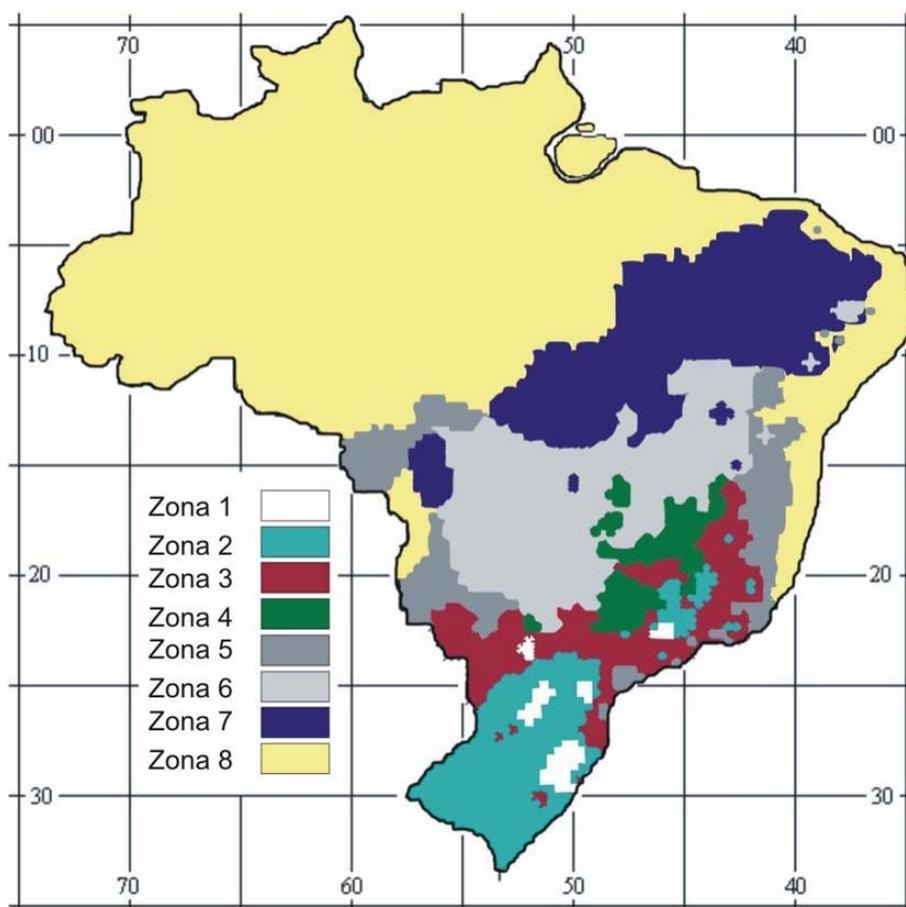


Figura 1.1. Zoneamento bioclimático para o Brasil.

A presente pesquisa foi desenvolvida através da participação de pesquisadores de oito instituições de ensino superior, respectivamente localizadas em cada uma das zonas bioclimáticas, visando analisar as tipologias existentes para edifícios de escritórios. Nesta pesquisa, entende-se por “*Edifício de Escritórios*”, um tipo particular de edificação comercial, caracterizada por múltiplos pavimentos e composta por módulos constituídos por uma ou duas salas principais, sanitário e sala de espera, geralmente ocupados por

profissionais liberais ou representantes comerciais. Estes edifícios apresentam uma tipologia muito uniforme nas diversas regiões do Brasil, qualquer que seja o clima.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa é diagnosticar a situação atual de edifícios de escritório localizados em oito regiões climáticas do Brasil, com relação ao consumo de energia, à eficiência energética e ao desempenho térmico.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a amostra de tipologias construtivas de edifícios de escritório;
- Analisar o padrão de ocupação e de uso de equipamentos em edifícios de escritórios;
- Definir a tipologia predominante a partir de levantamentos de dados para cada zona bioclimática;
- Monitorar interna e externamente a temperatura do ar e umidade relativa em escritórios.

1.3 Contexto do Projeto

Este relatório apresenta o conteúdo referente à primeira etapa de estudo do projeto de pesquisa *Impactos da Adequação Climática sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritório no Brasil*, financiado pelo CT-Energia/CNPq. Neste projeto estão participando oito instituições federais de ensino superior, sendo que cada uma localiza-se em uma das oito zonas bioclimáticas do território brasileiro (ABNT, 2005).

A metodologia desta pesquisa está dividida em duas etapas, a primeira compreende os levantamentos das tipologias construtivas de edifícios de escritórios privados existentes nas oito cidades, o levantamento das atividades realizadas e do padrão de ocupação e uso de equipamentos. Ainda nesta etapa foi realizado o

monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, em alguns dos escritórios em cada uma das oito cidades analisadas.

A segunda etapa a ser realizada, consiste em um novo projeto que depende da obtenção de recursos financeiros. Será baseada na análise da influência dos detalhes construtivos no desempenho termo-energético, através de simulações computacionais com base nas tipologias representativas de cada região, que foram determinadas com base nos dados levantados. Estas análises não foram realizadas neste projeto, uma vez que este foi aprovado com apenas 50% do orçamento original.

1.4 Estrutura do Relatório

O relatório do projeto encontra-se organizado em quatro capítulos: Introdução, Metodologia, Resultados e Conclusão. Na Introdução, fez-se a apresentação do tema a ser desenvolvido, abordando a importância do assunto e os objetivos a serem alcançados.

No segundo capítulo apresenta-se o procedimento metodológico aplicado à pesquisa de forma a se obter os objetivos estabelecidos no primeiro capítulo. O capítulo inicia-se com o método utilizado para o levantamento da amostra de edifícios de escritório nas oito zonas bioclimáticas, estabelecidas pela NBR15220-3. Logo, é apresentado o modo de levantamento das características construtivas, do padrão de ocupação e uso de equipamentos. Por fim, é apresentada a metodologia para o monitoramento das temperaturas e umidade do ar das cidades analisadas.

O terceiro capítulo apresenta os resultados obtidos para o estudo através da metodologia proposta. São mostradas as frequências das características que envolvem as edificações e das atividades realizadas. Além disso, são apresentados os resultados do monitoramento do consumo de energia pelos equipamentos, realizado na cidade de Florianópolis; além do monitoramento da temperatura e umidade do ar.

O quarto capítulo refere-se às conclusões que são extraídas das análises realizadas a partir dos resultados obtidos descritos no quarto capítulo do relatório. Em seguida, são apresentadas as referências bibliográficas.

Em virtude do limite de 2MB imposto pelo CNPq para o arquivo que contém este relatório, os relatórios elaborados por cada uma das equipes não serão anexados a este, mas serão disponibilizados na página do LabEEE na internet (www.labeee.ufsc.br).

2. Metodologia

2.1 Introdução

Esse trabalho apresenta um diagnóstico das tipologias de edifícios de escritórios, apresentados nas oito zonas bioclimáticas definidas pela NBR15220-3 (ABNT, 2005). A elaboração do mesmo foi feita com base em levantamentos realizados nestas regiões, sobre as tipologias e os padrões de ocupação e uso de equipamentos em edifícios de escritórios com mais de cinco pavimentos.

Foi escolhida uma cidade de cada uma das zonas bioclimáticas, com o intuito de verificar a homogeneidade dos padrões tipológicos em regiões que apresentam climas diferenciados. Assim, estabeleceu-se uma equipe responsável para cada localidade, mostradas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Relação das zonas bioclimáticas e equipes responsáveis.

Zona	Cidade estudada	Estado	Sub-Coordenador	Universidade
Zona 1	Curitiba	Paraná	Antonio Augusto	CEFET/PR
Zona 2	Santa Maria	Rio Grande do Sul	Joaquim Pizzutti	UFMS
Zona 3	Florianópolis	Santa Catarina	Enedir Ghisi	UFSC
Zona 4	São Carlos	São Paulo	Maurício Roriz	UFSCar
Zona 5	Niterói	Rio de Janeiro	Louise Lomardo	UFF
Zona 6	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	Wagner Andreasi	UFMS
Zona 7	Mossoró	Rio Grande do Norte	Aldomar Pedrini	UFRN
Zona 8	Maceió	Alagoas	Ricardo Cabús	UFAL

Em cada uma destas cidades foram realizados levantamentos para a verificação das tipologias predominantes, cuja metodologia pode ser apresentada da seguinte forma:

- Levantamento da localização e número de edifícios de escritórios em cada cidade;
- Levantamento das características predominantes dos edifícios de escritório;
- Definição de uma tipologia predominante;
- Levantamento das atividades profissionais de edifícios de escritório e seus padrões de ocupação e de uso dos equipamentos;
- Monitoramento da temperatura e umidade do ar de escritórios dos edifícios representativos.

Estes levantamentos não foram possíveis de serem realizados na Zona 7, pelo fato das cidades desta região geralmente se apresentarem de forma horizontal, inclusive Mossoró. Verificou-se que são poucos os exemplares de edifícios de escritório, sendo de

no máximo quatro pavimentos e muitas vezes com uso misto (residencial e comercial), não adequados aos parâmetros definidos para a pesquisa. Assim, os dados desta zona bioclimática serão analisados apenas através de simulações computacionais, na segunda etapa do projeto, com base em um modelo criado para todas as zonas bioclimáticas a partir dos dados levantados.

2.2 Definição da Tipologia

As tipologias representativas serão definidas a partir da análise dos dados levantados e da verificação da ocorrência de cada parâmetro.

2.2.1 Levantamento dos edifícios de escritórios

A etapa inicial do trabalho consiste no levantamento do número total de edifícios de escritório situados em cada cidade. Foram considerados edifícios de escritórios com cinco ou mais pavimentos, os edifícios onde existe comércio no pavimento térreo também foram analisados uma vez que o ponto de interesse é a existência de escritórios no pavimento tipo.

As pesquisas realizadas nas prefeituras, construtoras e em Secretarias de Urbanismo e Serviços Públicos – SUSP, ou em órgãos equivalentes de cada cidade, forneceram informações sobre a quantidade de edifícios de serviços. Dentre esses edifícios constavam edifícios de escritórios públicos, edifícios de escritórios particulares e edifícios comerciais. A distinção dessas edificações foi realizada através de visitas *in loco*; apenas os edifícios de escritórios particulares foram considerados nesse trabalho.

2.2.2 Levantamento das tipologias construtivas

A pesquisa realizada nas prefeituras e nas SUSPs visava registrar os detalhes construtivos que influenciam no desempenho energético da edificação. Foram levantados os seguintes dados: localização, profissionais responsáveis, ano de início de ocupação, número de pavimentos, dimensões, áreas, orientações, área de janela por fachada, sistemas de aberturas e elementos de proteção solar, e os detalhes construtivos de coberturas, lajes e paredes. Estas informações muitas vezes foram complementadas com visitas *in loco*, registros fotográficos e entrevistas com projetistas e/ou construtores.

2.2.3 Orientação solar dos edifícios

A partir dos dados levantados nos órgãos públicos definiu-se a orientação das fachadas principais. Quando os dados de orientação solar indicados nos projetos não deixavam claro se referiam-se ao norte magnético ou ao verdadeiro, fez necessária a confirmação em campo. Com uma bússola, obteve-se o norte magnético dos edifícios e, para a verificação do norte verdadeiro, utilizou-se o programa computacional Declinação Magnética 2.0, disponível no site www.labeee.ufsc.br, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).

Para definir a orientação das fachadas foi determinado, para cada ponto cardeal, um limite de abrangência de $22,5^\circ$ no sentido horário e anti-horário, como mostra o exemplo de uma fachada orientada a sul na Figura 2.1.

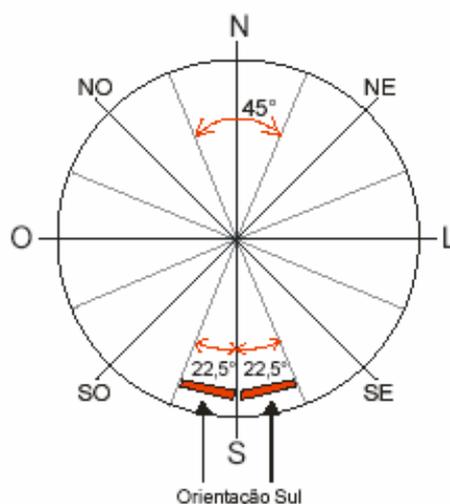


Figura 2.1. Limite de abrangência para cada orientação solar.

2.2.4 Determinação da forma

Com relação à forma, as edificações foram classificadas em retangulares, quadradas e triangulares, através da aproximação do formato das plantas dos edifícios com as geometrias citadas. Por exemplo, um edifício que possui três fachadas será considerado com formato triangular, ou mesmo um edifício com quatro fachadas que estejam dispostas de forma que a planta baixa aparente um triângulo, também será considerado triangular. Quando a forma da edificação não apresentar semelhança com nenhuma forma geométrica, esta será classificada como irregular. A determinação da forma foi baseada nos projetos arquivados nos referidos órgãos.

2.2.5 Elementos de proteção solar

Os elementos da fachada dos edifícios que funcionam como elementos de sombreamento das aberturas, ou partes desta, foram considerados para este estudo e denominados como elementos de proteção solar. Através do registro fotográfico foi possível diagnosticar entre os elementos de proteção solar: os brises e os suportes para aparelhos de ar condicionado que oferecessem sombreamento às aberturas. Assim, os suportes contínuos para aparelhos de ar condicionado que possuíssem profundidade superior a 40 cm foram considerados como elementos de proteção solar.

2.2.6 Levantamento das cores externas

A análise das cores dos edifícios de escritório foi feita a partir de medições de refletâncias das fachadas externas. As medições foram realizadas com o uso do aparelho ALTA II (Figura 2.2). Os resultados foram obtidos através da comparação com a medição em um papel branco. O ALTA II possui 11 faixas de cores: azul, ciano, verde, amarelo, laranja, vermelho, infravermelho, infravermelho 1, infravermelho 2, infravermelho 3 e infravermelho 4.



Figura 2.2. Aparelho utilizado para a medição das refletâncias.

Para o início da medição, o ALTA II registra um primeiro valor que deve ser subtraído dos valores encontrados nas 11 faixas de cores. Logo, deve-se repetir o mesmo procedimento no papel branco, cuja refletância adotada foi de 90%.

A Eq. 1 expressa o método utilizado para se obter a refletância de cada faixa de cor, onde são comparados os valores obtidos das faixas de cores das fachadas com o valor obtido do papel branco. Assim, a refletância total da cor representa a média das refletâncias das 11 faixas de cores.

$$\rho_{cor} = \frac{(\rho_{branco} \cdot V_{cor})}{V_{branco}} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

ρ_{cor} = refletância da cor qualquer (%);

ρ_{branco} = refletância da cor branca (%);

V_{cor} = valor obtido da medição da cor qualquer (adimensional);

V_{branco} = valor obtido da medição da cor branca (adimensional).

2.2.7 Número de pavimentos

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

2.3 Padrões de Uso e Ocupação

Para estabelecer um padrão de ocupação e de uso de equipamentos de edifícios de escritórios para utilização em programas de simulação termo-energética, é necessário um estudo sobre as várias atividades existentes no mercado de trabalho de uma região. Assim, foram levantadas informações a partir das edificações definidas como representativas das tipologias existentes em cada região.

2.3.1 Levantamento das atividades profissionais

O levantamento das atividades profissionais se tornou necessário para poder avaliar o uso e a ocupação dos escritórios. A obtenção dos dados foi feita através de visitas aos edifícios selecionados, dos murais localizados nas recepções dos mesmos, além de entrevistas com funcionários para verificação destas informações. Quando o mural de atividades não continha informações suficientes, outro tipo de contato foi realizado, através de sites de busca, de telefone ou quando era autorizado, do acesso aos escritórios.

As atividades da mesma modalidade, como os tipos de engenharia, foram agrupadas como pertencentes a uma mesma modalidade; o mesmo ocorreu com as assessorias, associações e consultorias. Foram consideradas as atividades cuja representação foi superior a 1% do total de atividades apresentadas nos edifícios de escritório. Algumas atividades cuja representação foi inferior a 1%, foram incluídas na pesquisa, quando consideradas importantes no mercado de trabalho.

2.3.2 Levantamento do padrão de ocupação

Para o levantamento do padrão de ocupação dos escritórios, estipulou-se que teriam ênfase aqueles escritórios cujas atividades representassem percentual superior a 1% do total de atividades registradas dos edifícios visitados. Nestes foram observados: o número de funcionários, a quantidade de horas de permanência dos funcionários no escritório por dia e a quantidade de dias que o mesmo funciona. A Eq. 2 expressa o cálculo do padrão de ocupação.

$$O = \left(\frac{N}{M} \right) \cdot T \cdot 100 \quad \text{[Eq. 2]}$$

Onde:

O = padrão de ocupação para cada hora do dia (%);

N = número de funcionários no escritório na hora analisada (pessoas);

M = total de funcionários no escritório (pessoas);

T = período de permanência dos funcionários no escritório dado em fração de horas.

Para atividades com horários diversificados para cada dia útil da semana, realizou-se uma média de todos os dias úteis para cada hora. Com esses valores, foi possível representar um valor padrão para todos os dias úteis da semana daquele escritório.

2.3.3 Levantamento de padrão de uso de equipamentos

Para se obter o padrão de uso de equipamentos para diferentes tipos de atividades, foi levantada a utilização de cada equipamento presente nos escritórios visitados. Para a potência instalada em iluminação e equipamentos, deveriam ser

observados os horários de utilização dos mesmos de segunda a sexta, sábados, domingos e feriados e o período, meses com data de início e fim, correspondente à sua utilização. O cálculo do padrão de uso dos equipamentos em um dia foi realizado através da Eq. 3.

$$E = T \cdot 100 \quad \text{[Eq. 3]}$$

Onde:

E = padrão de uso do equipamento para cada hora do dia (%);

T = período de utilização dos equipamentos no escritório por fração de horas.

O período de utilização dos equipamentos no escritório é dado em uma fração de horas (T), visto que cada valor desses é aplicado para uma hora para resultar no padrão de uso dos mesmos. Se houvesse utilização de um equipamento por meia hora, aplicar-se-ia o valor de $\frac{1}{2}$ para T.

2.3.4 Monitoramento dos equipamentos

Após a etapa de padrão de ocupação e de uso de equipamentos, foi possível realizar na cidade de Florianópolis o monitoramento do consumo de energia de alguns aparelhos através de um medidor portátil. Este levantamento foi realizado em alguns escritórios, cujo acesso foi permitido.

O equipamento disponível para esse monitoramento é o Yokogawa – MCP 5000 (Figura 2.3). Este tem a finalidade de medir o consumo (kWh), a tensão (V), a potência (kW) de cada equipamento em um determinado período de tempo estipulado pelo usuário.



Figura 2.3. Medidor de consumo Yokogawa.

Para cada equipamento, o medidor portátil monitorou durante um período de utilização correspondente ao período de uso do mesmo no escritório. Ou seja, se um computador funcionasse durante 8 horas por dia, esse deveria ser monitorado por esse tempo estabelecido no *timer* do aparelho.

Para os equipamentos que não poderiam ser monitorados, tais quais as lâmpadas, aparelhos de ar condicionado, impressoras e aparelhos de fax, utilizaram-se os valores de potência nominal, registrados nos mesmos. Os aparelhos de ar condicionado não foram monitorados visto que em alguns escritórios havia um suporte para o aparelho de ar condicionado que não permitia que a tomada fosse alcançada.

2.4 Monitoramento da Temperatura e Umidade do ar

O monitoramento de temperatura e umidade será realizado para “validar” ou “calibrar” o programa a ser utilizado nas simulações. Os monitoramentos foram realizados em um edifício representativo de cada tipologia, no primeiro pavimento e no penúltimo pavimento tipo, em um período mínimo de 15 dias e próximo aos solstícios de verão e inverno, e em algum mês específico caso exista algum fenômeno climático importante. Na cidade de Maceió as leituras foram feitas no primeiro e último pavimentos tipo.

Para o monitoramento, foram utilizados sensores modelo HOBO (Onset), Figura 2.4, para aquisição e armazenamento de dados de temperatura e umidade, programados para registro de dados a cada quinze minutos. Estes equipamentos foram instalados em três pontos de cada edifício, colhendo dados externos e internos.



Figura 2.4. Sensores modelo HOBO (H08-004-2 e H08-003-2)

Os sensores externos foram instalados dentro de um recipiente que os protegessem das radiações e contra as intempéries. Cada uma das cidades adotou uma maneira diferente para assegurar a proteção dos sensores, e sempre garantindo a livre circulação do ar, como mostra a Figura 2.5.



Figura 2.5. Proteções utilizadas contra a radiação solar (Niterói, Santa Maria e São Carlos).

Na cidade de Niterói, devido à grande proximidade dos escritórios e pela grande dificuldade de se fixar medidores externos em todos os escritórios, optou-se por instalar um único medidor externo próximo aos edifícios selecionados. Desse modo, escolheu-se um ponto comum a todos, em um edifício da Universidade, também localizado no Centro de Niterói.

Os dados adquiridos de temperatura e umidade foram convertidos em gráficos e tabelas para melhor análise e compreensão do comportamento higrotérmico dos ambientes monitorados.

3. Resultados

3.1 Definição da Tipologia

As informações a seguir referem-se aos resultados obtidos neste presente estudo, iniciando-se com a localização das cidades e das zonas bioclimáticas através de mapas. O estudo segue com levantamentos a respeito da forma, cor das fachadas externas, número de pavimentos, presença de brises, orientação das fachadas principais, orientação das aberturas e definição de suas áreas, para os edifícios de escritórios existentes no centro das cidades.

3.1.1 Localização

Neste trabalho foram considerados apenas os edifícios de escritório localizados no centro das oito cidades. A Figura 3.1 mostra o mapa do Brasil, a localização de cada cidade em sua respectiva zona bioclimática.

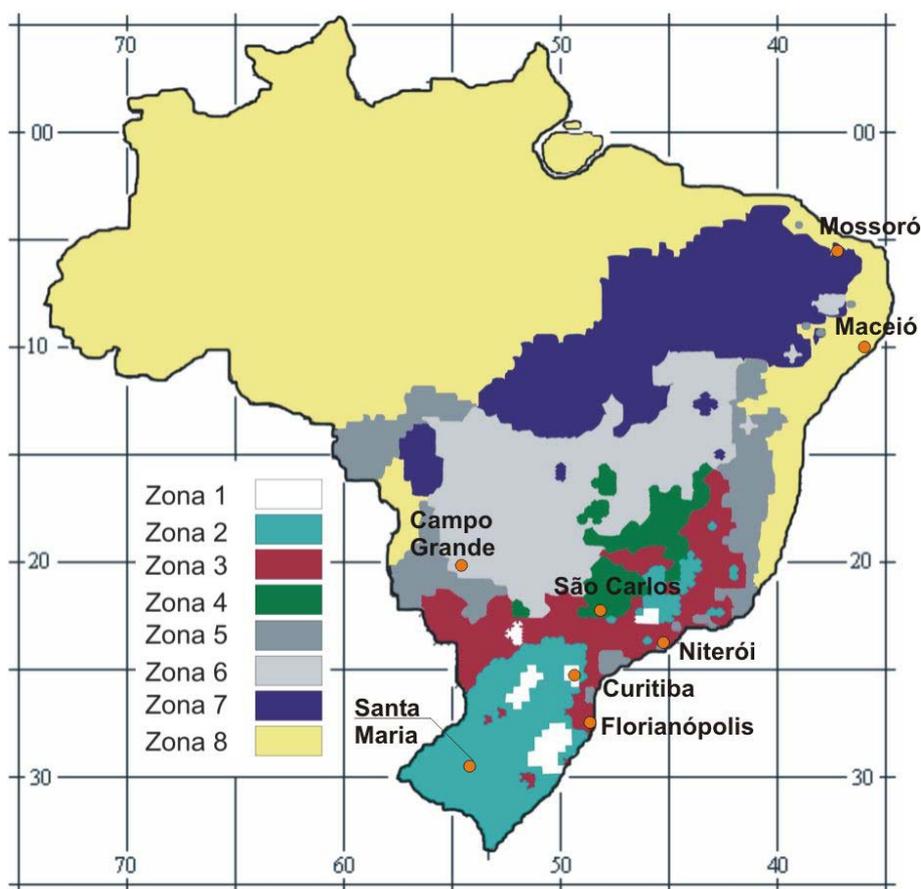


Figura 3.1. Mapa do Brasil indicando a localização das cidades estudadas.

3.1.2 Número de Edifícios

Para este trabalho foram considerados os edifícios de escritórios com cinco ou mais pavimentos localizados nas cidades escolhidas para cada zona bioclimática.

Através dos arquivos disponibilizados pelos órgãos públicos, como prefeituras e Secretarias de Urbanismo e Serviços Públicos (SUSP) ou órgãos equivalentes de cada cidade, foram levantados o número de edifícios presentes em cada cidade. A definição do número de edifícios a serem levantados foi feita através da verificação dos edifícios que se adequavam aos parâmetros adotados na metodologia e a possibilidade de visitas ao local para complementação dos dados. O total de edifícios levantados em cada cidade pode ser visto na Tabela 3.1.

Nos primeiros levantamentos do número de edifícios presentes em Niterói, cidade localizada na zona bioclimática cinco, chegou-se ao número de 200 edifícios. Após a análise do número de pavimentos, usos, possibilidade de visitas e com o objetivo de não inviabilizar esta etapa, reduziu-se este número para 28 edifícios levantados.

Tabela 3.1. Número de edifícios levantados em cada zona bioclimática.

Zona Bioclimática	Cidade	Nº de Edifícios levantados
Zona 1	Curitiba	6
Zona 2	Santa Maria	10
Zona 3	Florianópolis	35
Zona 4	São Carlos	13
Zona 5	Niterói	28
Zona 6	Campo Grande	10
Zona 7	Mossoró	0
Zona 8	Maceió	11
Total	-	113

3.1.3 Número de pavimentos

O número de pavimentos tipo entre os edifícios distribui-se de forma diferenciada entre as regiões, como pode ser observado na Figura 3.2. Sendo que em Santa Maria 40% dos edifícios possuem sete pavimentos, e em Florianópolis e Campo Grande cerca de 30% possuem 11 pavimentos. Apenas as cidades de Campo Grande, Maceió e Niterói apresentam edifícios com mais de 14 pavimentos tipo.

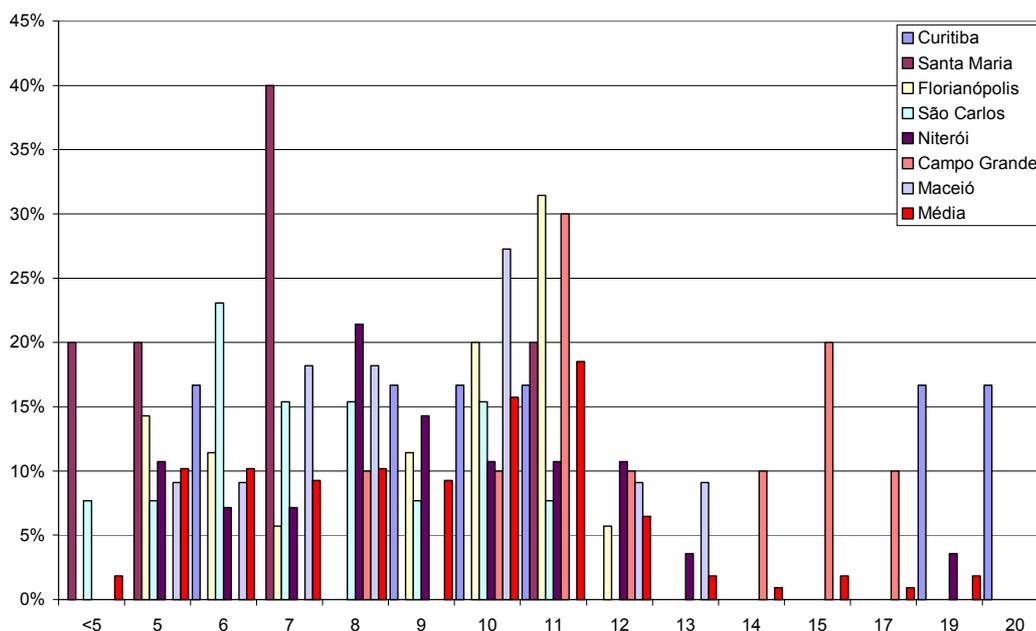


Figura 3.2. Número de pavimentos tipo.

3.1.4 A Forma

Como definido na metodologia, as edificações foram analisadas quanto à sua forma, podendo ser: quadradas, retangulares, triangulares ou irregulares. Todas as regiões apresentaram-se semelhantes quanto às formas encontradas, como pode-se observar na Tabela 3.2. A cidade de Curitiba não apresentou no levantamento a forma das edificações levantadas. A Figura 3.3 mostra a média das formas encontradas nas seis zonas bioclimáticas, apresentando a grande incidência das plantas em formato retangular, com 62%.

Tabela 3.2. Formas do pavimento tipo encontradas em cada um das cidades.

Forma do Pavimento Tipo (%)				
Cidades	Retangular	Quadrada	Triangular	Irregular
Campo Grande	70,0%	20,0%	0,0%	10,0%
Florianópolis	62,9%	20,0%	8,6%	8,6%
Maceió	63,6%	0,0%	9,1%	9,1%
Niterói	60,7%	25,0%	0,0%	10,7%
Santa Maria	40,0%	40,0%	0,0%	20,0%
São Carlos	69,2%	15,4%	0,0%	15,4%

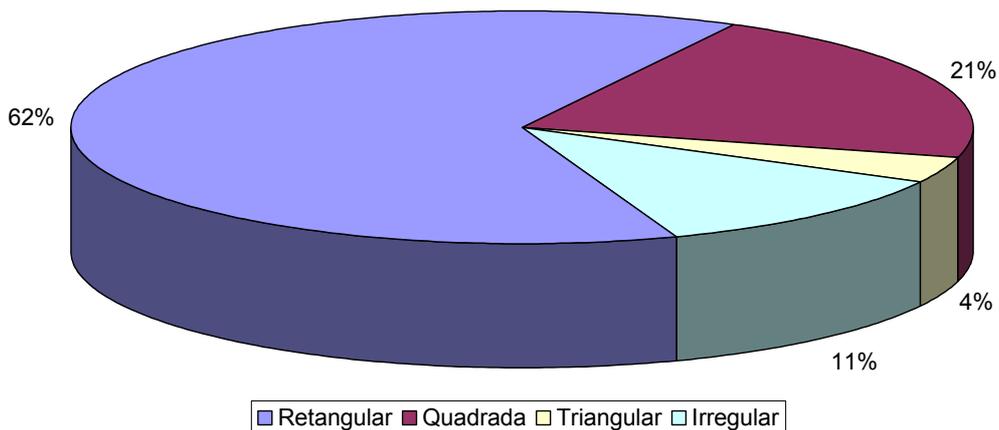


Figura 3.3. Formas do pavimento tipo das edificações levantadas.

3.1.5 Brises

O uso de brises se apresentou em diferentes proporções nas cidades estudadas. Para este estudo foram considerados os elementos da fachada dos edifícios que funcionassem como elementos de sombreamentos das aberturas, ou parte delas.

Frente à importância do uso dos brises, nota-se a pouca utilização destes elementos protegendo contra a entrada da radiação solar direta pelas aberturas. Como pode-se observar na Figura 3.4, São Carlos apresenta a maior frequência de brises nas edificações, sendo que cerca de 46% das edificações levantadas possuem algum tipo de proteção. Já Florianópolis apresenta a menor porcentagem de ocorrência de proteção solar, com brises em apenas 6% das edificações.

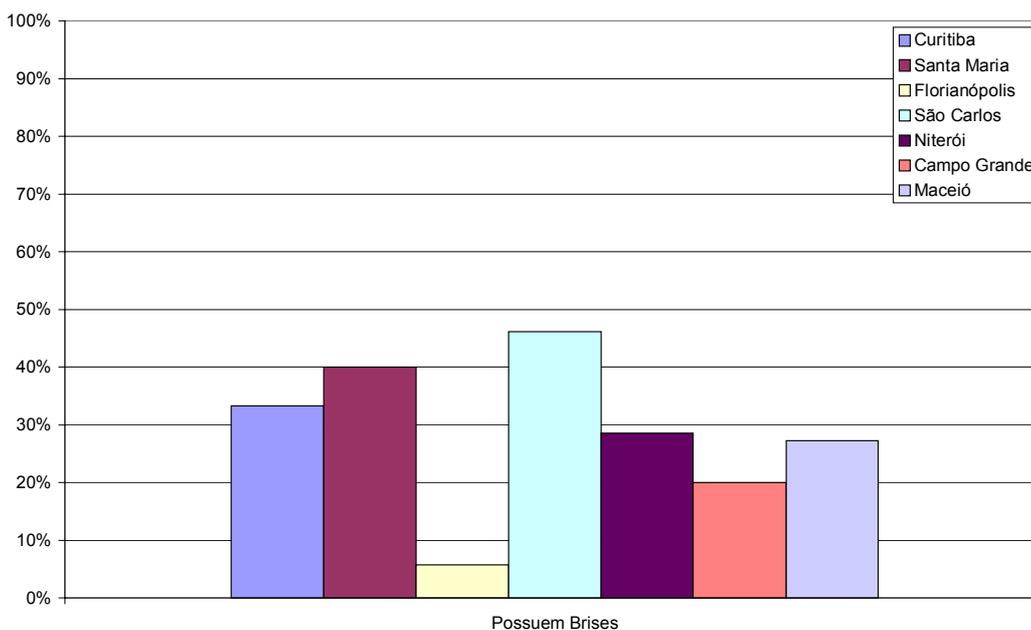


Figura 3.4. Porcentagem dos edifícios que possuem elementos de proteção solar.

Na Figura 3.5 observa-se a ocorrência dos elementos de proteção solar por fachada. Nota-se a baixa incidência destes elementos, sendo mais freqüentes em Santa Maria. Pode-se observar também a maior ocorrência de proteção solar horizontal, com exceção de Florianópolis, que apresenta maior número de brises verticais.

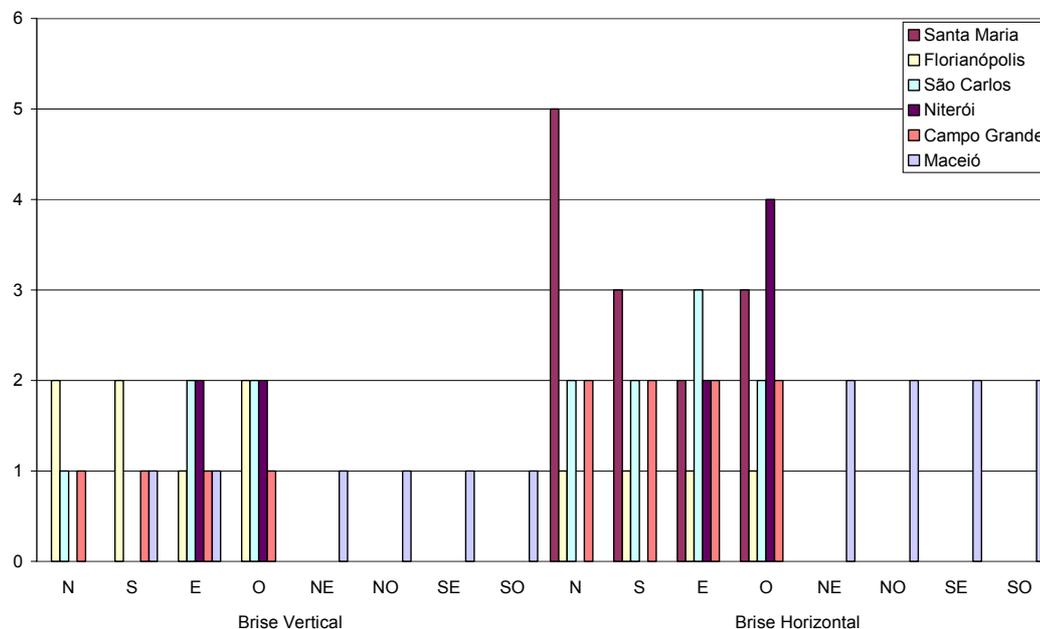


Figura 3.5. Fachadas que possuem brises verticais ou horizontais.

3.1.6 Cor

O levantamento das cores e/ou da refletância foi realizado em campo. Através da Figura 3.6, nota-se a grande diversidade de cores encontradas nas cidades, sendo o cinza, o branco e o bege, as cores mais freqüentes.

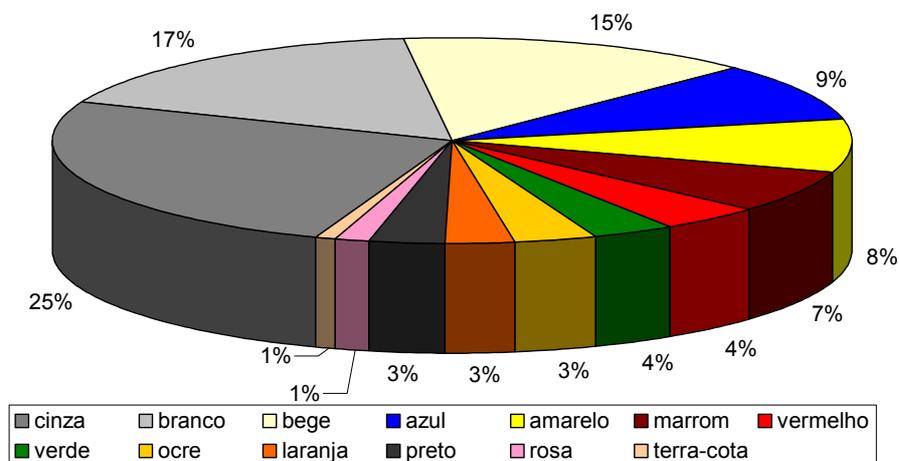


Figura 3.6. Freqüência das cores encontradas nas sete zonas bioclimáticas.

A Figura 3.7 apresenta a média das refletâncias das cidades levantadas (Florianópolis, São Carlos e Maceió), representando a frequência de ocorrência das refletâncias, e não a proporção das áreas de fachada em que se encontravam. Assim, percebe-se a grande incidência de valores de refletância abaixo de 50%. Entre as cores utilizadas nas fachadas, 34% absorvem mais de 50% da radiação incidente nelas, favorecendo o ganho de calor na edificação.

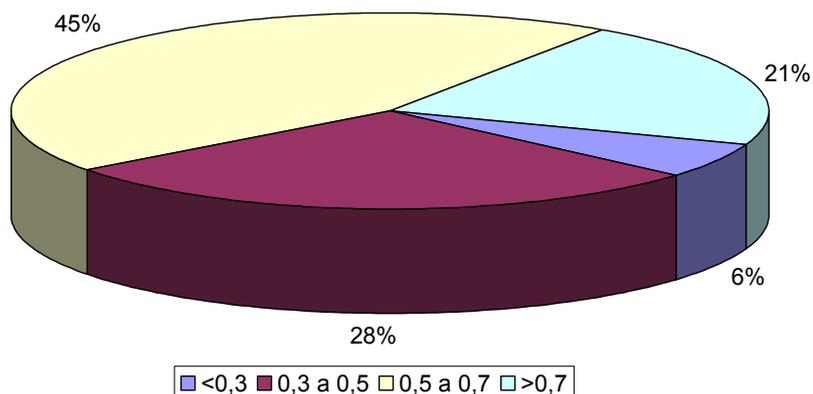


Figura 3.7. Proporção das refletâncias levantadas em campo.

3.2 Análise dos detalhes construtivos

3.2.1 Paredes

De acordo com os estudos feitos sobre o tipo de parede utilizada nos edifícios de escritórios, notou-se que todos os edifícios possuem paredes externas de tijolo cerâmico. Dos edifícios estudados, apenas um utilizava dois sistemas diferentes nas paredes externas, em São Carlos, com bloco cerâmico e painéis autoportantes. Ao contrário dos outros parâmetros, a espessura das paredes variam bastante entre as regiões, como pode-se observar através da Figura 3.8.

O levantamento da cidade de Niterói indicava apenas que as paredes eram de alvenaria, sem indicar o tipo de tijolo e a espessura da mesma; já em Curitiba não foi possível nenhum levantamento a respeito do sistema de vedação.

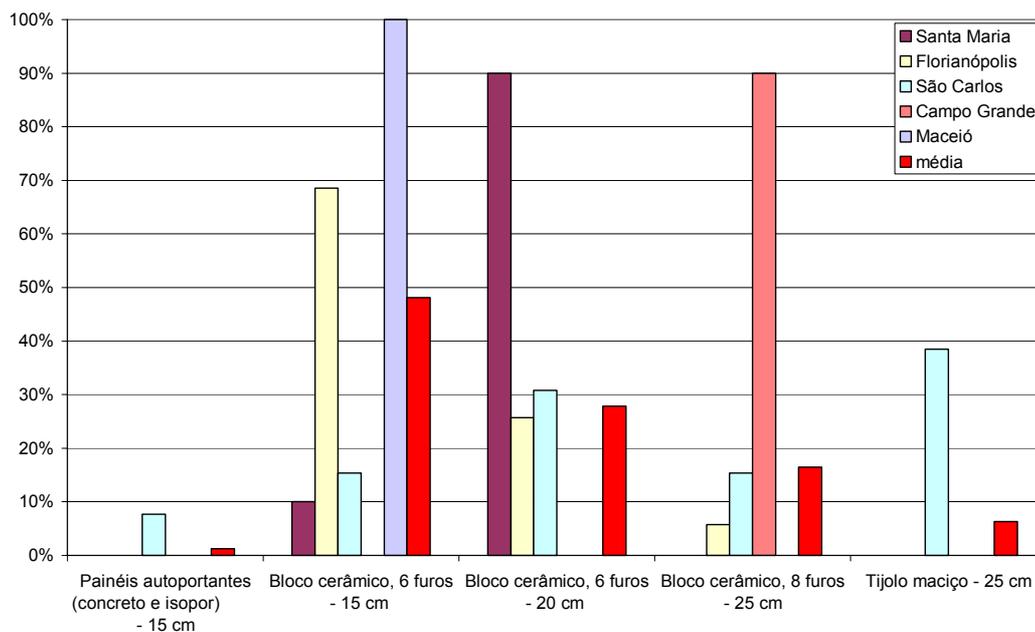


Figura 3.8. Materiais e espessura das paredes externas.

3.2.2 Coberturas

A cobertura, por estar exposta à radiação solar durante todo o dia deve apresentar materiais adequados ao clima, além de proteção quanto ao ganho excessivo de calor. Com esta pesquisa procurou-se encontrar os tratamentos dados à cobertura nas diferentes regiões, no entanto observou-se a semelhança das soluções apresentadas, sendo a maior parte composta apenas pela laje impermeabilizada, sem precauções contra o ganho de calor. Através da Figura 3.9, nota-se ainda, que em Santa Maria, 90% das coberturas são de laje protegida por telhado.

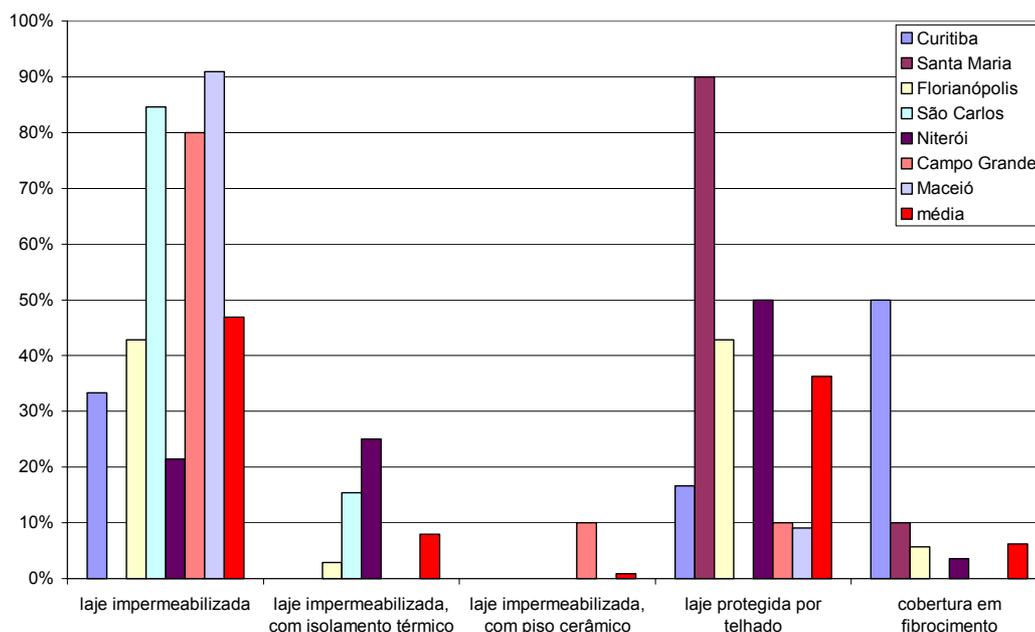


Figura 3.9. Tipos de cobertura utilizados nos edifícios de escritórios.

3.2.3 Sistemas de Abertura

Em relação ao sistema de abertura, várias edificações possuíam mais de um tipo de sistema de abertura, sendo os três mais freqüentes apresentados na Figura 3.10. Apesar das edificações possuírem mais de um tipo de abertura, o sistema de abertura maxim-air é encontrado na maioria das edificações e na maior partes das fachadas.

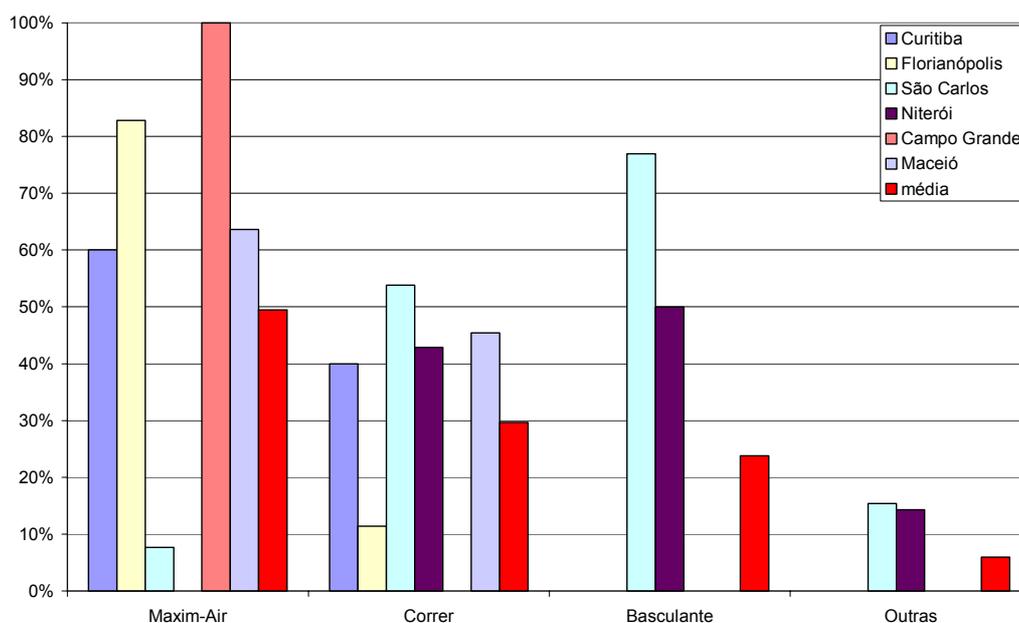


Figura 3.10. Sistemas de Aberturas encontrados

3.2.4 Vidros

De acordo com a Figura 3.11, a grande maioria dos edifícios utiliza vidro comum transparente, com exceção de Florianópolis que apresenta uma variação maior nos vidros utilizados. Já a espessura dos vidros tem uma utilização semelhante nas diferentes regiões, sendo mais utilizado o vidro de 6 mm (Figura 3.12).

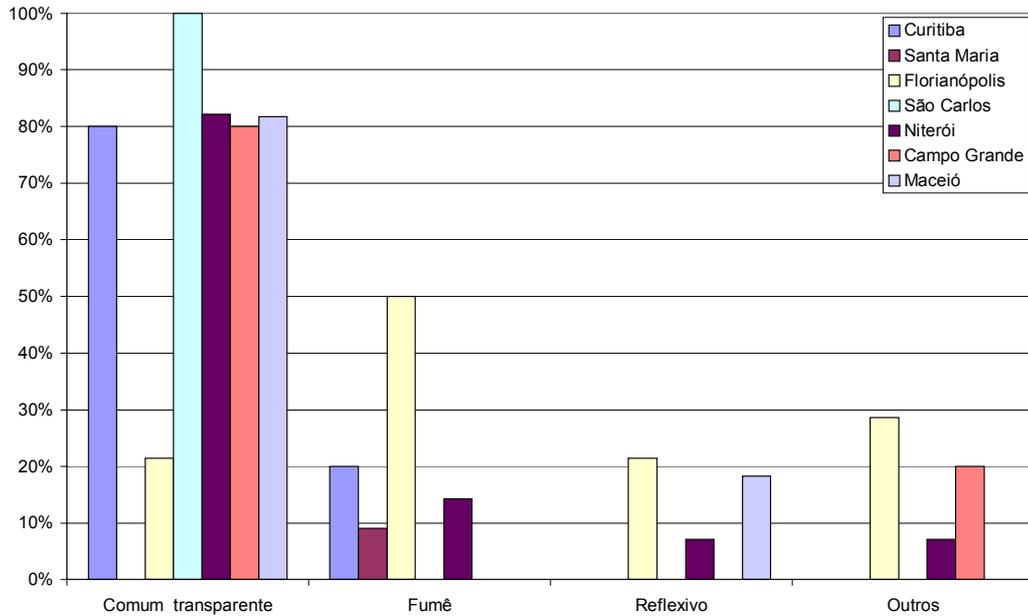


Figura 3.11. Tipos de vidro utilizados em edifícios de escritórios

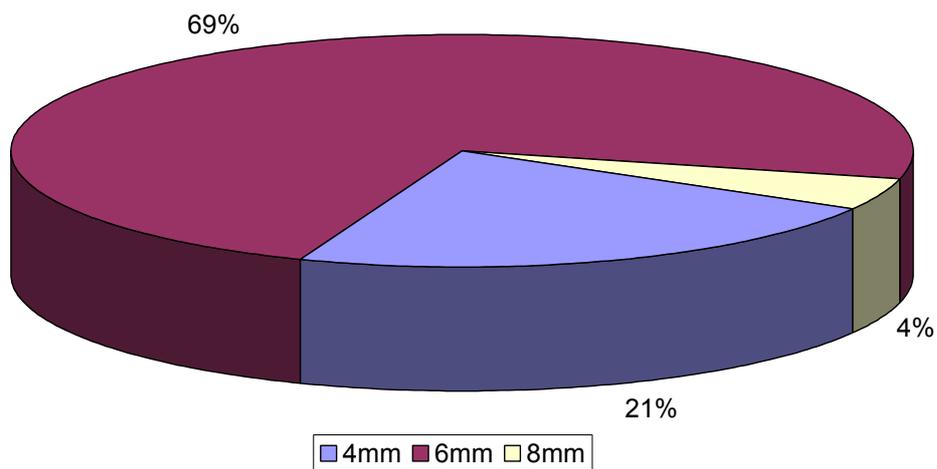
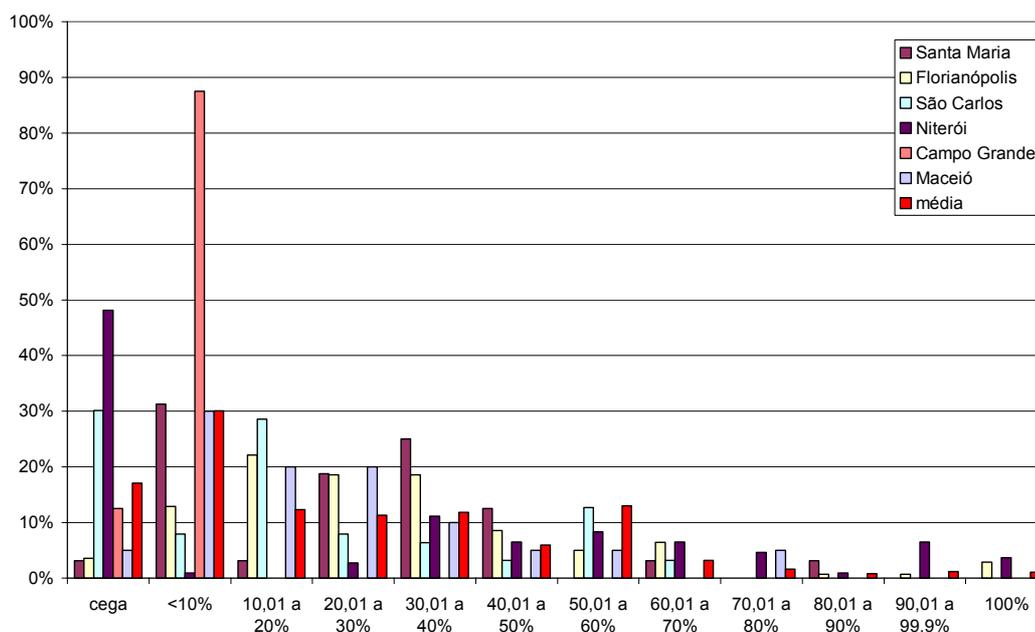


Figura 3.12. Espessura dos vidros utilizados em edifícios de escritórios.

3.2.5 Percentual de área de janela na fachada (PJF)

Os percentuais de área de janela na fachada (PJF) levantados foram separados por faixas de percentagem, de 0 a 10%, de 10,1% a 20% e assim sucessivamente. As proporções encontradas mostraram um comportamento semelhante em todas as regiões, com exceção da cidade de Campo Grande, onde se encontrou valores baixos para o percentual de janela na fachada. Na Figura 3.13, verifica-se ainda, que apenas Florianópolis e Niterói apresentam fachadas totalmente envidraçadas.

A cidade de Curitiba não está apresentada na Figura 3.13 pois em seus levantamentos o percentual de área de janela na fachada estava de forma diferenciada, classificando-o como maior ou menor que 50%. Assim, 40% das edificações apresentam PJF menor que 50%, e 60% possuem um PJF superior a este valor.



3.3 Características do Padrão de Uso e Ocupação das Edificações

3.3.1 Número de atividades em edifícios de escritórios

Com a pesquisa realizada, foram registrados os dados levantados para cada edifício, representando, assim, o número total de atividades nos edifícios de escritórios de cada zona bioclimática, mostradas na Tabela 3.3. A Figura 3.14 mostra o percentual das atividades encontradas nas seis zonas bioclimáticas, revelando a advocacia como a atividade de maior participação, representando 19,4% do total. As atividades que possuíam índices menores que 1% foram consideradas conjuntamente, e com 40,8% demonstram a grande variedade de atividades desempenhadas neste tipo de edificação.

A equipe da cidade de Maceió não apresentou em seu relatório o detalhamento dos levantamentos de padrão de ocupação e uso de equipamentos.

Tabela 3.3. Relação das atividades encontradas em cada cidade.

Atividades	Curitiba	Santa Maria	Florianópolis	São Carlos	Niterói	Campo Grande
Nº de salas Visitadas	20	64	1309	115	5	60
Administração	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	26,7%
Advocacia	20,0%	14,1%	18,6%	39,1%	0,0%	6,7%
Contabilidade	20,0%	4,7%	1,8%	13,0%	0,0%	1,7%
Engenharia	0,0%	9,4%	4,7%	7,0%	0,0%	1,7%
Educação	5,0%	4,7%	3,9%	1,7%	0,0%	3,3%
Medicina	15,0%	17,2%	7,3%	1,7%	0,0%	3,3%
Odontologia	10,0%	9,4%	11,1%	3,5%	80,0%	0,0%
Psicologia	0,0%	1,6%	5,8%	0,9%	0,0%	0,0%
Representação	0,0%	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	6,7%
Outras	30,0%	18,6%	43,5%	19,1%	20,0%	46,7%
Salas Vagas	0,0%	20,3%	0,0%	13,9%	0,0%	3,3%

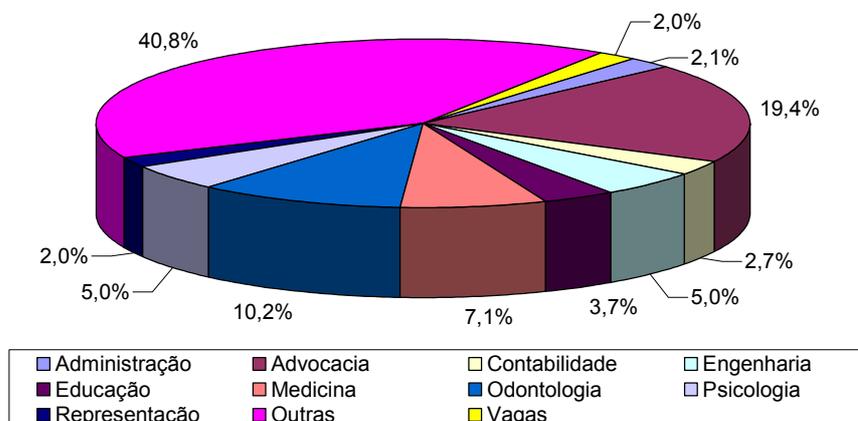


Figura 3.14. Porcentagem média das atividades desempenhadas nos edifícios de escritórios.

3.3.2 Padrão de ocupação

Para esta etapa da pesquisa, os dados foram levantados a partir de visitas e realização de questionários nos edifícios representativos de cada tipologia, em cada uma das zonas bioclimáticas. A Tabela 3.4 mostra o número de salas visitadas nestes edifícios. É importante ressaltar que não foi possível realizar este levantamento em todos os edifícios e salas, devido às regras de segurança de cada edifício visitado. A Figura 3.15 mostra a média do número de usuários para cada escritório, sendo que os escritórios de contabilidade e medicina possuem o maior número de funcionários.

Tabela 3.4. Número de escritórios visitados para levantamento de padrão de ocupação.

Cidades Atividades	Curitiba	Santa Maria	Florianópolis	São Carlos	Niterói	Campo Grande
Administração	-	-	3	-	-	16
Advocacia	4	12	9	55	-	4
Contabilidade	4	8	3	3	-	1
Engenharia	-	1	3	3	-	1
Educação	1	-	1	-	-	2
Medicina	3	1	4	21	-	2
Odontologia	2	2	2	4	4	-
Representação	-	-	1	-	-	4
Outras	6	13	15	11	1	28
Total	20	37	41	97	5	58

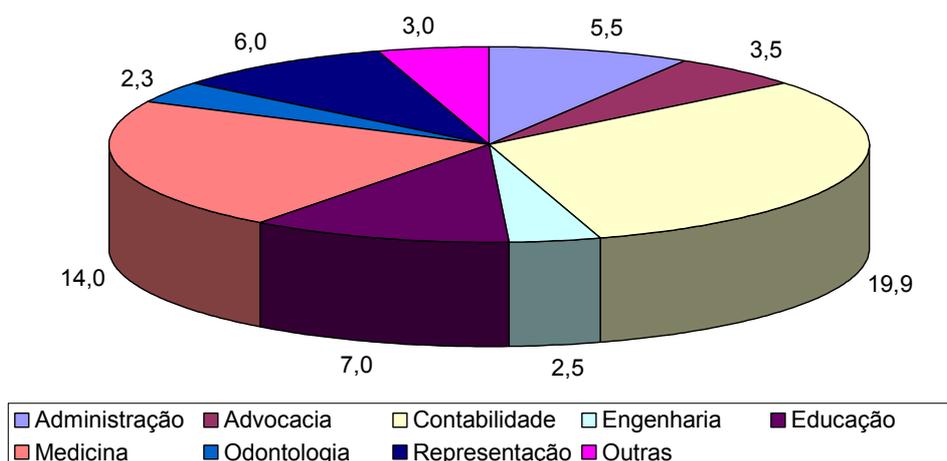


Figura 3.15. Número médio de funcionários por atividade.

3.3.3 Horário de Funcionamento para cada atividade

Das salas visitadas, observou-se que o horário de funcionamento é variado e independe da atividade, com exceção das salas voltadas para Educação e Representação, que possuem o horário bem definido. Através da Figura 3.16 pode-se observar a maior concentração de escritórios na faixa de funcionamento entre 8 e 10 horas.

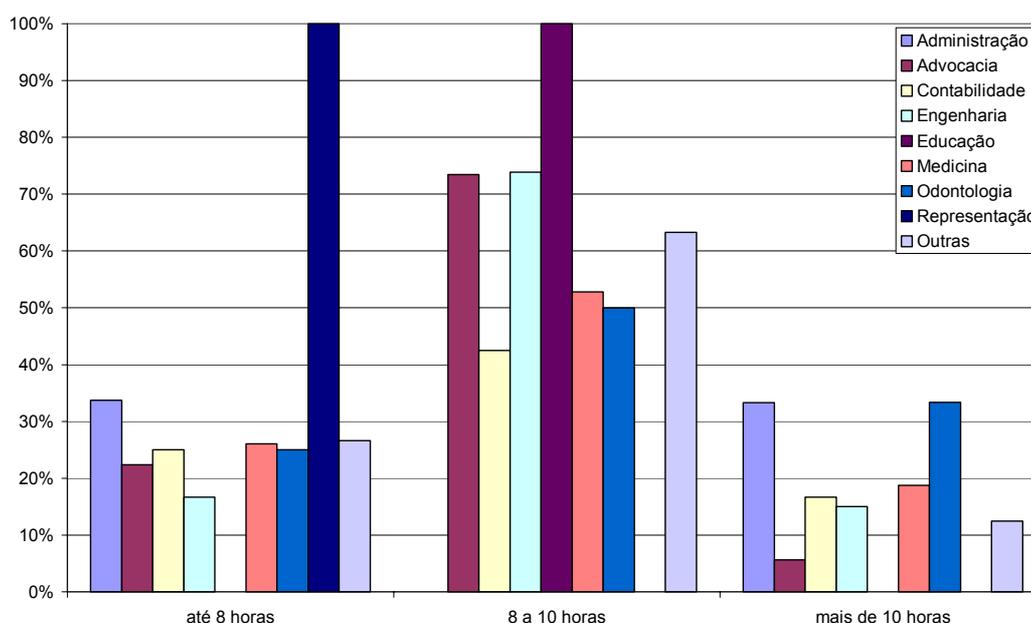


Figura 3.16. Horário de funcionamento em cada atividade.

Os resultados para os escritórios de advocacia apresentam algumas variações visto que quase todos têm um expediente que varia das 8 horas até as 18 horas. Alguns escritórios funcionam até as 8 da noite, com um número de funcionário mais reduzido, e não apresentam expediente em horário de almoço. Outros apresentam ocupação total do escritório em horário de almoço, diferente de alguns em que há uma ocupação muito inferior durante este horário no escritório.

Com as médias obtidas para as atividades, pode-se constatar que, de acordo com os expedientes, os horários variam das 8 da manhã até as 20 horas para todos os dias úteis da semana. Observa-se ainda que há uma grande variação no nível de ocupação ao longo do dia com comportamentos diferenciados para cada atividade profissional avaliada.

3.3.4 Padrão de uso de equipamentos

Neste item de padrão de uso de equipamentos são apresentados os resultados que provém do levantamento realizado junto à pesquisa de padrão de ocupação. Os equipamentos aqui apresentados são aparelhos de ar condicionado, cafeteiras, computadores, fax, lâmpadas, geladeiras, impressoras, ventiladores, modem, filtro d'água, rádio, televisão e outros equipamentos característicos de cada atividade levantada na pesquisa de padrão de ocupação. A Figura 3.17 mostra o padrão de uso de equipamentos referente à advocacia, uma vez que esta foi a atividade de maior representatividade. Por exemplo, em Florianópolis, existem computadores em todos os escritórios, e estes são usados durante todo o período de funcionamento do escritório. Já as geladeiras, apesar de ficarem ligadas durante 24 horas não estão presentes em todas as salas. A Figura 3.18 mostra este padrão para as demais atividades.

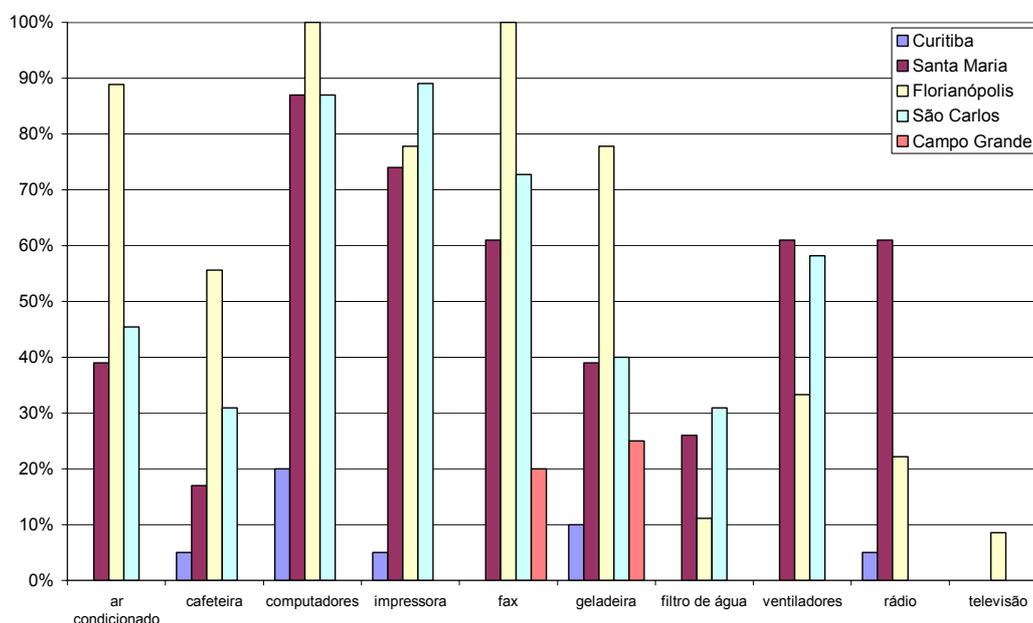


Figura 3.17. Porcentagens de cada equipamento em escritórios de advocacia.

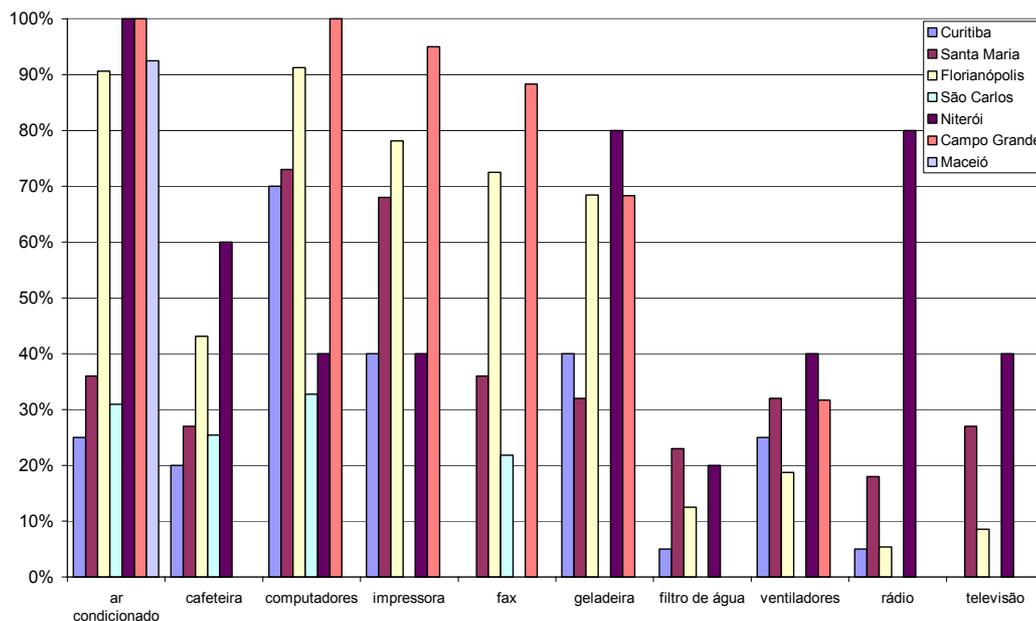


Figura 3.18. Porcentagens de cada equipamento para demais usos.

Nesta pesquisa de padrão de uso de equipamentos, foram considerados apenas os valores médios de tempo de utilização de equipamentos. Somente para os aparelhos que funcionem durante 24 horas por dia foram realizadas médias para todos os dias da semana, visto que estes ficam ligados também durante os finais de semana.

Os aparelhos de fax ficam ligados 24 horas por dia por alguns escritórios e somente em horário de expediente para outros, porém não se pode determinar seu horário real de funcionamento.

Os ventiladores e aparelhos de ar condicionado apresentam intensidade de uso diferenciado entre os períodos da manhã e da tarde para todos os dias úteis. A utilização desses aparelhos é alternada, visto que em alguns escritórios os ventiladores são acionados na parte da manhã e os aparelhos de ar condicionado na parte da tarde. Uma utilização mais acentuada desses equipamentos se verifica no verão - período considerado como de dezembro a março.

3.4 Consumo de energia elétrica

Para as medições de consumo de energia elétrica, foram realizados monitoramentos em apenas dois escritórios de Florianópolis, ambos de advocacia. Esse fato ocorreu uma vez que a maioria dos escritórios consultados na pesquisa de padrão de

ocupação e de uso de equipamentos ou não puderam ser contatados ou não foi permitido o acesso e a medição dos equipamentos para cada um deles. Na segunda etapa do projeto onde serão feitas as simulações computacionais, serão utilizados os valores adquiridos neste monitoramento.

Nas Tabela 3.5 e Tabela 3.7, encontram-se os dados referentes a dois escritórios da atividade de advocacia. Os equipamentos tais como as geladeiras e filtros que funcionassem durante 24 horas, deveriam ser monitorados por esse tempo no escritório. Já os computadores seriam monitorados apenas para o período de utilização desses no escritório.

Tabela 3.5. Especificações dos equipamentos a serem monitorados de um escritório de advocacia 1.

Equipamentos			Data/Horário	Tempo de medição (h)
Número	Quantidade	Descrição		
1	6	Computadores - Monitor 15'	03/05 08:00-18:00	8
2	1	Cafeteira Faet Aroma	04/05 08:10-08:15	0,083
3	1	Geladeira Brastemp 320	04/05 08:20-08:20	24
4	1	Filtro Master Frio	04/05 08:45-08:45	24
5	1	Aparelho de ar condicionado 15000 Btu/h	-	-
6	15	Lâmpadas Fluorescentes tubulares	-	-
7	5	Lâmpadas Fluorescentes compactas	-	-
8	2	Lâmpadas Fluorescentes tubulares	-	-

A cafeteira do escritório de advocacia 1 foi monitorada por um tempo de 5 minutos apenas. Os demais equipamentos em que se encontrou alguma dificuldade para monitorá-los, aplicou-se somente a potência nominal dos mesmos para estimar o consumo de energia elétrica.

Para os resultados da Tabela 3.6, constata-se o maior consumo diário como o registrado para os aparelhos de ar condicionado, e o menor para a cafeteira. Já para as potências médias, o valor mais representativo foi também do aparelho de ar condicionado, já que depende do consumo diário. Os aparelhos de ar condicionado não puderam ser monitorados, tanto o da Tabela 3.5 quanto o da Tabela 3.7.

Tabela 3.6. Resultados do monitoramento de energia elétrica de um escritório de advocacia 1.

Nº do equip.	Tensão (V)		Corrente (A)		Potência (kW)				Consumo (kWh)
	max	min	max	min	max	min	nominal	média	
1	226,4	208	1,57	0,26	0,0339	0,042	-	0,1071	0,857
2	219,4	217,3	2,58	0,02	0,561	0	-	0,1807	0,015
3	227,2	207,2	9,3	0,02	1,812	0	-	0,0491	1,178
4	228,5	208,1	6,31	0,02	1,293	0	-	0,0095	0,227
5	-	-	-	-	-	-	-	0,989	-
6	-	-	-	-	-	-	0,02	0,024	-
7	-	-	-	-	-	-	0,004	0,005	-
8	-	-	-	-	-	-	0,032	0,038	-

Tabela 3.7. Especificações dos equipamentos a serem monitorados de um escritório de advocacia 2.

Equipamentos			Data/Horário	Tempo de medição (h)
Número	Quantidade	Descrição		
1	5	Computadores - Monitor 15'	03/05 09:00-18:00	7
2	1	Impressora LexMark	-	-
3	1	Aparelho de ar condicionado Eletrolux 18000	-	-
4	10	Lâmpadas Fluorescente tubulares	-	-
5	2	Lâmpadas Fluorescente tubulares	-	-
6	1	Lâmpadas Incandescente (banheiro)	-	-

Para o escritório de advocacia 2, foi medido apenas o consumo dos computadores que apresentaram um consumo diário superior ao levantado para o escritório de advocacia 1, obtendo-se uma potência média de 0,1337kW como está registrado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8. Resultados do monitoramento de energia elétrica de um escritório de advocacia 2.

Nº do equip.	Tensão (V)		Corrente (A)		Potência (kW)				Consumo (kWh)
	max	min	max	min	max	min	nominal	média	
1	216,2	211,2	1,82	0,02	0,33	0,02	0	0,1337	0,936
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-
5	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-
6	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-

3.5 Monitoramento de Temperatura e Umidade do Ar

Para a realização das medições de temperatura e umidade relativa do ar interna e externa às edificações, foram escolhidas duas salas em cada um dos edifícios. Essas salas foram selecionadas pela facilidade de acesso, por terem orientações interessantes para análise, e por possuírem diferentes características como presença de brises. Essas medições foram realizadas no inverno, entre junho e setembro; e no verão no período entre fevereiro e abril.

Foram utilizados sensores modelo hobo (onset) para aquisição e armazenamento de dados de temperatura e umidade. Os aparelhos hobo externos foram colocados de maneira que os resultados não sofressem alterações pela incidência solar direta. Internamente, o aparelho ficou posicionado na vertical com mais ou menos 2 m de altura. Os dados dessas medições serão utilizados posteriormente para “validação” do programa a ser utilizado nas simulações.

A seguir são apresentados os gráficos de cada uma das sete zonas bioclimáticas onde foram realizados os monitoramentos; no entanto, não foi possível realizar o monitoramento nos dois períodos em todas as cidades.

3.5.1 Monitoramento de inverno - temperatura e umidade do ar

3.5.1.1 Zona Bioclimática 2 - Santa Maria:

O monitoramento foi realizado no período de 22 de agosto a 04 de setembro de 2005. Neste período a temperatura externa variou de 6°C a 31°C, como pode-se verificar através da Figura 3.19.

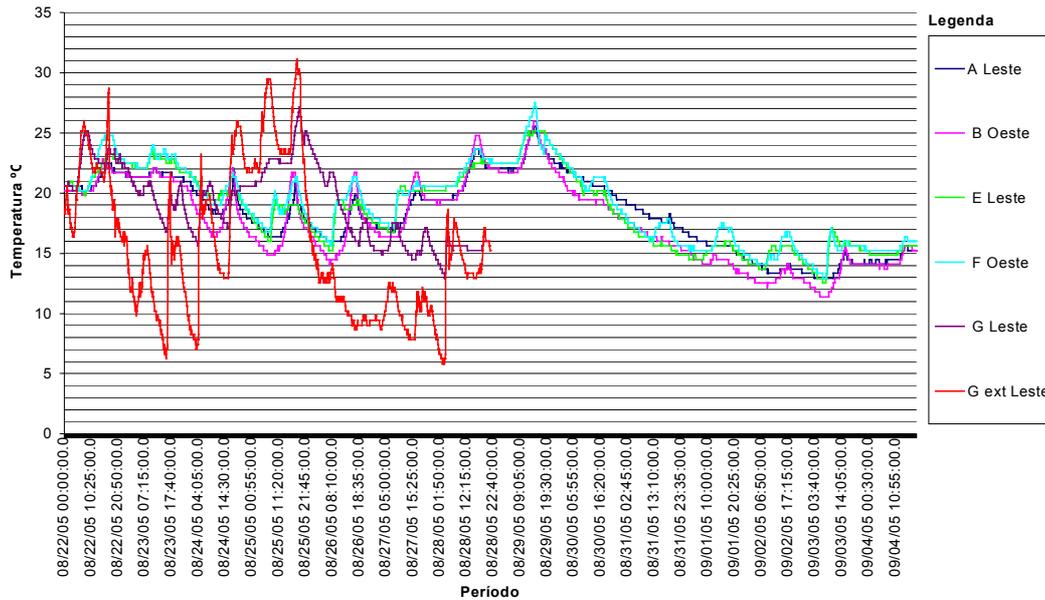


Figura 3.19. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Panorama, Ijuí.

3.5.1.2 Zona Bioclimática 4 – São Carlos:

O monitoramento foi realizado no período de 21 a 30 de junho de 2005. Foram monitoradas duas salas com orientação Norte e Sul, e a temperatura e umidade do ar externa. A temperatura externa varia de 9,8 °C a 26,3 °C; enquanto a interna varia de 16°C a 25,1 °C (Figura 3.20). Através da Figura 3.21 pode-se observar grande variação da umidade relativa, oscilando entre 26% e 100%.

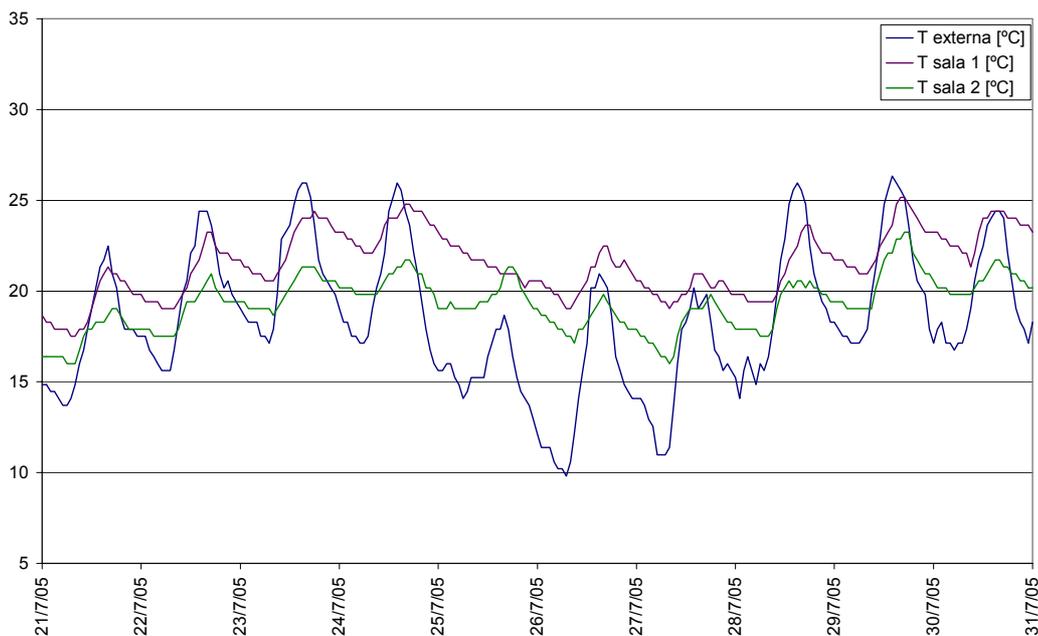


Figura 3.20. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Conde do Pinhal.

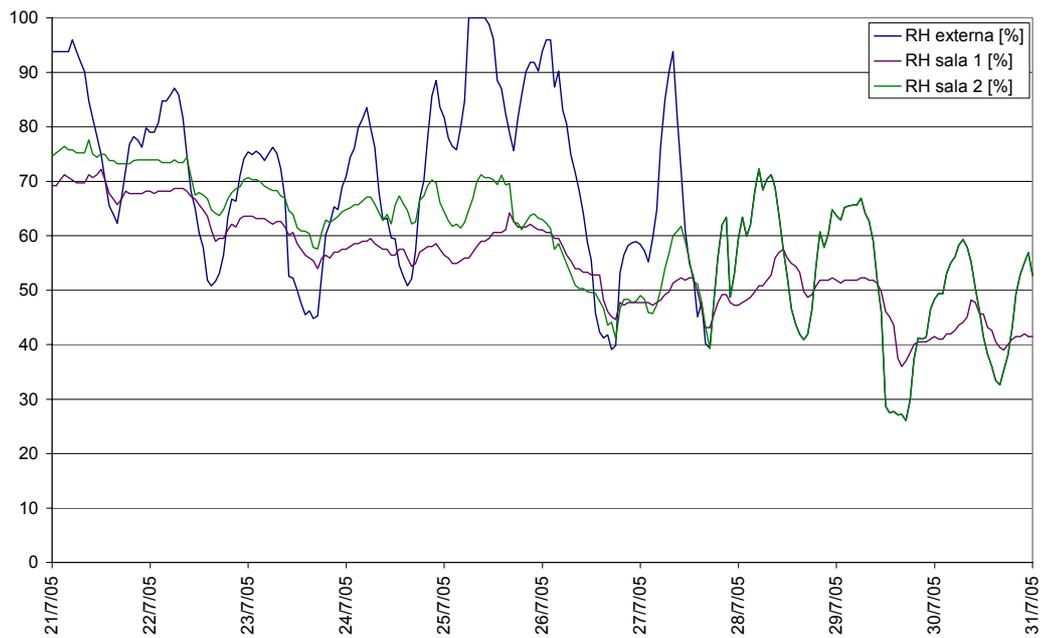


Figura 3.21. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Conde do Pinhal.

3.5.2 Monitoramento de verão - temperatura e umidade do ar

3.5.2.1 Zona Bioclimática 1 – Curitiba:

O monitoramento foi realizado entre fevereiro e março de 2006. Neste período a temperatura variou de 17°C a 23°C, como pode-se verificar através da Figura 3.22.

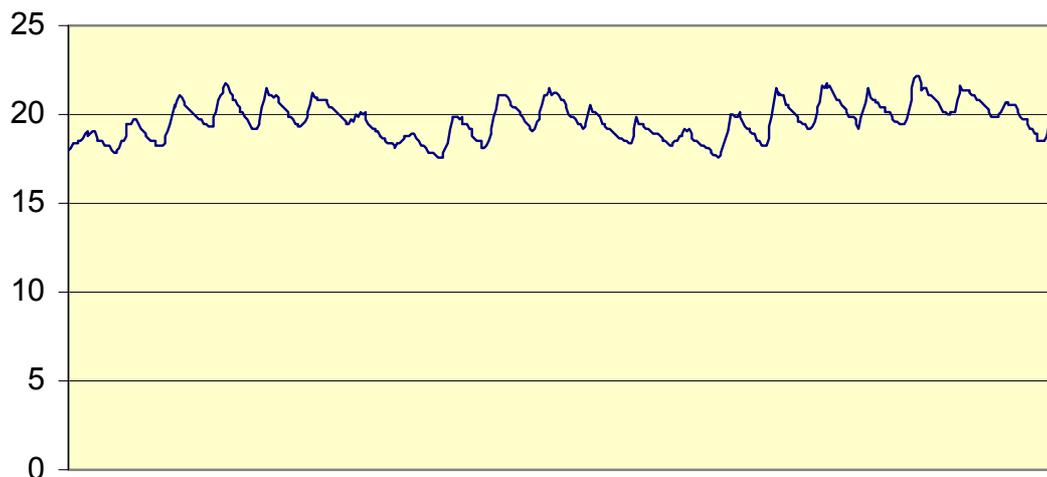


Figura 3.22. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Professor Octávio de Sá Barreto.

3.5.2.2 Zona Bioclimática 2 - Santa Maria:

O monitoramento foi realizado no período de 02 a 15 de fevereiro de 2006. Neste período a temperatura externa variou de 7°C a 41°C, como pode-se verificar através da Figura 3.23.

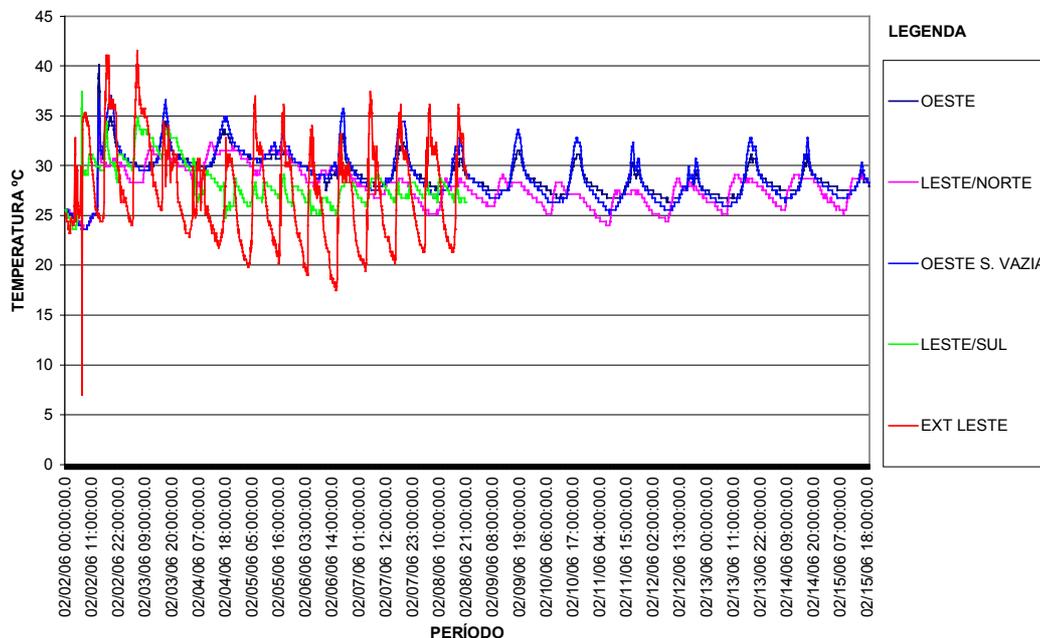


Figura 3.23. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Panorama, Ijuí.

3.5.2.3 Zona Bioclimática 3 – Florianópolis:

Na cidade de Florianópolis o monitoramento foi realizado no período de 30 de março a 05 de maio de 2006, em duas salas com orientação Norte e Sul. As temperaturas externas variaram de 17,5°C a 28,3°C, enquanto a temperatura interna oscila de 21,3°C a 29,1°C (Figura 3.24). A umidade relativa varia de 33% a 90% (Figura 3.25).

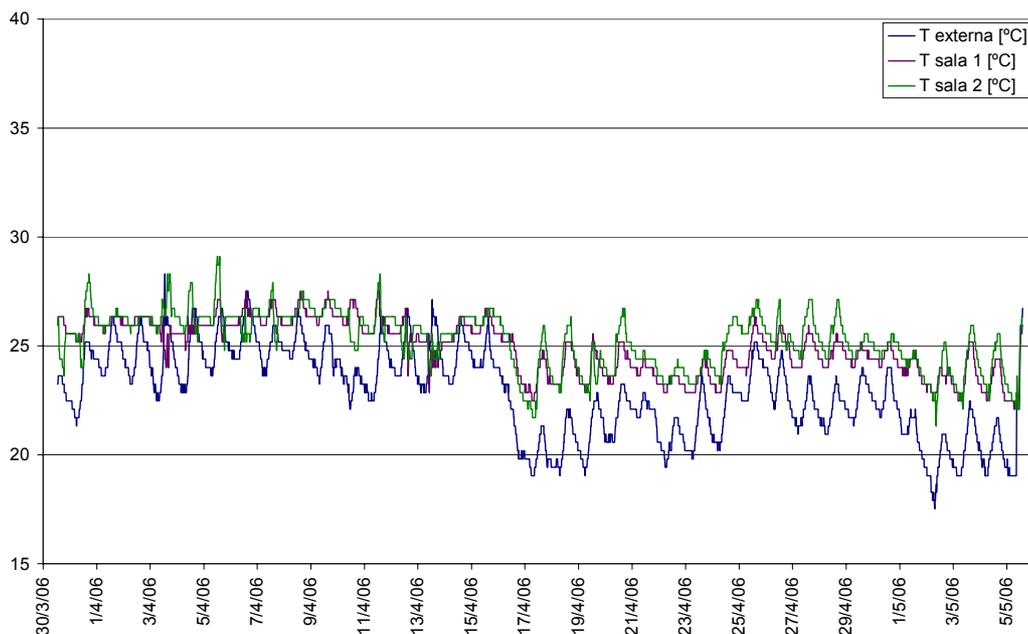


Figura 3.24. Monitoramento da temperatura do ar - Edifício Apolo.

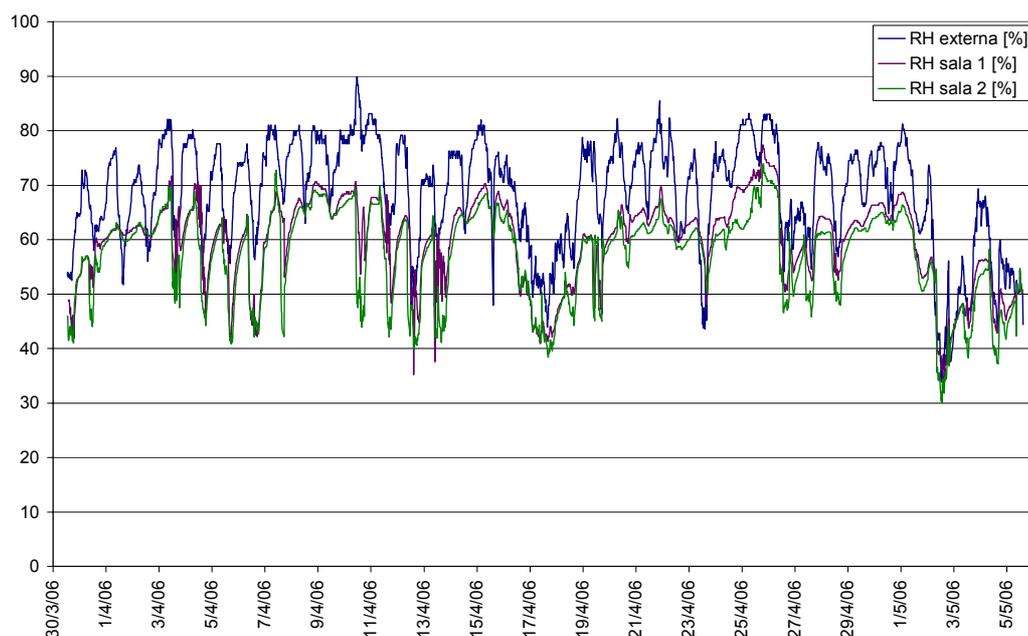


Figura 3.25. Monitoramento da umidade do ar - Edifício Apolo.

3.5.2.4 Zona Bioclimática 4 – São Carlos:

O monitoramento foi realizado no período de 23 de março a 01 de abril de 2006. Foram monitoradas as mesmas salas do período anterior, com a temperatura externa variando de 16,4°C a 32,7°C; enquanto a interna varia de 21,3°C a 27,5°C (Figura 3.26). Através da Figura 3.27 pode-se observar a umidade relativa, que oscila de 48,2% a 99%.

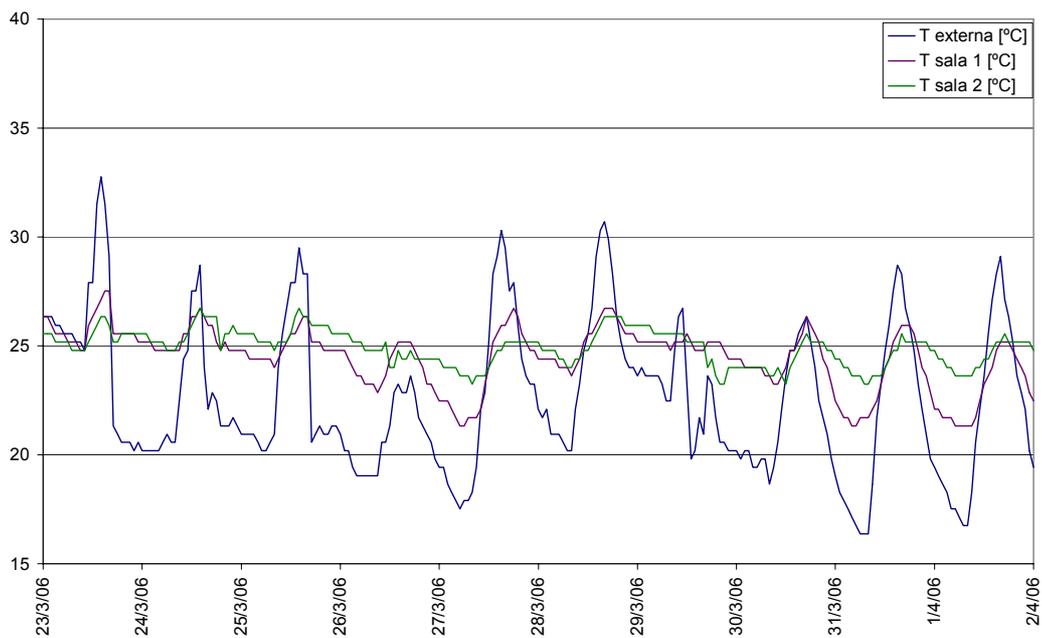


Figura 3.26. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Conde do Pinhal.



Figura 3.27. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Conde do Pinhal.

3.5.2.5 Zona Bioclimática 5 – Niterói:

O monitoramento foi realizado no período de 23 de fevereiro a 09 de março de 2006. Neste período a temperatura externa variou de 25°C a 38°C, e a interna de 20°C a 31°C (Figura 3.28), a umidade relativa oscilou de 35% a 81%.

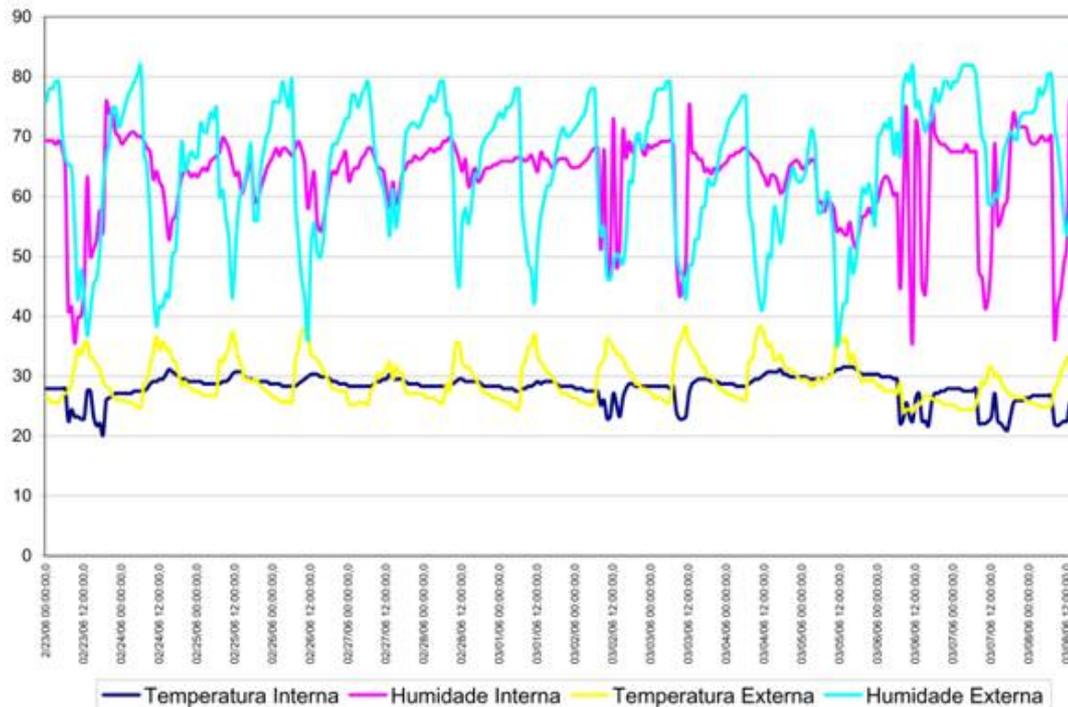


Figura 3.28. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Vassal.

3.5.2.6 Zona Bioclimática 6 – Campo Grande:

O monitoramento foi realizado no período de 28 de fevereiro a 05 de abril de 2006, a temperatura externa variou de 19,8 °C a 35,7 °C; enquanto a interna varia de 26,3°C a 32,3 °C (Figura 3.29). Através da Figura 3.30 pode-se observar a umidade relativa, que oscila de 24,2% a 89% neste período.

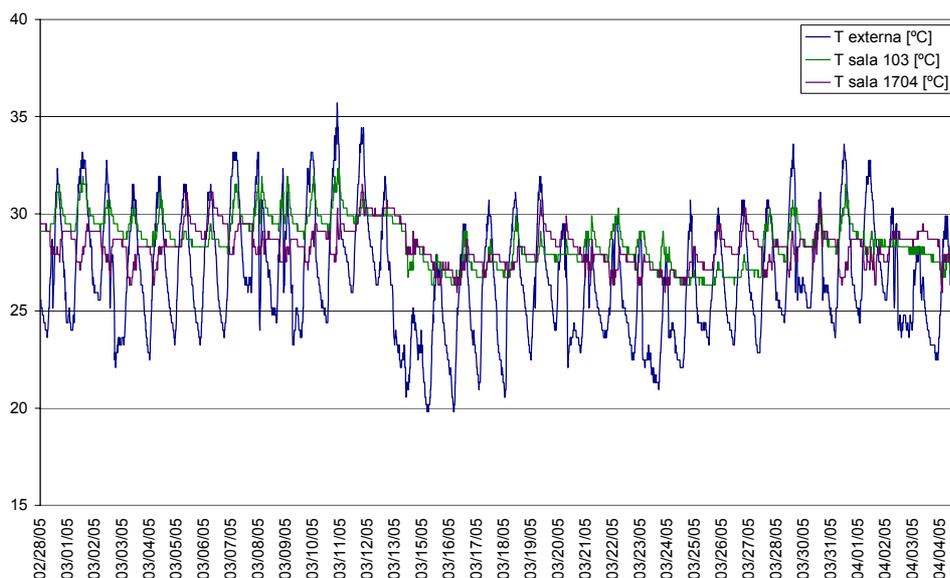


Figura 3.29. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Centro Comercial Campo Grande.

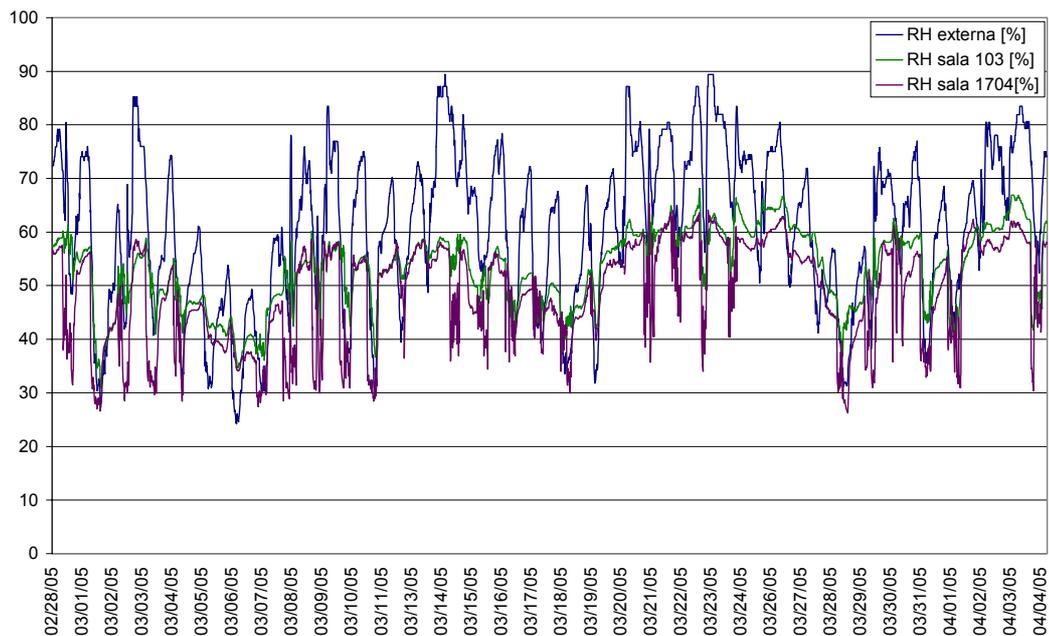


Figura 3.30. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Centro Comercial Campo Grande.

3.5.2.7 Zona Bioclimática 8 – Maceió:

O monitoramento foi realizado no período de 06 a 31 de dezembro de 2006, a temperatura externa variou de 26,3 °C a 32,3 °C; enquanto a interna varia de 25,2°C a 31,5 °C (Figura 3.31Figura 3.29). Através da Figura 3.32 pode-se observar a umidade relativa, que oscila de 29,7% a 89,7% neste período.

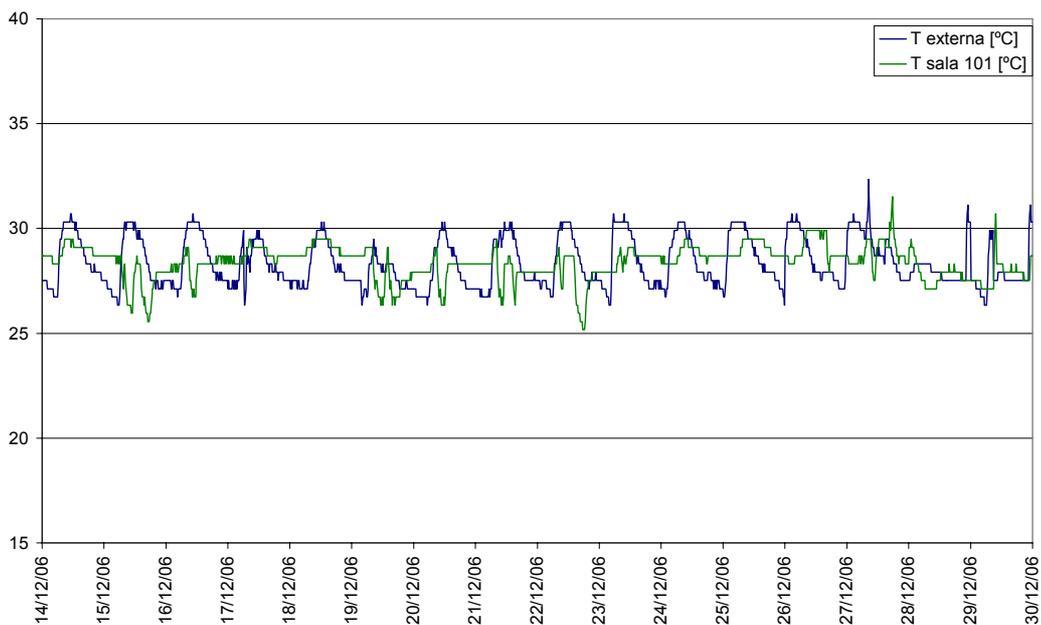


Figura 3.31. Monitoramento da temperatura do ar – Edifício Ruy Palmeira

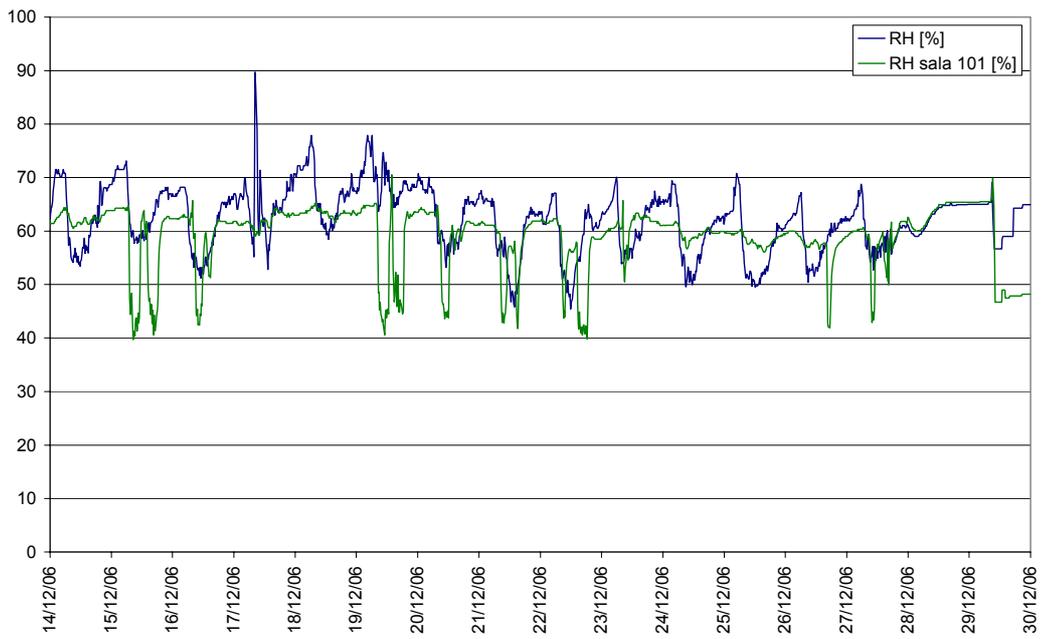


Figura 3.32. Monitoramento da umidade do ar – Edifício Ruy Palmeira

4. Conclusões

4.1 Conclusões Gerais

Este trabalho, cujo objetivo principal é diagnosticar a situação de edifícios de escritórios, em relação ao consumo energético e ao desempenho térmico, foi realizado em oito cidades, referentes às oito Zonas bioclimáticas, definidas pela NBR15220-3 (ABNT, 2005). Para o desenvolvimento da pesquisa oito instituições de ensino superior, respectivamente localizadas em cada uma das zonas bioclimáticas, ficaram responsabilizadas pelos levantamentos e análise dos dados. Assim, esta pesquisa apresenta um estudo dos resultados obtidos deste levantamentos de dados e dos monitoramentos de temperatura e umidade do ar de cada uma destas cidades.

A proposta metodológica de levantamentos de dados mostrou-se adequada para a definição de um modelo representativo da realidade construtiva de cada zona bioclimática. O mesmo ocorreu com o levantamento dos padrões de ocupação e uso de equipamentos, chegando à elaboração de uma base de dados a ser utilizada em simulações para a avaliação do desempenho termo-energético destas tipologias.

Os resultados, mostrados no capítulo 3, apresentam a análise dos levantamentos realizados. Estes, foram feitos a partir dos edifícios de escritórios em cada região, com mais de 5 pavimentos, assim, o número de edifícios analisados variou de seis a 35, dependendo das características urbanas de cada região. A amplitude das amostras revela a diferença dos entornos urbanos existentes entre as regiões analisadas. É importante lembrar que na cidade de Mossoró, zona bioclimática 7, não foi possível realizar esta parte do estudo, pela falta de edificações que se adequassem aos parâmetros estabelecidos.

A partir dos levantamentos chegou-se a algumas características que são representativas em todas as regiões. Entre estas estão: a forma retangular, que abrange cerca de 60% das edificações; o material das paredes, sendo este de blocos cerâmicos, diferenciando apenas a espessura da parede; a cobertura, na grande maioria foi encontrada, laje impermeabilizada ou protegida por cobertura de fibrocimento; e as aberturas, com sistema de abertura maxim-air e vidro transparente de 6 mm. Com estes resultados verifica-se a homogeneidade entre as tipologias das edificações em todo país, ou seja, um mesmo modelo de edifício recebe as solicitações para o clima da região sul (inverno frio) e do norte do país (inverno e verão quentes), tornando-se claro o baixo desempenho térmico destas edificações.

Para uma análise mais detalhada da influência destes parâmetros no desempenho termo-energético da edificação serão realizadas simulações

computacionais, em uma segunda etapa do projeto, e para isso foram analisadas as atividades realizadas e o padrão de ocupação das mesmas.

Os dados de padrão de ocupação e de uso de equipamentos mostram maior diversidade entre as regiões, contudo os horários de maior intensidade de pessoas ocupando e utilizando equipamentos nos escritórios são próximos ao horário comercial.

De acordo com os resultados de padrão de ocupação e de uso de equipamentos, os horários de maior intensidade de pessoas ocupando e utilizando equipamentos nos escritórios são próximos ao horário comercial. Há ocupação e utilização de aparelhos fora desse horário, porém, em menor proporção. Além disso, alguns aparelhos não são utilizados continuamente durante o expediente, por exemplo, aparelhos de ar condicionado e ventiladores são utilizados quase que alternadamente.

4.2 Limitações do Trabalho

No decorrer da pesquisa houve uma série de limitações que dificultaram o processo de levantamento dos dados e desenvolvimento do trabalho:

- Dificuldade de acesso aos prédios;
- Falta de recursos para contratação de bolsistas para realizar os levantamentos;
- Dificuldade de definição da metodologia devido à falta de recursos financeiros para reunir os pesquisadores.

4.3 Trabalhos de apoio

Alguns trabalhos de mestrado e de iniciação científica foram desenvolvidos durante a realização desta pesquisa. Alguns já foram finalizados e outros ainda estão em andamento conforme indicado abaixo.

4.3.1 Mestrado concluído

Marina Vasconcelos Santana. Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis-SC. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Enedir Ghisi.

4.3.2 Mestrado em andamento

Kellen R Monte Carrières. Desempenho Térmico e Consumo Energético de Edifícios de Escritórios em São Carlos, SP. Início: 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas. (Orientador: Maurício Roriz).

Sara de Oliveira Cardoso. Impactos da Adequação Climática sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritório na cidade de Maceió-AL.. Início: 2004. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) - Universidade Federal de Alagoas. (Orientador: Ricardo Cabús).

Francéli Ferreira. Desempenho térmico de edifícios de escritórios na zona climática 2 do Brasil. Início: 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. (Orientador: Joaquim C. Pizzutti dos Santos).

Leonardo Bonato. Simulação computacional do comportamento térmico de edifícios de escritórios na zona climática 2 do Brasil. Início: 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. (Orientador: Joaquim C. Pizzutti dos Santos).

4.3.3 Iniciação científica concluída

Priscila Mei Minku. Tipologias construtivas de edifícios de escritório na cidade de Florianópolis-SC. 2005. 117 f. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Eletrobrás. Orientador: Enedir Ghisi.

Caroline da Silva Moreira. Padrão de ocupação e de uso de equipamentos para fins de simulação computacional: estudo de caso em edifícios de escritório localizados em Florianópolis-SC. 2005. 146 f. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Enedir Ghisi.

Cliciane de Campos Barbosa. Conforto Térmico e Eficiência Energética em Edifícios de Escritórios e Indústrias na Região de Curitiba e Ponta Grossa - PR. 2006. 45 f. Iniciação Científica. (Graduando em Tecnologia Em Construção Civil Concreto) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Orientador: Antonio Augusto de Paula Xavier.

4.3.4 Iniciação científica em andamento

Vitor Normande Vieira. Impactos da adequação climática sobre a eficiência energética e o conforto térmico de edifícios de escritório em Maceió . Início: 2006. Iniciação científica (Graduando em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Alagoas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador: Ricardo Cabús).

Gabriel Marcon Coelho. Correlação entre características da edificação e consumo de energia: estudo de caso em edifícios de escritório em Florianópolis-SC. Início: 2006. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador: Enedir Ghisi).

Ana Paula Venâncio. Impactos da Adequação Climática sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritório no Brasil . Início: 2004. Iniciação científica (Graduando em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal Fluminense, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador: Louise Land B. Lomardo).

4.4 Tombamento dos equipamentos

Alguns equipamentos adquiridos com recursos disponibilizados para a execução do projeto foram distribuídos entre as equipes participantes. Os equipamentos serão tombados nas respectivas instituições.

Referências

- ABNT. Projeto 02:135.07-001. *Desempenho Térmico de Edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. Janeiro, 2003.
- ABNT. Projeto 02:135.07-002. *Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações*. Janeiro, 2003.
- ABNT. Projeto 02:135.07-003. *Desempenho Térmico de Edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. Janeiro, 2003.
- ABNT. Projeto 02:135.07-004. *Desempenho Térmico de Edificações - Parte 4: Medição da Resistência e da Condutividade Térmica pelo Princípio da Placa Quente Protegida*. Janeiro, 2003.
- ABNT. Projeto 02:135.07-005. *Desempenho Térmico de Edificações - Parte 5: Medição da Resistência Térmica e da Condutividade Térmica pelo Método Fluximétrico*. Janeiro, 2003.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional*, Brasília, 2002. p. 200.
- CRUZ, A. B. S.; GONÇALVES, J. I. P.; SILVA, N. F. ; FILHO, R. D. T.; FARBAIM, E. M. R.; ROSA, L. P.; MARTINEZ, A. C. P.. Avaliação da sustentabilidade energética e ambiental em edificações. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo. ENTAC. 2004. CD-ROM
- GELLER, H.. *O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil*. Rio de Janeiro: INNE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. 1994. p. 223.
- SIGNOR, R.. *Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras*. Orientação de Roberto Lamberts. Florianópolis, SC. UFSC. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.
- PROCEL (1993). *Manual de conservação de energia elétrica em prédios públicos e comerciais*. PROCEL Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. 3a edição, 20p.