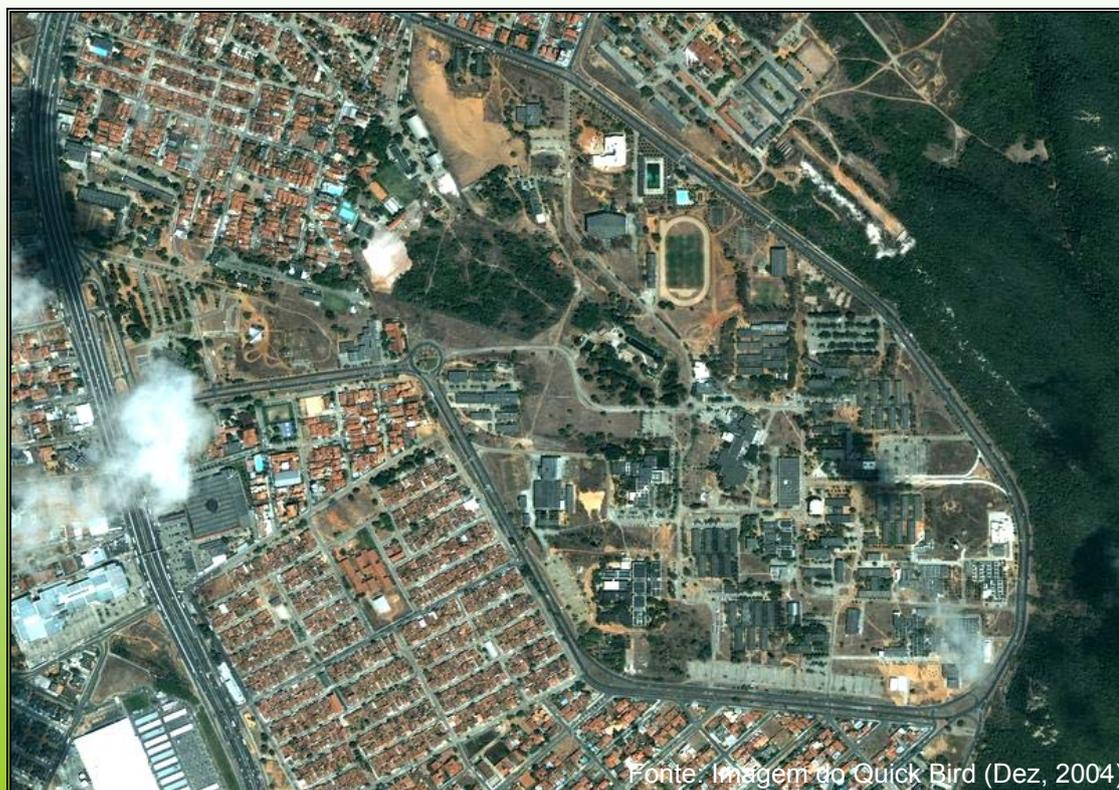


SHEILA OLIVEIRA DE CARVALHO

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA COMO FERRAMENTA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO
CAMPUS CENTRAL DA UFRN.**



Fonte: Imagem do Quick Bird (Dez, 2004).

Natal – RN
2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

SHEILA OLIVEIRA DE CARVALHO

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA COMO FERRAMENTA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO CAMPUS CENTRAL DA UFRN.**

Natal - RN
2005

SHEILA OLIVEIRA DE CARVALHO

**ANÁLISE BIOCLIMÁTICA COMO FERRAMENTA PARA
IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO CAMPUS CENTRAL DA UFRN.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com vistas à obtenção do grau de mestre.

Orientadora Prof^a Dr^a Virgínia Maria Dantas de Araújo.

Natal - RN
2005

Divisão de Serviços Técnicos

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila
Mamede

Carvalho, Sheila Oliveira de.

Análise bioclimática como ferramenta para implementação do plano diretor do campus central da UFRN / Sheila Oliveira de Carvalho. - Natal, RN, 2005.

171 f. : il.

Orientador : Virgínia Maria Dantas de Araújo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

1. Arquitetura – clima – Dissertação 2 Análise bioclimática – Dissertação. 3. Clima urbano – Dissertação. 4. Forma urbana – Dissertação I. Araújo, Virgínia Maria Dantas. II. Título.

RN/UF/BCZM
(043.3)

CDU 72:551.58

*Aos meus filhos, esperança de um amanhã melhor;
Aos meus pais, recordação desta esperança.*

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, minha fonte de luz e inspiração;
Ao Dr. Adolfo Bezerra de Menezes, pelo amparo espiritual;
Ao meu pai Gilson Bezerra de Oliveira, pelo exemplo de ética e dignidade;
À minha mãe Marysia das Neves de Oliveira, pelo amor incondicional;
Aos meus sogros Maurício Caminha e Mércia Carvalho, por me tratarem como filha;
Ao meu esposo Márcio Humberto, companheiro de tantas emoções;
Aos meus filhos Allana, Igor e Renan, pelas lições de vida que me ofertam;
Aos meus irmãos Flamínio e Marne, pela amizade de sempre;
A Luzinete Leônia, pela cooperação na minha residência;
A Ana Zélia Moreira, amiga de todas as horas;
À amiga Karenina Matos, pelas dicas e publicações;
Ao amigo Carlos Alberto Fernandes, pelo incentivo;
Ao Prof. Paulo Heider, pela colaboração com as fotos;
Ao Prof. Aldomar Pedrini, pelas estações portáteis, artigos em inglês e tantos *helps*;
Ao Prof. George Marinho, pelo empréstimo da estação do Projeto *Habitare*;
Aos Prof^{rs}. Márcio Valença e Márcia Pedrini e ao Engenheiro Francisco José dos Santos, pela guarda dos consoles nos períodos das medições;
Ao Eng. Francisco Raimundo da Silva, imprescindível na aferição, instalação e utilização das estações;
Ao Eng. Gustavo Coelho, pelo apoio da Superintendência de Infra-estrutura;
Ao Geógrafo Domingos Sávio Prado, pelos dados da Estação Climatológica;
Ao Prof. Rubenilson Brazão Teixeira, pelo tradução do resumo;
Ao Prof. Eduardo Henrique Dantas de Araújo e seus alunos, pelo tratamento estatístico dos dados.
À Prof^a. Virgínia Maria Dantas de Araújo, pela essencial orientação;
À Prof^a. Cleonice Furtado de Souza, pela valiosa colaboração;
À Prof^a. Gianna Melo Barbirato, pelo carinho e confiança;
Ao Prof. Pedro de Lima, pela participação neste trabalho;
A todos os amigos que fazem a UFRN e colaboraram com esta pesquisa;
Especialmente ao Professor Fernando José de Medeiros Costa, pela co-orientação, incentivo e apoio, desde o início;

Minha sincera gratidão.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 FATORES CLIMÁTICOS GLOBAIS.....	19
2.2 FATORES CLIMÁTICOS LOCAIS	24
2.3 ELEMENTOS DO CLIMA.....	28
2.4 CLIMA URBANO.....	34
2.5 CLIMA DA REGIÃO DE ESTUDO	43
3.0 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO.....	51
3.1 BREVE HISTÓRICO DO CAMPUS CENTRAL	57
3.2 EVOLUÇÃO DO ADENSAMENTO DO CAMPUS CENTRAL	64
3.3 O PLANO DIRETOR DO CAMPUS.....	71
4.0 METODOLOGIA.....	79
4.1 MÉTODOS E TÉCNICAS.....	79
4.2 PERCURSO METODOLÓGICO	80
4.3 A PESQUISA DE CAMPO.....	86
4.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	94
4.5 INCERTEZAS EXPERIMENTAIS	94
5.0 ANÁLISE QUALITATIVA.....	95
5.1 ESTUDO DO MICROCLIMA DA ÁREA OBJETO DA PESQUISA	95
5.2 ESTUDO DOS ATRIBUTOS BIOCLIMATIZANTES DA FORMA URBANA	109
5.3 CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS CLIMATICAMENTE CARACTERIZADAS	121
6.0 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PONTOS	129
6.1 ESTUDO DAS VARIÁVEIS ESPACIAIS E AMBIENTAIS	129
6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	142
7.0 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
8.0 REFERÊNCIAS.....	168

CARVALHO, Sheila Oliveira de. (2005). *Análise bioclimática como ferramenta para implementação do Plano Diretor do Campus Central da UFRN*. 2005. 171 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte), Natal.

RESUMO

Esta pesquisa trata da investigação do microclima e dos atributos da morfologia do Campus Central da UFRN, em Natal-RN, utilizando ferramentas de análise bioclimática, para subsidiar a implementação do seu Plano Diretor. Realiza um diagnóstico da evolução e crescimento do espaço urbano em estudo, com apreciação do plano inicial, partido adotado, morfologia e tipologias utilizadas. Realiza uma análise qualitativa do microclima local utilizando a metodologia de Katzschner (1997), com a elaboração de mapas de uso do solo, topografia, altura dos edifícios, vegetação e recobrimento do solo; e da metodologia proposta por Oliveira (1993), onde analisa bioclimaticamente o meio antrópico quanto aos atributos da forma urbana (sítio e massa edificada). Identifica zonas com características climáticas representativas do microclima local e as classifica em áreas a serem preservadas, áreas a serem protegidas e áreas a serem melhoradas. Seleciona pontos representativos dessas áreas, onde aplica a metodologia de Bustos Romero (2001) para avaliação espacial e ambiental. Nestes pontos, registra os dados ambientais nos dois períodos característicos da região em estudo (chuvoso e seco), de modo a identificar alterações neste ambiente, proporcionadas ou não pelo adensamento urbano, pela arborização ou pela influência da forma urbana. Realiza análise quantitativa e estatística dos dados coletados, para constatar a representativa influência dos atributos identificados sobre as variáveis ambientais, nas diversas escalas de abordagem. Constata a existência de microclimas diferenciados e enfatiza a relevância da análise bioclimática do ambiente construído, visando orientar decisões para o Plano Diretor do Campus Central da UFRN.

Palavras chave: Clima Urbano, Forma Urbana, Análise Bioclimática.

CARVALHO, Sheila Oliveira de. (2005) *Bioclimatic analysis as a tool for implementing the Master Plan of the UFRN Central Campus*. 2005. 170 p. Research leading to a Master's degree in Architecture and Urbanism at the Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.

ABSTRACT

This research investigates the microclimate and the morphology features of the central campus of the UFRN, in Natal-RN, through the use of bioclimatic tools of analysis in order to assist the implementation of the campus' Master Plan. It develops a diagnosis of the evolution and growth of the urban space surveyed by analyzing its initial plan and the basic urban conception behind it, as well as the morphology and typologies utilized. The study makes a qualitative analysis of the local microclimate by using Katzschner' (1997) methodology, with land-use and topography maps, building heights, vegetation and soil covering. It also makes use of the methodology proposed by Oliveira (1993), which examines, from the bioclimatic standpoint, the human environment as related to the urban form (site and built mass). It identifies zones whose climatic characteristics are representative of the local microclimate and classifies them into areas to be strictly preserved, areas to be protected and areas to be improved. By means of the methodology for spatial and environmental assessment developed by Bustos Romero (2001), the survey selects characteristic points of each area in order to register the environmental data relative to the two basic seasons found in the region where the campus is located, that is, the dry and the rainy season, so that it can evaluate changes in the environment which might have been caused by urban density growth, by arborization or by the influence of the urban form. It then proceeds to a quantitative and statistical survey of the collected data with the purpose of evaluating the degree of influence of the identified features over the environmental variables along the different scales of approach. The study shows the existence of different microclimates and emphasizes the relevance of the bioclimatic analysis of the built environment as a tool for the decision-making process along the development of the Master Plan for UFRN Central Campus.

Key words: Urban Climate, Urban Form, Bioclimatic analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 1. ESQUEMA DA TRAJETÓRIA SOLAR	20
FIG. 2. INFOGRÁFICO MOSTRANDO AS VARIAÇÕES NA ALTURA DO SOL	21
FIG. 3. GRÁFICO DOS ÍNDICES DE UV-B E O TEMPO NECESSÁRIO PARA QUEIMAR A PELE.	22
FIG. 4. ESQUEMA DE TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO SOLAR NA COBERTURA ARBÓREA.....	26
FIG. 5. ILUSTRAÇÃO DA CIRCULAÇÃO GLOBAL IDEALIZADA NO MODELO DE TRÊS CÉLULAS.....	32
FIG. 6. ILUSTRAÇÃO DOS VENTOS SUPERFICIAIS (BRISA MARINHA E TERRESTRE).....	33
FIG. 7. INFOGRÁFICO DO EFEITO CHAMINÉ.....	37
FIG. 8. ILUSTRAÇÃO DO FENÔMENO ILHA DE CALOR (SP)	37
FIG. 9. INFOGRÁFICO DA VENTILAÇÃO CRUZADA NAS CIDADES.....	38
FIG. 10. INFOGRÁFICO DA INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE NO GRADIENTE DE VENTILAÇÃO.....	40
FIG. 11. INFOGRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DA ATMOSFERA URBANA.....	43
FIG. 12. CLIMAS CONTROLADOS POR MASSAS DE AR.....	44
FIG. 13. GRÁFICO DA TEMPERATURA DO AR MÉDIA NOS PERÍODOS DIÁRIOS DE NATAL.....	45
FIG. 14. GRÁFICO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NOS PERÍODOS DIÁRIOS DE NATAL.....	46
FIG. 15. GRÁFICO DA VELOCIDADE DOS VENTOS NOS PERÍODOS DIÁRIOS DE NATAL.....	47
FIG. 16. ILUSTRAÇÃO DA ROSA DOS VENTOS PARA NATAL.....	47
FIG. 17. MÉDIA DAS TEMPERATURAS DO AR (°C), NO PERÍODO DE 2000 A 2004.....	49
FIG. 18. MÉDIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR (%), NO PERÍODO DE 2000 A 2004.....	49
FIG. 19. MÉDIA DAS VELOCIDADES DOS VENTOS (M/S) NO PERÍODO DE 2000 A 2004.....	50
FIG. 20. MAPA DA LOCALIZAÇÃO DE NATAL / RN	52
FIG. 21. FOTO AÉREA DA FOZ DO RIO POTENGI COM NATAL AO FUNDO.....	53
FIG. 22. FOTO AÉREA DO PARQUE DAS DUNAS.....	54
FIG. 23. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO CAMPUS NO BAIRRO DE LAGOA NOVA.....	55
FIG. 24. ILUSTRAÇÃO DO BAIRRO DE LAGOA NOVA - LIMITES	56
FIG. 25. FOTO AÉREA COM DESTAQUE DO CAMPUS CENTRAL - UFRN.....	57
FIG. 26. FOTO DA CONSTRUÇÃO DA ESCOLA DE ENGENHARIA EM 1966.....	58
FIG. 27. FOTO ATUAL DO PRÉDIO DA ESCOLA DE ENGENHARIA EM 2005.....	58
FIG. 28. MONTAGEM MAPA ATUAL SOBRE ESCRITURA DE DOAÇÃO DO TERRENO DO CAMPUS.....	59
FIG. 29. FOTO AÉREA DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO INICIAL.....	61
FIG. 30. FOTO DO SETOR DE AULAS TEÓRICAS III.....	62
FIG. 31. MAPA DE IMPLANTAÇÃO DO CAMPUS.....	63
FIG. 32. MAPA DE NOLLI NOS MEADOS DA DÉCADA DE 70.....	65
FIG. 33. MAPA DE NOLLI NO FIM DA DÉCADA DE 70.....	65
FIG. 34. MAPA DE NOLLI NO FIM DA DÉCADA DE 80.....	66
FIG. 35. MAPA DE NOLLI NO FIM DA DÉCADA DE 90.....	66
FIG. 36. MAPA DE NOLLI NO FIM DO ANO DE 2004.....	67
FIG. 37. FOTO DO ARQUIVO GERAL.....	68
FIG. 38. FOTO DO LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA E.....	68
FIG. 39. FOTO DA REITORIA DA UFRN.....	69
FIG. 40. FOTO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (RU).....	69
FIG. 41. FOTO DO CENTRO DE TECNOLOGIA (CT).....	69
FIG. 42. FOTO DA BIBLIOTECA CENTRAL ZILA MAMEDE.....	69
FIG. 43. FOTO DA MARCENARIA (NTI).....	70
FIG. 44. FOTO DO LAB. DE INDÚSTRIA TÊXTIL.....	70
FIG. 45. FOTO DA ESCOLA DE MÚSICA DA UFRN.....	70
FIG. 46. FOTO DO NÚCLEO DE ESTUDOS PETRÓLEO E GÁS.....	70
FIG. 47. FOTO DA ESCOLA DE ENFERMAGEM.....	71
FIG. 48. FOTO DO LABORATÓRIO CENTRAL DE ESTUDOS DO PETRÓLEO.....	71
FIG. 49. MAPA DO MACROZONEAMENTO DEFINIDO PELA SIN E INCORPORADO AO PDCAMPUS.....	74
FIG. 50. MAPA DAS ÁREAS ESPECIAIS DEFINIDAS NO PDCAMPUS.....	75
FIG. 51. MAPA DO ZONEAMENTO TERRITORIAL SUGERIDO PELO PDCAMPUS.....	76
FIG. 52. INFOGRÁFICO COM A DEFINIÇÃO DOS RECUOS ESTABELECIDOS PELO PDCAMPUS.....	77
FIG. 53. MAPA DE GABARITO MÁXIMO PERMITIDO PARA AS EDIFICAÇÕES.....	77
FIG. 54. FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DE KATZSCHNER (1997).....	81
FIG. 55. FICHA BIOCLIMÁTICA.....	85
FIG. 56. FOTO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PORTÁTIL.....	86
FIG. 57. FOTO DO RÁDIO RECEPTOR (CONSOLE).....	86

FIG. 58. FOTO DO PROCESSO DE AFERIÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS PORTÁTEIS – JUNHO/2005...	87
FIG. 59. FOTOS DOS INSTRUMENTOS USADOS NA LOCAÇÃO DAS ESTAÇÕES (BÚSSOLA E GPS).....	88
FIG. 60 FOTOS DA ESTAÇÃO E DO CONSOLE, PONTO 01	89
FIG. 61 FOTOS DA ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DA UFRN, PONTO 02	89
FIG. 62 FOTOS DA ESTAÇÃO E DO CONSOLE, PONTO 03	90
FIG. 63 FOTOS DA ESTAÇÃO E DO CONSOLE NO PONTO 04	90
FIG. 64. FOTO DO PROCESSO DE <i>DOWLOAD</i> DOS DADOS REGISTRADOS.	91
FIG. 65. MONTAGEM DA TOPOGRAFIA PARQUE DAS DUNAS COM CAMPUS	96
FIG. 66. MAPA DA TOPOGRAFIA DO CAMPUS CENTRAL – UFRN.....	98
FIG. 67. MAPA DE USO DO SOLO.....	100
FIG. 68. MAPA DE ALTURA DAS EDIFICAÇÕES (GABARITO).....	101
FIG. 69. MAPA DE RECOBRIMENTO DO SOLO.....	104
FIG. 70. MAPA DE RECOBRIMENTO DAS VIAS E ESTACIONAMENTOS	105
FIG. 71. MAPA DE ÁREAS VERDES	107
FIG. 72. FOTO DO JARDIM DO CENTRO DE TECNOLOGIA	108
FIG. 73. FOTO DO ESTACIONAMENTO DO SETOR IV	108
FIG. 74. ILUSTRAÇÃO DO PERCURSO APARENTE DO SOL	111
FIG. 75. ILUSTRAÇÃO DO PERCURSO DOS VENTOS.....	111
FIG. 76. FOTO AÉREA DO CAMPUS, A PARTIR DO PARQUE DAS DUNAS.....	113
FIG. 77. FOTO DA REDUÇÃO DE RECUOS ENTRE OS BLOCOS DO NTI.....	117
FIG. 78. INFOGRÁFICO DA ENTRADA DOS VENTOS NA ÁREA DO CAMPUS.....	119
FIG. 79. CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS CLIMATICAMENTE CARACTERIZADAS	123
FIG. 80. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO.....	128
FIG. 81. FOTOS DA LOCAÇÃO E ENTORNO DO PONTO 01	129
FIG. 82. FOTOS DA LOCAÇÃO E ENTORNO DO PONTO 02	130
FIG. 83. FOTOS DA LOCAÇÃO E ENTORNO DO PONTO 03.....	131
FIG. 84. FOTOS DA LOCAÇÃO E ENTORNO DO PONTO 04.....	131
FIG. 85. FICHA BIOCLIMÁTICA DO PONTO 01.....	133
FIG. 86. FOTOS DO PONTO 1	134
FIG. 87. FICHA BIOCLIMÁTICA DO PONTO 02	135
FIG. 88. FOTOS DO PONTO 02.....	136
FIG. 89. FICHA BIOCLIMÁTICA DO PONTO 03.....	137
FIG. 90. FOTOS DO PONTO 03.....	138
FIG. 91. FICHA BIOCLIMÁTICA DO PONTO 04.....	139
FIG. 92. FOTOS DO PONTO 4.....	140
FIG. 93. GRÁFICO DAS MÉDIAS DA TEMPERATURA DO AR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	144
FIG. 94. GRÁFICO DA MÉDIA DA UMIDADE RELATIVA DO AR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	145
FIG. 95. GRÁFICO DA MÉDIA DA VELOCIDADE DO VENTO, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	145
FIG. 96. GRÁFICO DA MÉDIA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	146
FIG. 97. GRÁFICO DA MÉDIA DA RADIAÇÃO SOLAR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	146
FIG. 98. GRÁFICO DA MÉDIA DO ÍNDICE DE ULTRAVIOLETA, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	147
FIG. 99. GRÁFICO DA ROSA DOS VENTOS, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.....	147
FIG. 100. GRÁFICO DAS MÉDIAS DA TEMPERATURA DO AR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	150
FIG. 101 GRÁFICO DAS MÉDIAS DA UMIDADE RELATIVA DO AR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	151
FIG. 102. GRÁFICO DAS MÉDIAS DA VELOCIDADE DOS VENTOS, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	151
FIG. 103. GRÁFICO DAS MÉDIAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	152
FIG. 104. GRÁFICO DAS MÉDIAS DA RADIAÇÃO SOLAR, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	152
FIG. 105. GRÁFICO DA ROSA DOS VENTOS, POR PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.....	153
FIG. 106. GRÁFICO DAS MÉDIAS DE TEMPERATURA DO AR NOS DOIS PERÍODOS DE MEDIÇÃO.....	154
FIG. 107. GRÁFICO DAS MÉDIAS DE UMIDADE RELATIVA NOS DOIS PERÍODOS DE MEDIÇÃO.....	155
FIG. 108. GRÁFICO DAS MÉDIAS DE VELOCIDADE DOS VENTOS NOS DOIS PERÍODOS DE MEDIÇÃO.....	155
FIG. 109. GRÁFICO DAS MÉDIAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NOS DOIS PERÍODOS DE MEDIÇÃO.....	156
FIG. 110. GRÁFICO DAS MÉDIAS DE RADIAÇÃO SOLAR NOS DOIS PERÍODOS DE MEDIÇÃO.....	156
FIG. 111. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO CHUVOSO.....	159
FIG. 112. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL TEMPERATURA DO AR NO PERÍODO SECO.....	159
FIG. 113. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL UMIDADE RELATIVA DO AR NO PERÍODO CHUVOSO.....	159

FIG. 114. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL UMIDADE RELATIVA DO AR NO PERÍODO SECO. ...	160
FIG. 115. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL VELOCIDADE DOS VENTOS NO PERÍODO CHUVOSO.	160
FIG. 116. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL VELOCIDADE DOS VENTOS NO PERÍODO SECO. ...	160
FIG. 117. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL VELOCIDADE DOS VENTOS NO PERÍODO CHUVOSO	161
FIG. 118. GRÁFICO DO EFEITO PONTO SOBRE A VARIÁVEL VELOCIDADE DOS VENTOS NO PERÍODO SECO	161
FIG. 119. MAPA SÍNTESE DA PESQUISA.	164

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. ATRIBUTOS BIOCLIMATIZANTES DA FORMA URBANA.	83
QUADRO 2. RESUMO DA AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS	141
QUADRO 3. RESUMO – AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	141

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESPECIFICAÇÕES DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PORTÁTIL.....	87
TABELA 2. DADOS DO CÉU E OBSERVAÇÕES REGISTRADAS NO PERÍODO CHUVOSO.	92
TABELA 3. DADOS DO CÉU E OBSERVAÇÕES REGISTRADAS NO PERÍODO SECO.	93
TABELA 4 - TAXA DE OCUPAÇÃO DO CAMPUS CENTRAL DA UFRN POR ZONAS	115
TABELA 5. MÉDIA ARITMÉTICA DAS VARIÁVEIS EM CADA PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO CHUVOSO.	143
TABELA 6. MÉDIA ARITMÉTICA DAS VARIÁVEIS EM CADA PONTO DE MEDIÇÃO NO PERÍODO SECO.	149

LISTA DE SIGLAS

BEComb	Batalhão de Engenharia de Combate
CB	Cetro de Biociências
CCHLA	Centro de Ciências Humanas Letras e Artes
CCET	Centro de Ciências Exatas e da Terra
CCSA	Centro de Ciências Sociais e Aplicadas
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CONSULEST	Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN
CT	Centro de Tecnologia
ETA	Escritório Técnico Administrativo
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FUNPEC	Fundação Norterio-grandense de Pesquisa e Cultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABCON	Laboratório de Conforto Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo
NTI	Núcleo de Tecnologia Industrial
NUPLAM	Núcleo de Pesquisa em Alimentos e Medicamentos
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PDCampus	Plano Diretor do Campus
PCU	Prefeitura do Campus Universitário
PMN	Prefeitura Municipal de Natal
PROPLAN	Pró-Reitoria de Planejamento
RN	Rio Grande do Norte
SEMURB	Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo
SIN	Superintendência de Infra-estrutura
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
URN	Universidade do Rio Grande do Norte
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

LISTA DE ABREVIATURAS

CFC	Clorofluorcarbono
CO ²	Gás carbônico
ET	Evapotranspiração
GPS	<i>Global Positioning System</i>
h	Hora
H	Hipóteses
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
L	Leste
N	Norte
NE	Nordeste
NO	Noroeste
O	Oeste
O ³	Ozônio
S	Sul
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE UNIDADES

° C	Graus Celsius
%	Porcento
cm	Centímetro
hPa	HectoPascal
kg	Kilograma
km/h	Kilômetro por hora
kt	Nós
mm	Milímetro
mmHg	Milímetro de mercúrio
m	Metro
m/s	Metro por segundo
mJ/cm ²	<i>Milijoule</i> por centímetro quadrado
nm	<i>Nanomicron</i>
W/m ²	<i>Watt</i> por metro quadrado
µm	Micrômetro



1 INTRODUÇÃO

O atual processo de urbanização, ocorrido em algumas cidades, faz surgir grandes estruturas urbanas, muitas vezes, sem uma consciente preocupação com o uso e ocupação do solo urbano, acarretando transformações no clima urbano e conseqüentemente, o desconforto no ambiente construído.

A cidade, como o resultado da ação antrópica sobre o meio, começa a ser um dos mais importantes objetos a ser modelado, justamente para evitar que se agravem, principalmente no nível local, os efeitos negativos das formas urbanas inadequadas à realidade, assim como de suas formas de uso.

O adensamento urbano, a forma e os materiais utilizados, muitas vezes inadequados à região, associados ao uso de condicionadores de ar para minorar o calor no interior das edificações em climas quentes, agrava ainda mais a situação das cidades, incrementando o consumo energético. Desta forma, a ventilação natural e o sombreamento da envolvente do edifício são as estratégias bioclimáticas de baixo custo energético, recomendadas para proporcionar o conforto térmico nos edifícios em climas quente-úmidos.

Reconhecendo-se que a problemática ambiental é inseparável da problemática social e da econômica, não se concebe o meio ambiente hoje, diferente de um sistema integral que engloba elementos físico-bióticos, sociais e econômicos.

Segundo Mascaró (2004), atualmente, o País está sendo marcado por várias contradições, onde estratégias conscientes de utilização dos recursos naturais esbarram em ações inconscientes relacionadas à luta pela sobrevivência ou à realização de interesses pessoais. Ainda destaca que a prática democrática deve se despojar dos interesses particulares e através de práticas ambientais e estratégias conscientes de utilização dos recursos naturais, alcançar níveis insignificantes de degradação ambiental.

Apropriando-se do projeto bioclimático que envolve o clima, o homem e o habitat, num processo de otimização entre o meio no qual se projeta, o habitante e a própria edificação (EVANS E SCHILLER, 1994), pretende-se alcançar, portanto, uma arquitetura que busca utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições



favoráveis do clima, com a intenção de satisfazer às exigências de conforto térmico do homem (OLGYAY, 1973).

A arquitetura bioclimática é apresentada como uma alternativa de solução possível e viável para as cidades. Segundo Pietrobon (1999), a conceituação de Arquitetura Bioclimática fundamenta-se na tríade vitruviana (*firmitas, utilitas y venustas*), pois se baseia em aspectos físicos, climático-ambientais e na relação com as diversas funções humanas. Define-a como o uso da tecnologia baseada na aplicação correta dos elementos arquitetônicos, com o intuito de fornecer ao ambiente edificado alto grau de conforto higrotérmico¹, com baixo consumo energético, ou seja, otimizar as relações energéticas com o ambiente natural circundante através do projeto arquitetônico.

Visando alcançar este projeto bioclimático, realizou-se um estudo do clima urbano e dos atributos da forma urbana, através de uma análise bioclimática, onde se investiga o comportamento das variáveis ambientais e a massa edificada, buscando uma classificação espacial de zonas microclimáticas, a fim de sugerir diretrizes específicas, que subsidiem o Plano Diretor do Campus Central da UFRN.

O Campus Central da UFRN está localizado na porção sul da cidade de Natal-RN, litoral oriental do Estado, onde o sítio é caracterizado por dunas e tabuleiros e o entorno constitui-se de área predominantemente residencial. Situado a sotavento do Parque das Dunas, numa região de sombra de vento, vem sofrendo significativo adensamento urbano nos últimos anos, o que, agregado à morfologia urbana e tipologias adotadas, tem contribuído para perceptíveis mudanças no microclima da região.

Tais mudanças são acentuadas pelo estilo característico da arquitetura utilizada no plano de implantação do Campus, que, afiliado a um ideal Brutalista², propunha a utilização abundante de concreto armado aparente e formas robustas, com materiais inadequados ao clima (TRIGUEIRO, 2005). O plano praticamente não levava em consideração as características climáticas locais, o que tornava o ambiente urbano dependente de condicionamento de ar para controlar e amenizar o clima no interior das edificações.

¹ Higrotérmico – relativo à temperatura e umidade relativa do ar.

² Brutalismo – Uma das vertentes da arquitetura modernista, que utiliza os materiais em estado bruto, isto é, a franqueza na exposição dos materiais e da estrutura da obra (LIMA, 2002).



O clima da região de estudo foi apreciado por Araújo, Martins, Araújo (1998), quanto ao potencial térmico energético e quanto ao teor de umidade do ar, tendo por parâmetros os objetivos de conforto higrotérmico, conservação de energia e minimização dos impactos ambientais negativos; e seus resultados serviram de base para esta pesquisa. Constataram que a região apresenta duas estações bem definidas, uma estação chuvosa e outra seca, a temperatura do ar é sempre elevada e a umidade relativa é alta, com intensa radiação solar e pequena amplitude térmica.

A presente dissertação de Mestrado em Arquitetura tem como objetivo principal realizar um estudo do microclima e dos atributos da forma urbana, numa perspectiva bioclimática para o Campus Central da UFRN.

Para atingir o objetivo, realiza-se primeiramente uma pesquisa minuciosa sobre clima, clima urbano, forma urbana, variáveis espaciais, ambientais, climáticas e sobre o clima da região de estudo.

Posteriormente, caracteriza-se a área objeto de estudo, com apreciação do plano inicial, da evolução urbana, da morfologia e tipologias adotadas, e do Plano Diretor em fase de homologação.

Dando continuidade à pesquisa, realiza-se uma análise bioclimática através das metodologias de Katzschner (1997), Oliveira (1993) e Bustos Romero (2001), e complementa-se esse estudo com a medição das variáveis ambientais e análise estatística do comportamento dessas variáveis.

Baseando-se nos resultados das análises realizadas, propõe-se uma classificação dos microclimas existentes e também, diretrizes e estratégias bioclimáticas, para subsidiar a implementação do Plano Diretor do Campus.

Sendo assim, pretende-se com esta pesquisa instigar a comunidade acadêmica para uma solução bioclimática no planejamento urbano do Campus, que, além de satisfazer aos requisitos próprios de um projeto arquitetônico e urbanístico qualquer, também responde aos fatores do meio ambiente, reduzindo o consumo energético, minimizando os impactos ambientais e conseqüentemente melhorando a qualidade de vida de seus usuários.

O problema é que o partido adotado e a forma urbana utilizadas para as edificações locais não foram suficientes para proporcionar conforto térmico



adequado ao clima da região, nem ventilação natural ideal, tornando assim o ambiente microclimático do Campus pouco agradável aos seus usuários.

Sendo assim, têm-se como hipóteses:

- Até que ponto a forma urbana influencia a formação de microclimas diferenciados na área objeto de estudo?
- Se existem diferenças nas variáveis ambientais entre as regiões mais densamente construídas no Campus?

O trabalho está dividido em etapas:

A primeira etapa trata da introdução ao trabalho, explica o problema, os objetivos, a justificativa, as hipóteses e as etapas da pesquisa.

A segunda etapa constitui o referencial teórico, realizado para embasar e ampliar os conhecimentos sobre bioclimatologia, os principais conceitos de clima, seus fatores e elementos climáticos; o clima urbano, os aspectos da forma urbana (o sítio, a massa edificada); estudos sobre conforto ambiental e ventilação urbana.

A terceira etapa trata do universo de estudo, com detalhamento dos elementos climáticos locais, normas e legislações que regem a cidade de Natal. Trata também do bairro de Lagoa Nova, onde se localiza o Campus Central da UFRN, área objeto de estudo, com sua caracterização, no qual se destaca o plano inicial, sua implantação e evolução. Observam-se detalhes da morfologia e das tipologias edilícias utilizadas na sua consolidação e realiza-se uma apreciação do Plano Diretor do Campus, em fase de homologação.

A quarta etapa compreende a metodologia utilizada, o percurso metodológico, os equipamentos de medição e incertezas experimentais.

A quinta etapa constitui a análise qualitativa da área objeto de estudo com aplicação das metodologias de Katzschner (1997) e Oliveira (1993). Na primeira, confeccionaram-se mapas de uso e ocupação do solo, de topografia, de gabarito das edificações, recobrimento do solo e áreas verdes; em seguida, aplicou-se a segunda metodologia, que complementa a primeira, fazendo uma análise dos atributos bioclimatizantes da forma urbana (formato, rugosidade, porosidade, permeabilidade, entre outros); sobrepondo-se essa análise aos mapas, identificaram-se áreas com características semelhantes, denominadas: áreas a



serem preservadas, áreas a serem conservadas e áreas a serem melhoradas. Após a divisão da área, partiu-se para escolha de pontos, que melhor caracterizassem cada uma dessas áreas.

A sexta etapa consta da análise quantitativa dos pontos, com aplicação da metodologia de Bustos Romero (2001), caracterização espacial e ambiental dos pontos de medição, apreciação das variáveis ambientais - temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, chuva, radiação ultravioleta e evapotranspiração. Consta também da análise estatística dos dados e avaliação dos resultados.

A sétima etapa constitui as recomendações e considerações finais sobre a pesquisa, com a discussão dos resultados, propondo diretrizes para futuras modificações e qualificação do microclima do Campus Central da UFRN.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo trata da pesquisa bibliográfica realizada acerca do microclima urbano, dos atributos da forma urbana e da bioclimatologia como qualificação para o ambiente construído. Serviu de embasamento teórico e enfoca o estado da arte dos elementos estudados, como os fatores e elementos climáticos globais e locais e o clima da região de estudo.

Climatologia é o estudo científico do clima. Interessando-se particularmente pelas aplicações práticas, com o intuito de descobrir, explicar e explorar o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos, visando ao benefício do homem (VIANELLO; ALVES, 2000, p. 379).

De acordo com Sorre (1951), clima compreende a série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar, em sua sucessão habitual. Cada um desses estados caracteriza-se pelas suas propriedades dinâmicas e estáticas, da coluna atmosférica, composição química, pressão, tensão dos gases, temperatura, grau de saturação, comportamento quanto aos raios solares, entre outros.

O clima, segundo Araújo, Martins, Araújo (1988, p.11) é um conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado. É um dos aspectos de suma importância e ao mesmo tempo, particular para cada região. Além de ser bastante variável, tanto no espaço quanto no tempo. Os elementos que o caracterizam podem afetar ao homem tanto diretamente, quanto com relação às atividades que desempenha.

Koenisberger et al (1997) conceituam o clima como uma integração no tempo, dos estados físicos do ambiente atmosférico característico do sítio. Complementado por Givoni (1976), o clima de certa região é determinado pelo padrão de variação dos elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano.

O Sistema que envolve o clima é muito complexo, entretanto, no sentido mais original, clima é um conceito usado para dividir o mundo em regiões que estabelecem parâmetros climáticos parecidos, as regiões climáticas, que podem ser classificadas com base na vegetação natural e precipitações, ou na dinâmica das massas de ar e temperatura.



Segundo Vianello e Alves (2000, p. 381), uma classificação considerada tradicional em climatologia é a de Köppen, que define: “clima é o somatório das condições atmosféricas que fazem um lugar da superfície terrestre ser mais ou menos habitável para os humanos, animais e plantas”. Seu método baseia-se na vegetação natural como melhor expressão do clima. Consiste na divisão do clima mundial em cinco grandes grupos e onze principais tipos, que são representados por letras maiúsculas e minúsculas.

Algumas limitações nessa classificação foram superadas em 1948 por Thornthwaite, com a introdução de um balanço hídrico. Ao fazê-lo, introduziu também o conceito de evapotranspiração potencial e propôs um método elaborado para a estimativa deste balanço. Ele comparou a evapotranspiração potencial com a precipitação, a fim de obter um índice de umidade. Com base neste índice de umidade, foram definidas subdivisões para os diversos tipos climáticos.

A classificação climática proposta por Thornthwaite baseia-se na estimativa da evapotranspiração potencial e da precipitação pluvial medida na mesma região, onde se estimam inúmeros outros parâmetros, inclusive o excesso e a deficiência hídrica. Com a obtenção destes parâmetros classifica-se o clima.

Outra classificação climática é proposta por Artur Strahler e baseia-se nas áreas da superfície terrestre controladas ou dominadas pelas massas de ar. Segundo o Anuário Estatístico do Brasil (IBGE, 2000), as massas de ar que interferem mais diretamente no Brasil são especialmente: a massa Equatorial Continental (mEc), a massa Equatorial Atlântica (mEa), a massa Tropical Continental (mTc) e massa Tropical Atlântica (mTa); e a massa Polar Atlântica (mPa), proporcionando as diferenciações climáticas.

No Brasil, segundo Strahler (1963 apud Simielli 2000) encontram-se: Clima Equatorial Úmido (na convergência dos ventos alísios), Clima Litorâneo Úmido (no litoral oriental), Clima Tropical alternadamente úmido e seco, Clima tropical tendendo a seco (pela irregularidade de ação das massas de ar) ou Clima Semi-árido, e Clima Subtropical Úmido. Nesta classificação, o clima de nossa área de estudo é do tipo litorâneo úmido.

O clima é resultante dos fatores climáticos globais, fatores climáticos locais e dos elementos climáticos.



2.1 FATORES CLIMÁTICOS GLOBAIS

Os fatores climáticos globais, segundo Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002) apud Costa (2003), são agentes causais que condicionam os elementos climáticos, determinam e dão origem ao clima, tais como: radiação solar, latitude, altitude, continentalidade, oceanidade e corrente oceânica.

- **Radiação Solar**

A radiação solar é considerada o fator climático mais importante, porque dela dependem direta ou indiretamente todas as outras variáveis. Consiste na energia transmitida pelo sol, na forma de ondas eletromagnéticas, varia com as estações do ano, com o ângulo de incidência, com a inclinação e direção da superfície receptora, com a hora do dia e com a latitude. Sua maior influência é na distribuição das temperaturas no globo. A energia solar não é distribuída igualmente sobre a Terra. Esta distribuição desigual é responsável pelas correntes oceânicas e pelos ventos que, transportando calor dos trópicos para os pólos, procuram atingir um balanço de energia.

As diferenças de temperatura na superfície devem-se principalmente à forma da Terra e aos movimentos de translação e rotação que ela descreve no espaço.

A forma da Terra faz com que a mesma quantidade de radiação ilumine e aqueça mais intensamente as porções da superfície próximas ao Equador do que aquelas próximas aos pólos.

O movimento de translação define a posição dos trópicos e faz com que os dois hemisférios terrestres recebam quantidades distintas de radiação solar ao longo do ano, caracterizando as estações do ano. Os Equinócios determinam a primavera e o outono. Ocorrem nos dias 21 de março e 23 de setembro, isto é, os hemisférios recebem a mesma radiação solar. Os Solstícios caracterizam o verão e o inverno em cada hemisfério. Acontecem nos dias 21 de junho e 21 de dezembro, portanto a radiação é maior no Hemisfério Norte ou Sul, respectivamente.

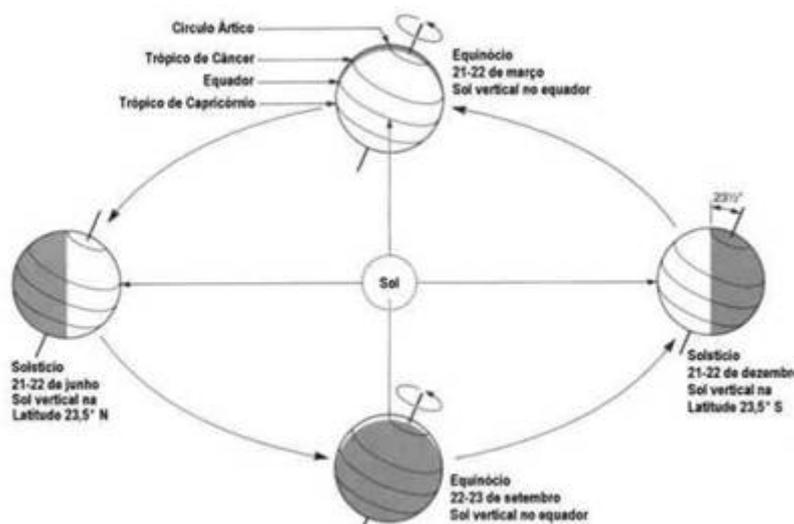


Fig. 1. Esquema da trajetória solar
Fonte: GRIMM, 2004.

O movimento de rotação da Terra determina a posição do sol no céu, portanto, o recebimento de radiação em qualquer localidade do Planeta varia bastante ao longo das 24 horas do dia. A altura do sol é máxima quando ele está no centro do céu por volta do meio dia, o zênite. Neste ponto, a energia que atinge a superfície é máxima. À altura do sol é mínima quando ele se põe no horizonte, o ocaso. Quando o sol está no ocaso a energia que atinge a superfície é mínima.

Embora a atmosfera seja muito transparente à radiação solar incidente, somente em torno de 25% penetra diretamente na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera, constituindo a insolação direta. O restante ou é refletido de volta para o espaço, ou absorvido, ou espalhado em volta, até atingir a superfície da Terra ou retorna ao espaço.

Na superfície da Terra, parte da energia recebida é absorvida e transformada em calor, e emitida na forma de radiação de ondas longas para o céu, contribuindo para elevar a temperatura do ar, do solo e objetos adjacentes. As outras parcelas são também desprendidas na forma de calor, por processos de evaporação e convecção.

No equador, onde a latitude é 0° , Fig. 2(a), a radiação solar apresenta impacto máximo sobre as superfícies horizontais - ganhos térmicos principalmente pelas coberturas. A medida que a latitude aumenta em direção aos pólos, a quantidade de radiação recebida diminui, Fig. 2 (b), até se tornar igual aos lados de uma edificação na latitude de 90° , Fig. 2 (c), Bustos Romero (2001) .

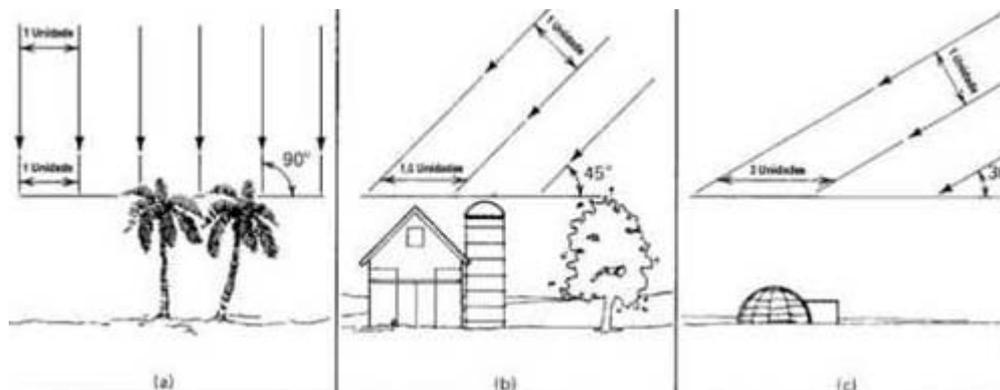


Fig. 2. Infográfico mostrando as variações na altura do Sol.
Fonte: GRIMM, 2004.

O sistema Terra-atmosfera está constantemente absorvendo radiação solar e emitindo sua própria radiação para o espaço. Numa média de longo prazo, as taxas de absorção e emissão são aproximadamente iguais, de modo que o sistema está muito próximo ao equilíbrio radiativo.

O piranômetro é o instrumento padrão para medida de intensidade da radiação solar que atinge uma superfície horizontal. Consiste de um sensor encerrado num hemisfério transparente, que transmite a insolação total (direta mais difusa) em onda curta, e é expressa em W/m^2 (watt por metro quadrado).

Existem duas outras faixas de radiação solar importantes: o infravermelho (utilizado em medicina) e o ultravioleta.

A radiação ultravioleta (UV) é a radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 100nm e 400 nm (nanomicron) e é emitida nas formas de UV-A, UV-B e UV-C. As radiações UV-A e UV-B sofrem absorção pelo ozônio (O_3) estratosférico. A UV-A é importante para sintetizar a vitamina D no Organismo, e a UV-B é prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras, e, em longo prazo, ambas causam câncer de pele, catarata e envelhecimento precoce. A UV-C é completamente absorvida pelo oxigênio (O_2) e ozônio (O_3) estratosférico (KIRCHHOFF, 1995).

O índice ultravioleta (UV index) é um parâmetro usado para definir a intensidade da radiação (UV-B) a que o homem está exposto. Para tanto foram definidos, segundo Kirchhoff (1995), 15 degraus (alguns autores consideram 16



degraus), sendo que o índice 15 corresponde ao mais intenso (nível correspondente ao pico do verão ao meio dia). A Fig. 3 mostra os índices de 0 a 16 e os intervalos de tempo em minutos, para exposição sem perigo de queima, para o mais sensível e o menos sensível dos pacientes.

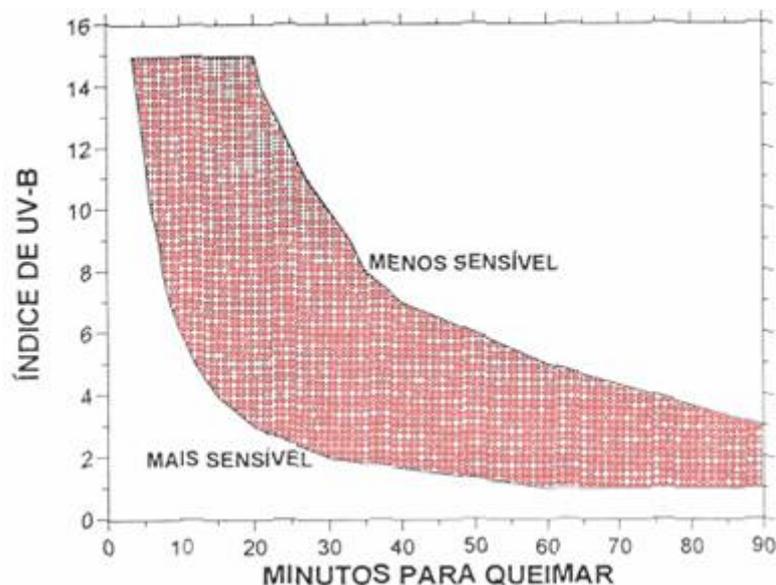


Fig. 3. Gráfico dos índices de UV-B e o tempo necessário para queimar a pele. Fonte: KIRCHHOFF (1995, p.22).

As radiações ultravioletas são medidas através de radiômetros do tipo biômetro.

- **Latitude**

A latitude astronômica de um ponto é dada pelo ângulo em graus, entre a vertical naquele ponto e o plano equatorial. Variando de 0° (paralelo de origem) a 90° (pólo norte ou sul), com o sinal positivo para o Hemisfério Norte e negativo para o Hemisfério Sul.

Há quatro paralelos principais: o Trópico de Câncer, o Trópico de Capricórnio, o Círculo Polar Ártico e o Círculo Polar Antártico. Estes paralelos delimitam as zonas de iluminação da Terra e caracterizam a circulação geral da atmosfera.

A latitude do lugar e o período do ano determinam a duração da luz do dia, que é diferente de região para região. Latitudes mais altas (próximo aos pólos) terão duração da luz do dia maiores nos períodos de verão e menores nos períodos de inverno. Latitudes mais baixas (próximas do Equador) terão duração da luz do dia com menores alterações entre o inverno e o verão.



- **Altitude**

É a distância vertical de um ponto na superfície da Terra até uma superfície de referência, geralmente o nível médio da água do mar. Mantidos invariáveis os outros fatores climáticos, o aumento da altitude ocasiona diminuição da temperatura na troposfera em cerca de 6,5°C a cada quilômetro, em consequência da rarefação do ar e da diminuição da pressão atmosférica.

Segundo Bustos Romero (1988, p. 26), a altitude é um dos fatores que exerce maior influência sobre a temperatura. “Ao aumentar a altura, o ar está menos carregado de partículas sólidas e líquidas, e são justamente estas partículas que absorvem as radiações solares e as difundem aumentando a temperatura do ar”.

Há porém, em grandes centros urbanos, ocasiões durante a noite, em que a temperatura do ar aumenta com a altitude, acarretando o fenômeno da inversão térmica. Isso ocorre devido à inércia térmica dos materiais que se encontra nas cidades (concreto, asfalto, fibrocimento), pois passam o dia absorvendo calor e a noite emitindo o acumulado de volta para a atmosfera. Este fenômeno acentua a formação de ilhas de calor.

- **Longitude**

Segundo Fitch (1971) *in* Bustos Romero (1988), a longitude não possui a mesma importância que a latitude com relação ao clima, pois se refere muito mais à localização do que ao clima.

Atualmente, a latitude, a longitude e a altitude de qualquer ponto do Planeta podem ser medidos através do GPS (*Global Positioning System*) ou Sistema de Posicionamento Global. Esses dados são fornecidos através de um sistema de 24 satélites lançados pelos Estados Unidos para proporcionar navegação por triangulação de ondas de rádio. A precisão da determinação das coordenadas espaciais depende muito da configuração geométrica de no mínimo quatro satélites específicos usados na determinação.

- **Oceanidade e Continentalidade**

A continentalidade e a oceanidade (maritimidade) interferem diretamente na temperatura do ar nas diversas regiões da Terra, devido a não uniformidade de distribuição de massas de água e terra pelo globo.



Segundo Bustos Romero (1988), massas diferenciadas de água e terra produzem um impacto característico no clima, devido à diferente capacidade de armazenagem de calor da água e da terra, sendo que a água possui o mais alto calor específico, isto é, a acumulação de calor é muito menor na água que na terra. O efeito de qualquer corpo d'água sobre seu entorno imediato reduz as temperaturas extremas diurnas e estacionais; grandes massas d'água possuem um pronunciado efeito estabilizador.

O Hemisfério Sul, mais oceânico, possui oscilações mais regulares, menos bruscas e menor amplitude térmica.

- **Correntes Oceânicas**

São correntes de água que, mantendo características físicas diferentes do restante das águas adjacentes, se movem de maneira organizada dentro do próprio oceano. Ocorrem pela movimentação contínua das águas oceânicas, em função de diferenças de densidade, causada por diferenças de temperatura e de salinidade, e pela rotação da terra (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002 apud COSTA, 2003).

As correntes marinhas exercem influência sobre os climas. Correntes quentes elevam as temperaturas médias das áreas costeiras próximas ao seu percurso. Correntes frias influenciam a distribuição das chuvas, resfriando os ventos que passam sobre o mar e reduzindo a evaporação da água.

2.2 FATORES CLIMÁTICOS LOCAIS

Fatores climáticos locais são “fatores que condicionam, determinam e dão origem ao microclima, isto é, ao clima que se verifica num ponto restrito (cidade, bairro, rua etc.), tais como a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído” (BUSTOS ROMERO, 2001, p.30).

- **Topografia**

Topografia é a ciência que trata do estudo da reprodução detalhada de uma porção da superfície terrestre, isto é, trata da representação geomorfológica dos aspectos naturais e artificiais de um local ou região. Define com precisão: medidas



de área; variação de níveis; locação; loteamento; cadastro e cubagem de terra ou aterro.

A forma da superfície terrestre afeta particularmente o microclima da região. Segundo Bustos Romero (2001) “Na topografia devem ser consideradas: a declividade, a orientação, a exposição e a elevação das ondulações da superfície da terra”, porque fluxos de ar podem ser desviados ou canalizados por essas ondulações, assim como, a força, a direção e o conteúdo desses fluxos, estão influenciados pela topografia.

Oliveira (1993) afirma que a declividade de um terreno determina maiores ou menores trocas de calor com o ambiente climático. Quanto maior a declividade, maior a superfície de contato com o meio, relativamente a sua projeção no plano horizontal; conseqüentemente são maiores as trocas térmicas. Isto é, o ângulo de inclinação da encosta e a altura do sol determinam a quantidade de radiação solar recebida pela superfície.

Atualmente, imagens de satélite e fotos aéreas oferecem tecnologia de ponta na planificação das altitudes.

- **Vegetação**

A vegetação é geralmente utilizada como elemento principal para definir os grandes ecossistemas terrestres. As quantidades de luz, calor e água disponíveis, são os fatores mais importantes na distribuição dos tipos de plantas nas terras.

As zonas intertropicais reúnem as condições para o máximo desenvolvimento das plantas. São zonas intensamente iluminadas pelo sol e que recebem chuvas constantes, devido ao mecanismo dos ventos alísios. Nelas aparecem um grande número de espécies vegetais e animais.

Segundo Bustos Romero (1988), a vegetação contribui de forma significativa ao estabelecimento de microclimas, auxiliando na diminuição da temperatura do ar, absorvendo energia na fotossíntese, favorecendo a manutenção do ciclo de renovação do ar; enfim, estabilizando os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos, reduzindo os extremos ambientais.

De acordo com Mascaró (1996), áreas verdes das cidades atuam sobre os elementos climáticos, contribuindo com o controle da radiação solar, temperatura e



umidade do ar, ação dos ventos e chuva, além de amenizar a poluição, em microclimas urbanos.

Em locais arborizados, a vegetação pode interceptar parte da radiação solar, dependendo da densidade de suas folhagens e das copas de suas árvores. Essa redução da temperatura da superfície do solo, abaixo de grupamentos arbóreos, acontece porque a vegetação absorve parte da radiação solar para seu metabolismo (fotossíntese), outra parte é refletida, e o movimento de ar entre as folhas retira parte do calor absorvido pelo sol (Fig. 4).

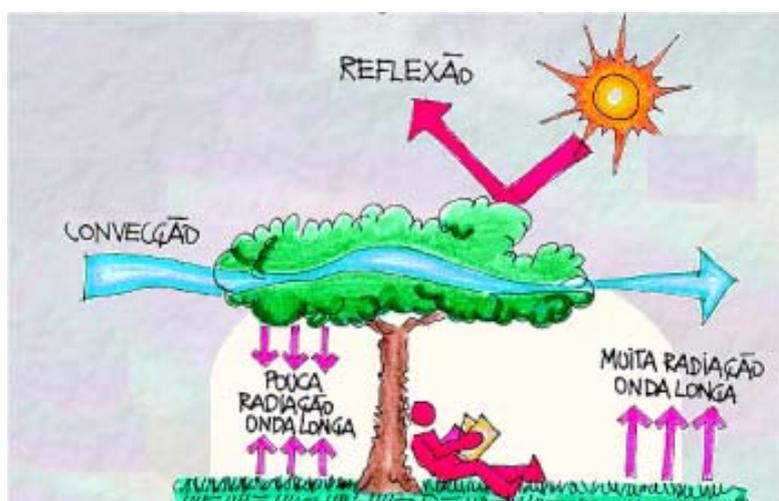


Fig. 4. Esquema de transmissão da radiação solar na cobertura arbórea.
Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA (1997).

As características do lugar como permeabilidade e perfil do recinto, orientação aos ventos dominantes, adensamento e gabarito das edificações; determinam o desempenho da vegetação com relação à ventilação, estabelecendo efeitos de canalização, obstrução ou filtro de poeiras e contaminantes, conforme a espécie arbórea. As árvores acrescentam ao recinto urbano tanto mais capacidade térmica, quanto mais massa se inclui, aumentando sua inércia e provocando queda diurna das variações de temperatura (MASCARÓ; MASCARÓ, 2002).

Como as estruturas urbanas são construídas com materiais que absorvem a energia solar e reirradiam em direção a outras superfícies, como muros, telhados, e ruas, também refletoras, conclui-se que, quanto maior o número de espaços verdes distribuídos entre essas áreas para absorção da energia irradiada, maior será a troca



térmica entre eles, e conseqüentemente menor será a temperatura do ar no clima urbano dessas regiões.

- **Superfície do Solo**

A superfície do solo pode ser analisada sob dois aspectos: solo natural e solo construído. O solo natural revela seu potencial hídrico, presença de areias e cascalhos para drenagens, filtrações e erosões, além da capacidade térmica. Estas informações são fundamentais para determinar os índices de reflexão ou absorção do solo.

No que concerne ao solo construído ou modificado pela ação do homem, destaca-se a urbanização. Conforme Bustos Romero (1988), ao se substituir por construções e ruas pavimentadas, a cobertura vegetal natural, altera-se o equilíbrio do microambiente, produzindo distúrbios no ciclo térmico diário, devido às diferenças existentes entre a radiação solar recebida pelas superfícies construídas, e a capacidade de armazenar calor dos materiais de construção. Portanto, as áreas edificadas absorvem calor durante o dia e o reirradiam durante a noite.

A natureza da superfície (por exemplo, concreto ou grama) atua diretamente na absorção e na reflexão da radiação recebida, na emissão da radiação de onda longa e conseqüentemente, na temperatura e nos graus-dias de climatização, além da impermeabilização à chuva.

A radiação de onda curta refletida pelo solo e pelo entorno depende das características da superfície refletora (albedo). O albedo é uma variável dimensional, relativa a cada tipo de superfície refletora. Quanto maior o albedo, maior a capacidade da superfície em refletir a radiação – uma superfície gramada, por exemplo, tem albedo de 0,2, que significa que apenas 20% da radiação solar incidente é refletida.

O armazenamento de calor e sua conseqüente emissão para a atmosfera são significativamente maiores para o asfalto do que para os solos de concreto ou sem pavimento. Assim também, as superfícies urbanas armazenam energia durante o dia para reirradiá-la à noite, tornando as temperaturas noturnas das cidades mais altas.



2.3 ELEMENTOS DO CLIMA

Os elementos climáticos são grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características peculiares. Os principais elementos climáticos são: temperatura, umidade, chuva, vento, nuvens, pressão atmosférica e insolação. Variam no tempo e no espaço e são influenciados pelos fatores climáticos (VIANELLO, ALVES, 2000, p. 382).

- **Temperatura**

A temperatura do ar é a resultante do aquecimento e resfriamento da superfície da terra, por processos indiretos, visto que o ar é transparente à propagação das ondas eletromagnéticas, como a radiação solar. Fenômenos como evaporação, convecção, condução e emissão de radiação de ondas longas constituem o balanço térmico da superfície terrestre.

A distribuição da temperatura na terra varia com a latitude, as massas de água e terra, o relevo, a natureza das superfícies, as correntes oceânicas, os ventos predominantes e outros fatores.

Segundo Vianello, Alves (2000, p. 120) a variação diária da temperatura do ar está diretamente relacionada com a chegada de energia solar e o conseqüente aquecimento do solo. Existe uma defasagem entre a máxima temperatura da superfície do solo e a do ar, sendo que tal defasagem aumenta com o afastamento da superfície. À noite, os processos radiantes provocam um contínuo resfriamento do solo, chegando à inversão dos fluxos, ou seja, a atmosfera mais aquecida passa a transferir calor para o solo. A inversão de temperatura pode formar-se por subsidência de ar, grande resfriamento radiativo ou advecção de massas de ar. A inversão pode ocorrer para cima ou sobre a superfície. Como os poluentes são geralmente adicionados ao ar a partir da superfície, a inversão de temperatura os confina às camadas mais baixas, até que a inversão se dissipe.

A temperatura na superfície varia bastante ao longo das 24 horas do dia devido ao movimento de rotação. Geralmente o período mais quente é o início da tarde, quando o Sol está perto do alto do céu e a terra já recebeu toda radiação da manhã. O período mais frio costuma ser o final da madrugada, pois o Planeta perdeu calor durante toda à noite.



O calor ganho na camada mais baixa da atmosfera através de radiação ou condução é mais frequentemente transferido por convecção. A convecção somente ocorre em líquidos e gases, e consiste na transferência de calor dentro de um fluido, através de movimentos do próprio fluido. A convecção ocorre como consequência de diferenças na densidade do ar. O ar quente é menos denso que o ar frio, de modo que o ar frio desce e força o ar mais quente a subir. Desta forma, a circulação convectiva do ar transporta calor verticalmente da superfície da Terra para a troposfera, sendo responsável pela redistribuição de calor das regiões equatoriais para os pólos. O calor é também transportado horizontalmente na atmosfera, por movimentos convectivos horizontais, conhecidos por advecção.

Amplitudes térmicas são oscilações térmicas e dependem da natureza do clima. Em geral, os climas secos, com pouca nebulosidade, possuem maior amplitude.

As variações sazonais da temperatura aumentam com a latitude e com o grau de continentalidade. De uma maneira geral, a uniformidade térmica é mais forte em torno do Equador e diminui na direção dos pólos, com a crescente latitude.

O instrumento usual para monitorar variações na temperatura do ar é o termômetro. As temperaturas são medidas em escalas. As escalas mais usadas são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin (ou absoluta).

- **Umidade**

Umidade é o termo geral usado para descrever a presença de vapor d'água no ar. O índice mais utilizado na literatura técnica para descrever este conteúdo de vapor d'água é a umidade relativa. A umidade relativa indica quão próximo o ar está da saturação, ao invés de indicar a real quantidade de vapor d'água no ar.

As variações da umidade relativa do ar estão mais relacionadas com a pressão de vapor d'água e com a temperatura. A marcha semanal da umidade relativa do ar segue uma periodicidade inversa à temperatura, quando a temperatura é máxima a umidade relativa é mínima, e vice-versa.

Para medir umidade relativa usam-se higrômetros. Um dos mais simples é o psicrômetro. Atualmente o higrômetro elétrico é o mais utilizado, contendo um condutor elétrico coberto com uma camada de produto químico absorvente; baseia-



se no princípio de que a passagem de corrente varia à medida que varia a umidade relativa, dada em porcentagem (%).

- **Chuva ou Precipitação Pluvial**

Chuva é a principal forma pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre, após os processos de evaporação e condensação, completando assim o ciclo hidrológico.

Ciclo hidrológico consiste na circulação incessante da água entre seus reservatórios: oceânico, terrestre e atmosférico. É um sistema gigantesco, alimentado com a energia do Sol, no qual a atmosfera funciona como um elo vital que une os reservatórios oceânico e terrestre.

A evaporação das águas pluviais é maior nas superfícies impermeáveis, construídas pelo homem (por exemplo, ruas e calçadas), do que nas superfícies cobertas pela vegetação, onde a chuva é absorvida pelo solo.

Dispositivos são usados para medir pequenas quantidades de chuva mais precisamente, assim como, para reduzir perdas por evaporação. O pluviômetro tem um diâmetro em torno de 20 cm no topo. Quando a água é recolhida, um funil a conduz a uma pequena abertura num tubo de medida cilíndrico que tem área de seção reta de somente um décimo da área do coletor em milímetros (mm).

Segundo Vianello e Alves (2000, p. 399), evapotranspiração potencial é a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo por uma cultura verde, de pequeno porte, cobrindo completamente o solo, de altura uniforme e não submetida a quaisquer restrições d'água. É uma quantidade que pode ser obtida em função da temperatura do ar e da duração do dia. Sua unidade de medida é o milímetro (mm).

- **Pressão Atmosférica**

O ar exerce uma força sobre as superfícies com as quais tem contato, devido ao contínuo bombardeamento das moléculas que compõem o ar contra tais superfícies. A pressão do ar é uma medida de tal força por unidade de área. Portanto, a pressão atmosférica em uma dada posição é usualmente definida como o peso por unidade de área da coluna de ar acima desta posição. A pressão varia



com a aceleração gravitacional, com a densidade do ar e, conseqüentemente, com a temperatura.

No nível do mar uma coluna padrão de ar com base de 1 cm² pesa um pouco mais que 1 kg. A pressão atmosférica média no nível do mar mede 760 mmHg. A pressão do ar em qualquer ponto não atua apenas para baixo, mas é a mesma em todas as direções. À medida que a altitude aumenta, a pressão diminui, pois diminui o peso da coluna de ar acima. Como o ar é compressível, diminui também a densidade. Inversamente, quando a altitude diminui, aumenta a pressão e a densidade.

A pressão atmosférica é medida com o barômetro e as unidades mais utilizadas são mmHg (milímetro de mercúrio), mb (milibar) ou hPa (hectopascal).

- **Ventos**

Os ventos se formam pelo deslocamento de ar de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão. Vento é o movimento do ar na horizontal, que se estabelece entre pontos da superfície terrestre, sempre que houver uma diferença de pressão entre eles. Os ventos sempre sopram da alta pressão para a baixa. E em termos de temperatura, sopram da baixa para a alta temperatura

Segundo Faria (1997), o movimento do ar resultante da conversão de energia térmica em energia cinética é alterado por diversos fatores, dependendo da escala de estudo: inicialmente, o movimento do ar é desviado pelo movimento de rotação da Terra, que causa um gradiente de velocidades superficiais do Equador para os pólos; em outras escalas, gradientes térmicos pontuais e diferenças de rugosidade causam perturbações diversas no movimento.

Os ventos que constituem a circulação atmosférica global são massas de ar que se deslocam permanentemente, atravessam grandes distâncias e conduzem calor entre as zonas equatorial e subtropical; esses ventos são chamados de alísios e contra-alísios (Fig. 5).

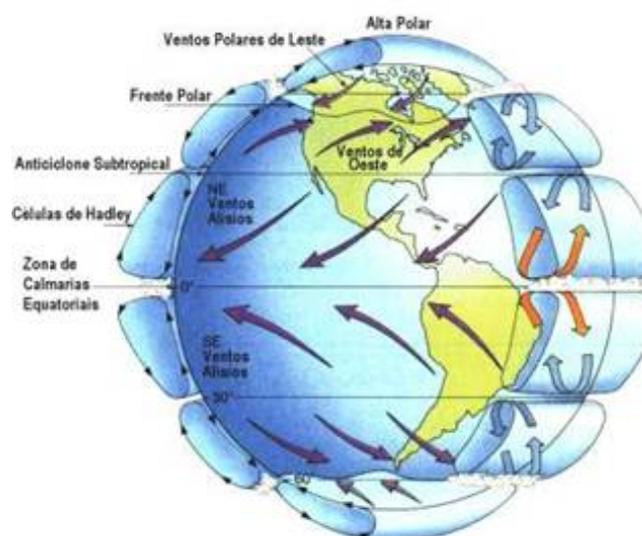


Fig. 5. Ilustração da Circulação Global Idealizada no Modelo de Três Células
Fonte: GRIMM, 2004.

Nas latitudes médias, onde ocorrem as divisões da circulação geral, geralmente verificamos a presença de ciclones e anticiclones. Esses movimentos verticais giratórios, que atuam como centros de turbulências atmosféricas, têm sua posição longitudinal definida pela descontinuidade das massas de terra e água, e sua posição em relação à latitude é alterada ao longo do ano, em função da mudança de exposição dos hemisférios à radiação solar. As alterações provocadas na circulação geral pelos ciclones e anticiclones recebem o nome de circulação secundária.

Os ventos superficiais, segundo Oke (1987), trocam propriedades de energia e massa, com as superfícies; sendo assim, as características de temperatura, umidade, quantidade de material particulado, velocidade e direção dos ventos, dependem das características locais. Portanto, mudanças nessas características podem ser produzidas devido à descontinuidade no terreno ou na topografia da superfície.

As massas de ar litorâneas são ventos superficiais que se deslocam entre o mar e a terra, constituem os ventos locais e contribuem para o equilíbrio térmico da área onde atuam. Durante a noite, o calor do mar é conduzido para o continente. Durante o dia, o calor continental é conduzido para o mar. Dessa forma, a amplitude térmica de cidades no litoral (como é o caso da região de estudo) costuma ser amenizada pela presença do mar. Sendo assim, constatamos que os fenômenos



térmicos dão origem as brisas locais, na ausência de ventos ou na ocorrência de ventos fracos (Fig. 6).



Fig. 6. Ilustração dos ventos superficiais (Brisa marinha e terrestre).
Fonte: MAGNOLI (2000).

Faria (1997) afirma que a descontinuidade do tipo de superfície provoca trocas de calor e de teor do vapor d'água, o que ocasiona mudanças no perfil vertical de velocidades.

Segundo Oke (1987), qualquer elemento topográfico (colina, vale, depressão, rocha, crista etc.) causa perturbações no padrão do fluxo de ar. Dessa forma, o vento de cada paisagem é único. Acrescenta-se a esses elementos topográficos, outros elementos do contexto urbano, como: edifícios altos, espelhos d'água, adensamento de edificações, árvores, elementos urbanos, praças, fontes d'água, dentre outros, que também provocam perturbações no fluxo de ar.

Pode-se afirmar que diferenças de temperatura localizadas em superfícies distintas (terra e água) ou em níveis topográficos distintos (topo e fundo de vale) dão origem a brisas locais, quando os ventos regionais são fracos ou na ausência deles. Nessas situações, são bastante conhecidos, entre outros, as brisas de mar ou de lagos, e de terra, ventos vale acima (anabático) e vale abaixo (catábatico). Em situações de alteração na rugosidade, ocorrem também, no plano horizontal, fenômenos de mudança de direção do fluxo; quando a rugosidade aumenta, o fluxo é desviado para a direção de menor pressão e vice-versa.

Esse movimento natural do ar é importante para aumentar a troca de calor entre o homem e o meio ambiente, além de servir para aeração nos ambientes



construídos, aquecidos pela radiação solar, principalmente em regiões tropicais úmidas e subtropicais.

Dentre os instrumentos de medição do vento existem três que são bastante empregados: Catavento tipo *Wild*, anemômetro de canecas e anemógrafo universal. O anemômetro de canecas dá uma medida precisa da velocidade horizontal do vento. O vento gira as canecas, gerando uma fraca corrente elétrica, que é calibrada em unidades de velocidade. A velocidade é indicada num mostrador. O anemógrafo universal registra tanto a direção como a velocidade do vento.

A direção dos ventos é denominada a partir do ponto cardinal de onde eles se originam: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste(O) e Noroeste (NO). As velocidades dos ventos são comumente medidas em kt, km/h, m/s, ft/min.

- **Nuvens**

As nuvens são manifestações visíveis da condensação e deposição de vapor d'água na atmosfera. São definidas como conjuntos visíveis de minúsculas gotículas de água ou cristais de gelo, ou uma mistura de ambos. As nuvens são classificadas pela aparência (*cirrus*, *cumulus* e *stratus*) e pela altitude (altas, médias, baixas e nuvens com desenvolvimento vertical).

Quanto à nebulosidade, refere-se do recobrimento e espessura das nuvens no céu, que impedem ou permitem a penetração da radiação solar direta, como também, podem dificultar a dissipação de calor do solo e da malha urbana durante a noite.

Existem modelos padrões que representam alguns tipos de céu: céu limpo (claro), céu parcialmente nublado (anisotrópico) e o céu nublado (isotrópico). A nebulosidade é definida em oitavas ou décimos do céu.

2.4 CLIMA URBANO

“O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95).



De acordo com Monteiro & Mendonça (2003, p. 76),

A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Segundo Bustos Romero (2001), “*Os efeitos da urbanização são negativos, na maioria dos casos*”, devido ao excesso de recobrimento do solo, à existência na atmosfera urbana de diferentes gases contaminantes, ao aumento da temperatura em razão da utilização de materiais de construção que incrementam a difusão do calor e dos menores índices de evaporação. Tais efeitos podem alterar a saúde física e mental da população.

De acordo com Monteiro (1990), o clima urbano surge como maior expressão de poder de decisão do homem sobre as características atmosféricas e ecológicas de um lugar.

Portanto, o estudo do clima urbano é de fundamental importância para a arquitetura e o planejamento urbano, porque sua forma e distribuição das ruas, sua topografia, o tipo de uso das edificações, a diferença de alturas, o tipo de recobrimento do solo, assim como a existência de áreas verdes, condicionam e caracterizam o clima das cidades, configurando a qualidade ambiental urbana.

Atualmente, vêm sendo consideradas algumas características da morfologia das cidades que podem afetar o clima urbano, e como essa morfologia pode ser melhorada pelo planejamento e desenho urbano.

Alguns elementos da forma urbana, como topografia, vegetação e tipo de recobrimento do solo, são considerados fatores climáticos locais. Outros atributos da forma que caracterizam o clima urbano são: a morfologia e os arranjos das cidades, o uso do solo, a altura dos edifícios, rugosidade, porosidade e permeabilidade.

- **Morfologia**

Estudo das formas ou morfologia é um conceito relacionado à imagem e à leitura que os indivíduos fazem dos objetos arquitetônicos e urbanos (edifícios, praças, ruas, cheios e vazios). Segundo Lamas (1989), é a disciplina que estuda o



objeto, a forma urbana, nas suas características exteriores, físicas, e na sua evolução no tempo.

Morfologia urbana, segundo Samuels apud Del Rio (1990, p. 71), é o estudo analítico da produção e modificação da forma urbana no tempo”. Portanto, estuda as características urbanas e seus elementos construídos formadores, através de sua evolução, transformações, inter-relações e dos processos sociais que o geraram.

Na realização de análises morfológicas de sítios urbanos, geralmente utiliza-se o método de projeção vertical de figura-fundo idealizado por Giovan Battista Nolli³, método de grande valia na identificação de domínios público, semi-público, e outras relações morfológicas, como distâncias e acessibilidade, e a relação entre cheios e vazios (DEL RIO, 1990).

A forma urbana, segundo Oliveira (1993), é o produto das relações estabelecidas pelo homem entre a morfologia da massa edificada e a morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação, e entre essas e a morfologia do solo/paisagem.

A forma do espaço tem grande influência no conforto do ambiente construído e no seu consumo de energia, pois interfere diretamente nos ventos locais, na quantidade de luz e calor armazenado pelas construções, contribuindo para o desempenho energético e bioclimático das áreas urbanas e, segundo Oke (1987), interfere nos ventos locais, enquanto que o material utilizado nas construções altera o balanço energético, criando gradientes térmicos entre cidade e campo.

Pode-se perceber que as cidades são mais quentes que seu entorno. Essa diferença de temperatura ocorre devido à capacidade térmica dos materiais de construção causar acúmulo de energia, ao passo que no entorno, a vegetação de cobertura ameniza as temperaturas, devido à fotossíntese. Essa diferença de temperatura provoca efeitos que, algumas vezes, ocasiona o fenômeno da ilha de calor urbana (Fig. 7).

³ Giovan Battista NOLLI – recebeu em 1748 a incumbência do Papa Clemente XII de desenhar um mapa completo de Roma (GRAVES apud DEL RIO, 1990, p. 74).

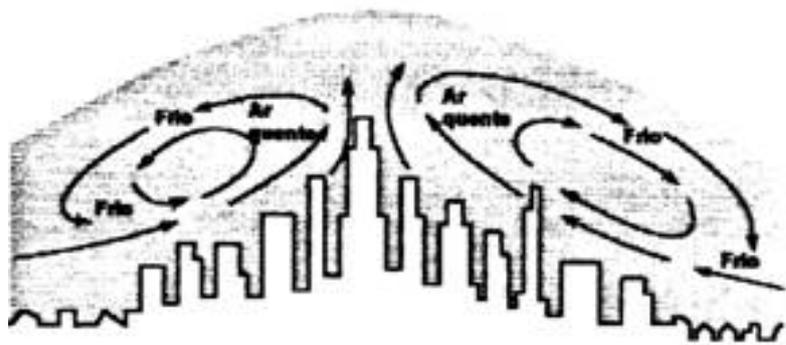


Fig. 7. Infográfico do efeito chaminé.
Fonte: Paterson apud Faria 1997

Segundo Oke (1987), ilha de calor é um fenômeno resultante das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera, pela urbanização (Fig. 8).



Fig. 8. Ilustração do fenômeno ilha de calor (SP)
Fonte: INPE, 2003

Outro efeito comum nos centros urbanos é a ventilação cruzada, que resulta do movimento do fluxo de ar entre dois pontos, ou seja, o vento cruza a área edificada (Fig. 9).

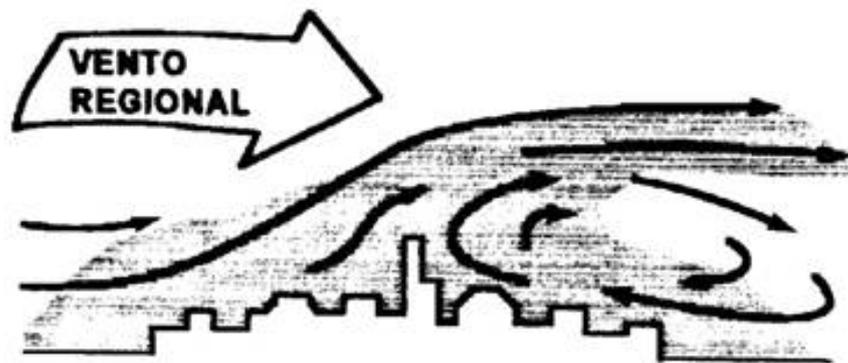


Fig. 9. Infográfico da ventilação cruzada nas cidades.
Fonte: Paterson apud Faria, 1997.

A ventilação cruzada nas cidades é ocasionada pelo escoamento dos ventos predominantes ou regionais em uma direção; carreando os poluentes e arejando os recintos. Conforme sua intensidade, é o tipo de ventilação desejada em climas quentes, onde o vento age como fluido de refrigeração de ambientes urbanos, contribuindo para o conforto térmico de seus habitantes (CARMONA apud FARIA 1997).

- **Arranjos das Cidades**

Os arranjos das cidades constituem a conformação e distribuição das edificações no sítio. Segundo Oliveira (1993), formas mais compactas, tipo círculo e quadrado, são mais conservadoras de energia, com uma área central e cordões periféricos mais propícios à formação de ilhas de calor; ao passo que formas alongadas, tentaculares e nucleadas, oferecerão maiores possibilidades de trocas térmicas com o meio circundante, tornando o clima mais agradável.

Segundo Bustos Romero (1988), o aproveitamento da ventilação urbana nos climas das regiões tropicais é fundamental, e vai depender do meio, que pode alterar as características próprias do vento dominante. O movimento do ar no meio urbano está em relação direta com as massas edificadas, a forma destas, suas dimensões e sua justaposição.

Blessmann (1990) afirma que a quantidade e a forma da massa edificada constitui considerável obstáculo para o escoamento do fluxo de ar sem grandes turbulências. Como consequência desse processo, a velocidade do vento que incide



nas aberturas e nos espaços construídos dependerá da configuração espacial do entorno.

Olgay (1973) realizou estudos em túnel de vento e analisou os resultados, nos quais verificou que para uma mesma direção dos ventos, o arranjo do tipo tabuleiro de damas, produz uma sombra de vento menor em relação aos outros arranjos do tipo xadrez. Constatou também que a altura e a densidade dos edifícios influem na turbulência superficial, pois nas áreas com edificações baixas, a turbulência é pequena, crescendo com o aumento de altura dos edifícios.

- **Gabarito ou altura dos edifícios**

Gabarito numa construção é o conjunto dos parâmetros de ocupação a serem respeitados, especificamente, o número máximo de pavimentos, e que são estipulados por legislação (FERREIRA, 1986).

De acordo com Givoni (1998), edifícios altos com recuo entre si terão condições de ventilação melhor que edifícios baixos com pouco recuo. Entretanto, a altura dos edifícios (além da forma) define a profundidade da esteira (sombra de vento), o que altera essas condições.

Costa (2000) apresenta como aspectos positivos da verticalização: otimização do uso do solo, amenidades provenientes do clima das alturas, racionalização dos custos da habitação, minimização de distâncias e segurança; e como aspectos negativos: a destruição de ambientes naturais, descaracterização do sítio, sobrecarga na infra-estrutura, aumento da área exposta à radiação, a impermeabilização dos solos e o comprometimento do lençol freático.

- **Rugosidade**

Oliveira (1993) afirma que o grau de rugosidade da forma urbana depende de três elementos principais: diversidade de alturas das edificações, índice de fragmentação das áreas construídas e diferencial de alturas encontradas.

A diversidade de alturas consiste na quantidade de diferentes alturas na forma urbana. Segundo Villas Boas (1983 apud Oliveira 1993), a diversidade de alturas contribui para melhores condições de conforto térmico e qualidade do ar, porque edifícios altos localizados entre edifícios baixos permitem melhor escoamento dos ventos, do que edifícios com a mesma altura.



Quanto ao índice de fragmentação, constitui-se o grau de compacidade ou de fragmentação da forma urbana. Conforme Oliveira (1993), a inércia térmica, a diferença de pressão e a fricção governam o movimento das massas de ar; portanto, a compacidade ou fragmentação da forma urbana permitirá ou não a permeabilidade aos ventos. Bittencourt (1998) complementa ao afirmar que edifícios implantados muito próximos entre si causam prejuízos às edificações posteriores a eles.

No que diz respeito ao diferencial de alturas, consiste nas diferenças entre as alturas da forma urbana e de acordo com seu índice de repetição caracterizam a rugosidade. Bittencourt (1998) determina que à medida que se aumenta a altura do edifício deve-se aumentar a dimensão dos recuos laterais, permitindo assim uma melhor circulação do ar na malha urbana.

Relacionados a essa variação da rugosidade, teremos perfis típicos da velocidade média em altura para diferentes tipos de situação urbana. É o que se chama “Gradiente de Velocidade do Vento” (MASCARÓ, 1996). Portanto, gradiente de velocidade do vento é a variação da velocidade do vento com a altura e tem seu perfil definido em função do índice de rugosidade do solo (SARAIVA apud COSTA, 2001). Esta variação apresenta perfis típicos de velocidade média em altura para diferentes tipos de rugosidade de terreno, massas de água, áreas rurais, campos abertos ou centro de grandes cidades (Fig. 10).

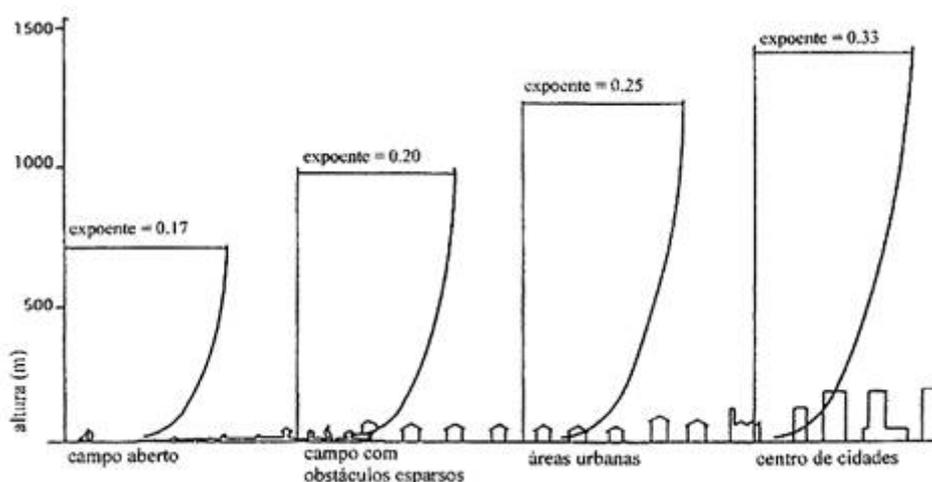


Fig. 10. Infográfico da influência da rugosidade no gradiente de ventilação. Fonte: Adaptado de Jackman apud Bittencourt, 1993.



De acordo com Bustos Romero (1988), a ventilação é a variável climática imprescindível para realizar as trocas energéticas da malha urbana e dos edifícios com o meio, sendo porém a “rugosidade” um dos quesitos mais importantes a ser levado em conta, pois esse fator altera a “altura” da camada limite. Atribuídos a essa variação da rugosidade teremos perfis típicos da velocidade média em altura para diferentes tipos de situação urbana” (MASCARÓ, 1996).

- **Porosidade**

Porosidade é o atributo da forma urbana que determina uma maior ou menor penetração dos ventos na estrutura urbana. Segundo Oliveira (1993), depende do tipo da trama, da orientação aos ventos e do grau de continuidade da massa edificada dentro da trama urbana.

Segundo Bustos Romero (1988), para climas quente-úmidos, o tecido urbano deve ser disperso, solto, aberto e extenso para permitir a ventilação das formas construídas. Espaços abertos devem prevalecer, e serem arborizados, procurando-se a perda de calor pela evaporação e pelo diferencial térmico produzido.

De acordo com Givoni (1998), a orientação das ruas pode afetar o clima urbano de várias maneiras: pela permeabilidade dos ventos na área urbana, do sol e sombra nas ruas e calçadas, da exposição ao sol e potencial de ventilação ao longo da rua. Quando as ruas são paralelas à direção dos ventos dominantes, forma-se um escoamento livre de obstáculos à penetração dos ventos na área intra-urbana.

Bittencourt (1998) afirma que o recuo é o fator mais importante no que concerne à distribuição do fluxo de ar no tecido urbano. Isto é, quanto maior a porosidade melhor a ventilação urbana.

- **Permeabilidade**

A permeabilidade do solo é a taxa com a qual um fluido pode escoar através dos poros de um sólido. Conforme a permeabilidade ou o material de seu revestimento, os solos podem interferir nas condições microclimáticas dos espaços urbanos.

Para regiões tropicais aconselha-se um tipo de pavimentação das ruas que tenham um baixo índice de absorção da radiação solar (BUSTOS ROMERO, 1988). Enquanto o asfalto possui o mais alto índice de absorção, superfícies de grama



reduzem em até 7°C a temperatura com relação a outras superfícies construídas (OLGYAY, 1973). Portanto, tanto quanto possível as superfícies gramadas devem substituir as pavimentadas para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas.

Os materiais de revestimento, de acordo com Araújo (2004), não só no calçamento das ruas, mas também no nível das edificações, alteram sobremaneira as condições de porosidade e conseqüentemente a drenagem do solo, acarretando alterações na umidade e pluviosidade locais. Elementos naturais, sempre que possível, devem substituir qualquer tipo de pavimentação, pois a temperatura numa superfície de grama em dias ensolarados no verão fica bastante reduzida em relação à superfície construída.

- **Uso do Solo**

Constitui os tipos de atividades desenvolvidas em determinado solo, como: industrial, agrícola, comercial, serviços, residencial e institucional. O mapa de uso do solo, segundo Monteiro (1990), é um documento básico e imprescindível ao estudo do clima urbano.

De acordo com Oliveira (1993), quanto maior a concentração de usos, isto é, elementos contendo atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços, maior será a transmissão de calor e de poluentes para a atmosfera e, conseqüentemente, maiores serão as modificações ocasionadas no clima; enquanto que parques e áreas com único uso apontam para menores alterações no clima.

- **Ventilação Urbana**

Como a cidade possui uma superfície com maior rugosidade que o seu entorno, altera as características do escoamento do fluxo de ar, tanto em intensidade como em direção (Fig. 11). Essas alterações dão origem a camadas distintas, nas quais o vento apresenta características peculiares, sendo elas: camada limite urbana, localizada acima da área construída; camada limite rural, localizada após a área urbana; e camada intra-urbana, constituída pelos espaços abertos (ruas, avenidas, parques, pátios, e espaços entre edificações) no interior da área urbana (OKE, 1987).

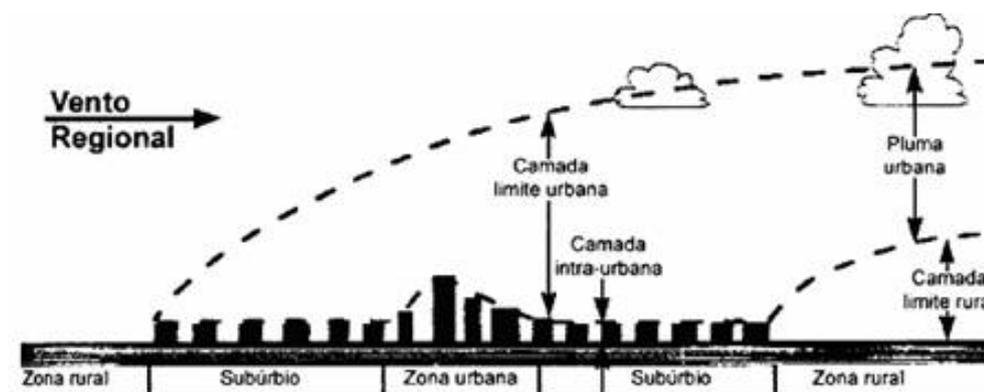


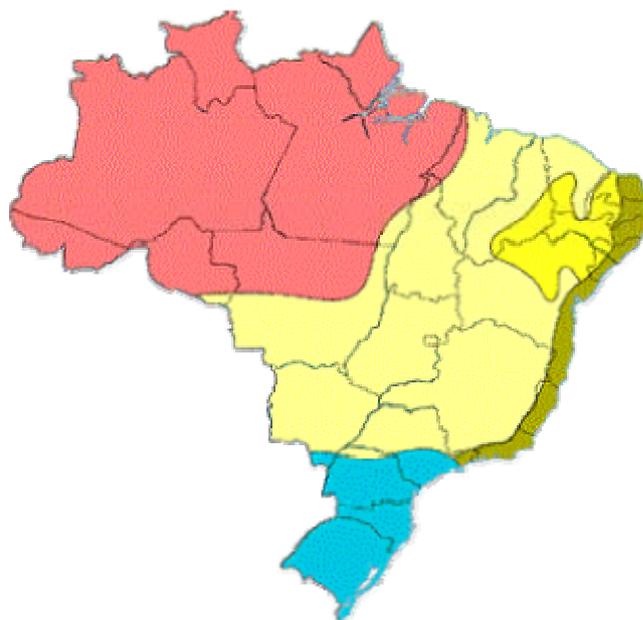
Fig. 11. Infográfico da distribuição da atmosfera urbana
 Fonte: Oke apud Faria (1997, p.21).

Na camada intra-urbana existem ainda, vários efeitos aerodinâmicos do vento sobre as edificações. Entre eles podemos destacar: efeito de pilotis – fenômeno de corrente de ar sob o edifício; efeito de esquina – fenômeno onde o fluxo aumenta de velocidade nos ângulos das edificações; efeito de barreira – fenômeno onde o fluxo de ar se desvia em espiral após a barreira (edifício); efeito de Venturi – fenômeno onde as edificações construídas em ângulo aberto formam um coletor do fluxo, que aumenta de velocidade com o estreitamento da passagem do ar; efeito de canalização – fenômeno onde o fluxo de ar flui por um canal formado pelas edificações.

Enfim, é de grande importância a prévia realização de uma análise da área objeto de estudo, tanto no nível de projeção como no nível de ocupação e uso do solo urbano, pois uma implantação desordenada na malha urbana, sem critérios de conforto ambiental, poderá acarretar sérios problemas no microclima.

2.5 CLIMA DA REGIÃO DE ESTUDO

No Brasil, existem várias classificações climáticas, sendo uma delas feita por que a de Strahler apud Simielli (2000) baseia-se nas áreas da superfície terrestre, controladas ou dominadas pelas massas de ar (Fig. 12).



Climas Controlados por Massas de Ar Equatoriais e Tropicais

- Equatorial Úmido (Convergência dos Alísios)
- Tropical (Inverno seco e verão úmido)
- Tropical Semi-Árido (Tendendo a seco pela irregularidade da ação das massas de ar)
- Litorâneo Úmido (Influenciado pela Massa Tropical Atlântica)

Climas Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares

- Subtropical Úmido (Costas orientais e subtropicais, com predomínio da Massa Tropical Marítima)

Fig. 12. Climas controlados por massas de ar.
Fonte: Strahler in Simielli (1998).

Segundo essa classificação, o clima em Natal/RN, região universo de estudo, é do tipo litorâneo úmido, que abrange parte do território brasileiro próximo ao litoral. A massa de ar que exerce maior influência nesse clima é a tropical atlântica. Apresenta-se com duas estações principais: verão e inverno, com médias térmicas e índices pluviométricos elevados.

Segundo Bustos Romero (2001), os elementos característicos do clima quente-úmido apresentam temperatura do ar raramente superior a da pele (entre 21° e 32°) e pequena amplitude térmica (tanto diária quanto sazonal – menor que 10°). Apresenta duas estações bem definidas, com pequena variação de temperatura entre elas: umidade relativa do ar elevada, chuvas fortes e radiação solar intensa.

A grande presença de nuvens impede a radiação solar direta, mas também não permite a reirradiação à noite, o que provocaria a queda acentuada da temperatura e uma radiação solar difusa elevada. A perda de calor por evaporação é dificultada, podendo ser acelerada pelo movimento do ar. Os ventos são geralmente fracos, quase que constantemente na direção sudeste.

Conforme Araújo, Martins, Araújo (1998), é recomendado para Natal tirar o máximo proveito da ventilação, tanto no nível residencial como no nível de clima urbano, sendo ratificado por Lamberts, Dutra, Pereira (1997), ao determinarem que



uma arquitetura com boa ventilação pode resolver os problemas de desconforto por calor.

Araújo, Martins, Araújo (1998), realizaram tratamento dos dados climáticos (temperatura, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, e radiação solar), definindo os dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal. Posteriormente, analisaram o comportamento das mesmas variáveis por período diário para, por fim, determinar os dias típicos para os dois períodos anuais (chuvoso e seco) característicos do lugar.

Segundo Araújo, Martins, Araújo (1998), o clima quente-úmido em Natal se caracteriza pela existência de quatro períodos “distintos” ao longo das 24 horas do dia, além dos dois períodos ao longo do ano. Estes dois períodos identificados situam-se entre os meses de abril a setembro, caracterizando o período chuvoso, e entre os meses de outubro a março, caracterizando o seco, em quaisquer que sejam os anos.

Quanto à temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) em Natal: o primeiro período (seis primeiras horas do dia), apresenta comportamento de valores decrescentes, tendendo a uma certa estabilização; o segundo (das 06:00 às 12:00h) apresenta comportamento bastante definido de acréscimo acentuado de temperatura; o terceiro (das 12:00 às 18:00h) consta que as temperaturas decrescem, também de maneira acentuada; o quarto (das 18:00 às 24:00h) apresenta um comportamento semelhante ao primeiro, porém num patamar mais elevado (Fig. 13).

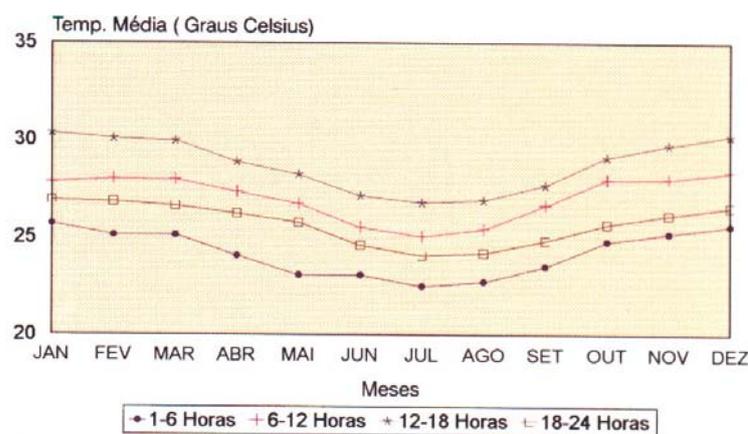


Fig. 13. Gráfico da Temperatura do ar média nos períodos diários de Natal. Fonte: Araújo, Martins, Araújo (1988).



O comportamento da curva de umidade relativa (%), inverso à curva de temperatura do ar, apresenta os mesmos quatro períodos distintos durante o dia e os dois períodos durante o ano, sendo que o comportamento da curva de umidade é inverso à curva de temperatura (Fig. 14).

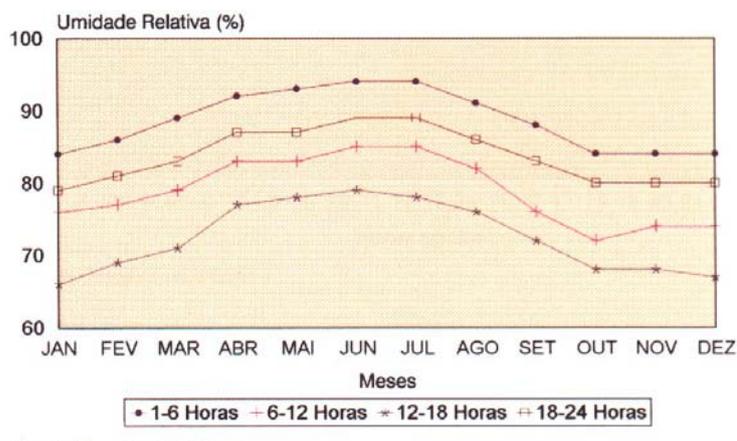


Fig. 14. Gráfico da Umidade relativa do ar nos períodos diários de Natal.
Fonte: Araújo, Martins, Araújo (1988).

Em locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é reduzida porque o vapor de água e as nuvens a absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte da radiação de volta ao espaço.

Constata-se em Araújo, Martins, Araújo (1998) que há uma relação entre a velocidade das massas de ar e a temperatura, que segue a divisão dos mesmos quatro períodos diários. Nas primeiras horas do dia, a velocidade dos ventos decresce, no segundo período há um acréscimo nos valores da velocidade do ar, ao passo que no terceiro período, há uma certa estabilização nesses valores, para voltar a decrescer nas últimas horas do dia, sendo que num patamar mais elevado.

Quanto aos períodos chuvoso e seco, a velocidade do vento não constitui parâmetro ideal para caracterizá-los. Segundo o ano típico, o comportamento da velocidade dos ventos varia de 2 a 6 m/s, não deixando de ocorrer, aleatoriamente, algumas rajadas e calmarias no decorrer do mesmo ano (Fig. 15).

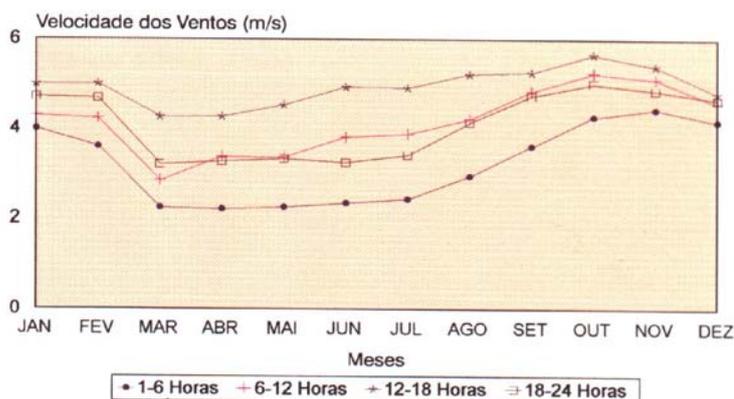


Fig. 15. Gráfico da velocidade dos ventos nos períodos diários de Natal.
 Fonte: ARAÚJO, MARTINS, ARAÚJO (1988).

No que concerne ao comportamento da direção dos ventos, acompanha os alísios de sudeste, com predominância de 150°, e quanto ao comportamento da direção dos ventos durante o ano, segue os dois períodos detectados anteriormente: No primeiro, de abril a setembro, há leve inclinação para 170°, enquanto que no segundo, de outubro a março retorna para 150°, chegando às vezes a 120° em março.

Como forma de atualizar os dados de Araújo, Martins, Araújo (1998), foi compilado por Pedrini (2005) no Laboratório de Conforto Ambiental (UFRN), um estudo mais recente sobre a direção e velocidade dos ventos, utilizando-se dados coletados no Aeroporto Augusto Severo, no período de 2003 a 2005. Neste estudo, referenda-se aquela pesquisa, como também a sua nomenclatura “Dia Típico para Natal” (Fig. 16).

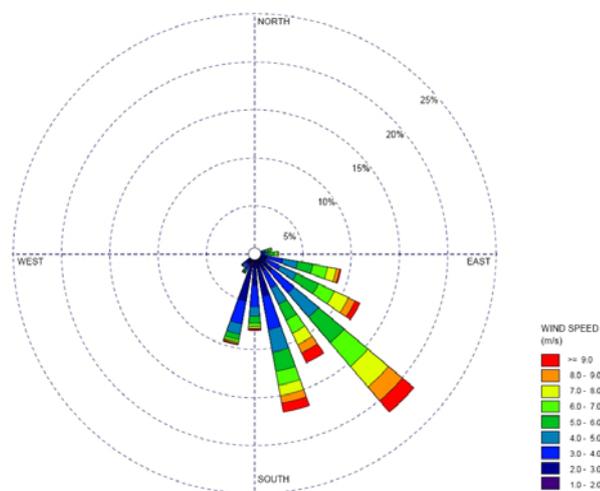


Fig. 16. Ilustração da Rosa dos Ventos para Natal.



Fonte: Pedrini (2005) a partir do *software Lakes Environmental* (2004).

Com respeito à radiação solar em Natal, Araújo, Martins, Araújo (1998), constataram que o plano horizontal é o plano que recebe maior carga térmica, tanto durante o dia, quanto durante o ano.

Quanto às chuvas que ocorrem no Nordeste, como também em Natal, de janeiro a maio, provém da Zona de Convergência Intertropical. Os ventos alísios se encontram e formam os *doldrums*, ou círculos de elevadas temperaturas, denominados células de baixa pressão. Essas células são formadas por nuvens *cumulonimbus*, de grande extensão vertical, que envolvem a Terra em forma de cinturão e movimentam-se pela zona equatorial, Souza (2000).

As chuvas caídas em Natal, nos meses de junho e julho, acompanhadas por leve queda na temperatura, devem-se a outro sistema atmosférico denominado repercussões de frentes frias vindas do sul do país, que raramente nos atingem, porque se dissipam no sul da Bahia ou desaparecem no Oceano Atlântico. Porém, quando elas atingem o RN aumentam os índices pluviométricos (Souza, 2000).

A distribuição da pluviosidade na região tem período de ocorrência de três meses, podendo oscilar um pouco, sua média anual está em torno de 1500 a 2.000 mm. Quanto ao período de ocorrência, a máxima ocorre no inverno e a mínima no verão, ao longo do litoral oriental (SOUZA, 2000).

Analisando-se os dados da Estação Climatológica do Departamento de Geografia da UFRN, no período de 2000 a 2004, constatou-se que a temperatura do ar no Campus apresenta curva de comportamento de valores uniforme, com máxima de 27,7°C nos verões de 2001 e 2003; e mínima de 23,6°C no inverno de 2000 (Fig. 17). Identificam-se claramente os dois períodos anuais distintos (abril a setembro e outubro a março) citados em Araújo, Martins, Araújo (1998).

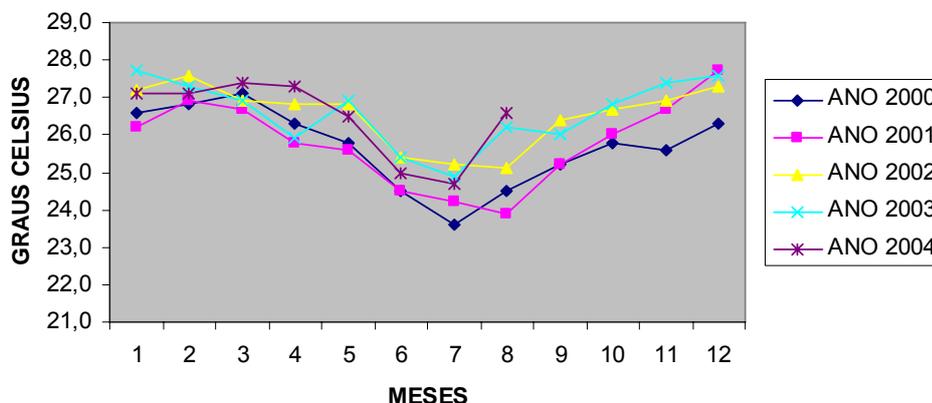


Fig. 17. Média das temperaturas do ar (°C), no período de 2000 a 2004.
Fonte: UFRN (2004).

Quanto ao comportamento da umidade relativa do ar no período analisado, apresenta mínima de 70% no verão de 2000, e máxima de aproximadamente 95% no inverno de 2000, evidenciando os períodos de inverno e verão característicos do clima quente-úmido (Fig. 18).

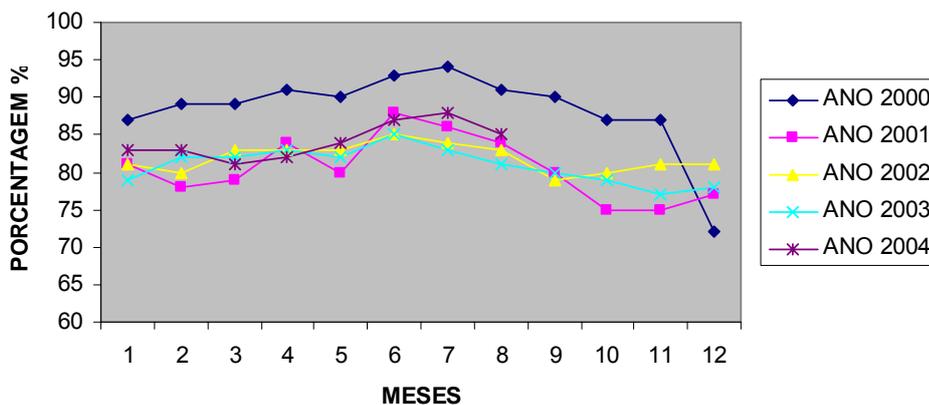


Fig. 18. Média da umidade relativa do ar (%), no período de 2000 a 2004.
Fonte: UFRN (2004).

Quanto à curva de velocidade do vento para o período analisado, constata-se a manutenção da faixa de variação entre 2 e 6 m/s, observado em Araújo, Martins, Araújo (1998). Encontra-se em nossos dados a máxima de 5,5 m/s em agosto de



2001 e a mínima de 3 m/s em junho de 2002, apresentando algumas rajadas e calmarias.

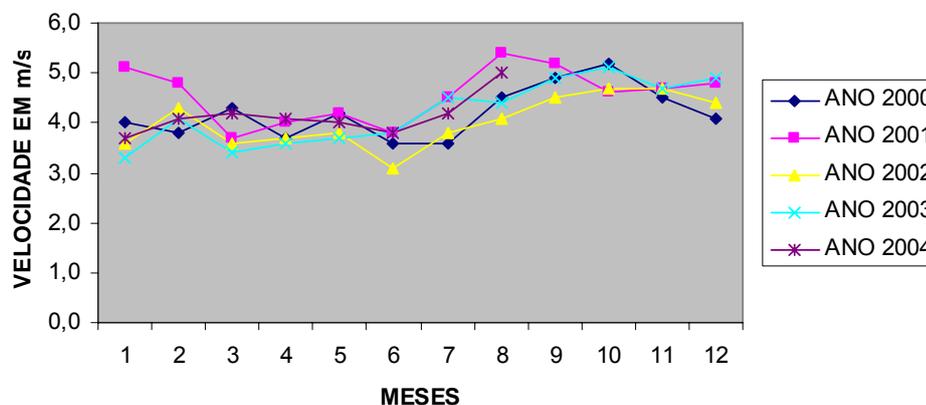


Fig. 19. Média das velocidades dos ventos (m/s) no período de 2000 a 2004.
Fonte: UFRN (2004).

A Estação Climatológica do Campus da UFRN, apesar de registrar dados da radiação solar desde 2001, infelizmente não trata os referidos dados, por falta de recursos técnicos para leitura dos diagramas do piranômetro.

Conclui-se que os fatores e elementos climáticos, os atributos da forma urbana, como também o clima urbano e o clima da região de estudo, aqui referendados, serviram de base para a pesquisa, pois as modificações realizadas pelo homem em seu *habitat*, ou seja, alterando o ecossistema natural quando da implantação de áreas urbanizadas, fazem surgir microclimas diferenciados nesses ambientes urbanos.

O próximo capítulo trata da região objeto de estudo da pesquisa. Realiza-se um perfil geral da região objeto de estudo, levando em consideração algumas características geográficas, morfológicas e climáticas.



3.0 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO

Este capítulo realiza uma sucinta análise das condições gerais, geográficas, morfológicas e climáticas de Natal, universo de estudo; e uma detalhada caracterização do Campus Central da UFRN, área objeto de estudo, na qual se evidenciam algumas peculiaridades de sua história, seu crescimento e adensamento urbano, suas tipologias e outros aspectos relevantes para a pesquisa.

A cidade de Natal foi fundada em 25 de dezembro de 1599 por Manuel de Mascarenhas Homem. Capital do Estado do Rio Grande do Norte, ocupa uma área de 169,12 km² (IBGE, 2000). Localiza-se na Zona Intertropical Sul, próximo à linha do Equador. Suas coordenadas geográficas são: latitude 5°45'54" S, longitude 35°12'05" W e altitude 18m acima do nível do mar.

O Plano Diretor divide a cidade em macrozoneamentos, que podem ser: Regiões Administrativas (Norte, Sul, Leste, Oeste, com 36 bairros), Zonas Adensáveis, Áreas de Controle de Gabarito, Áreas de Operação Urbana e Zonas de Proteção Ambiental (Fig. 20).

Nas Zonas Adensáveis é controlado o adensamento urbano. Nas Áreas de Controle de Gabarito, a altura dos edifícios está limitada de acordo com as necessidades de preservação e manutenção da beleza natural da cidade.

Com vistas à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, as Zonas de Proteção Ambiental – ZPA's são áreas nas quais as características do meio físico restringem o uso e a ocupação do solo urbano, visando à proteção, manutenção e recuperação dos aspectos paisagísticos, históricos, arqueológicos e científicos. Aqui, ressalta-se o Parque Estadual Dunas de Natal.

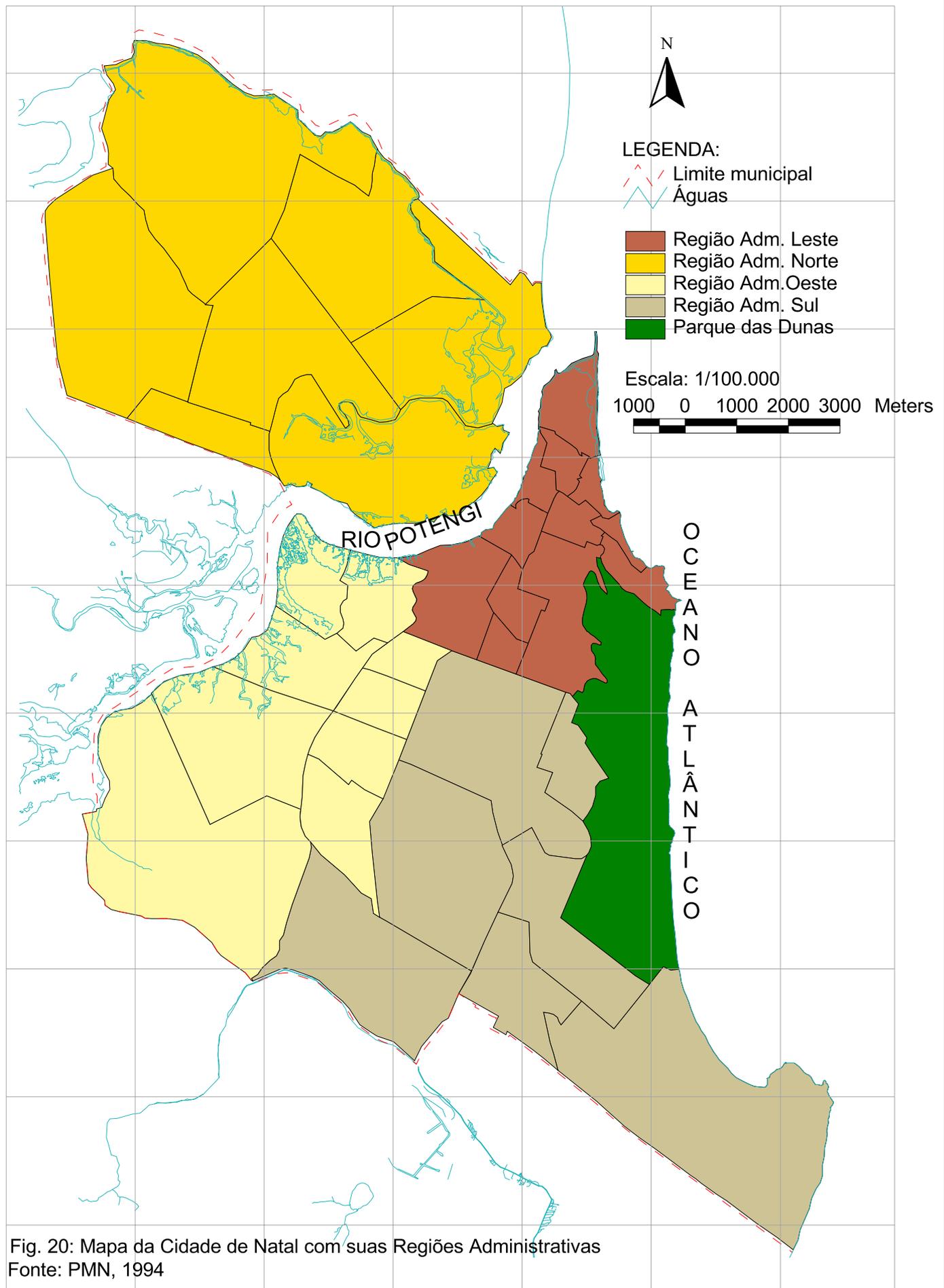


Fig. 20: Mapa da Cidade de Natal com suas Regiões Administrativas
Fonte: PMN, 1994



Natal está cercada por grandes massas de água, como o oceano Atlântico e a foz do rio Potengi. A existência de massas de água no entorno imediato exerce forte influência sobre o clima do lugar, com pronunciado efeito estabilizador (Fig. 21).



Fig. 21. Foto aérea da Foz do Rio Potengi com Natal ao fundo.
Fonte: CODERN, 2004.

Quanto ao Parque das Dunas (Fig. 22) se constitui no segundo maior parque urbano do Brasil e circunda toda porção leste do município (inclusive o Campus Universitário), abrangendo uma faixa litorânea de cobertura vegetal com 9 km de extensão (no sentido norte-sul) e 1.172 ha. de área. Está caracterizado como Mata Costeira e Floresta Atlântica e apresenta fauna nativa típica de ecossistemas costeiros terrestres que, em interação com a cobertura vegetal, são responsáveis, respectivamente, pela recarga de água do lençol freático das dunas e pelo equilíbrio ecológico deste ambiente natural.

Constitui significativo fator climático local, pois sua formação topográfica e sua vegetação alteram particularmente o microclima do lugar. Contribui significativamente para o estabelecimento desse microclima, devido ao intenso processo de fotossíntese que auxilia na umidificação do ar através do vapor d'água que libera, além de estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos (Fig. 22).



Fig. 22. Foto aérea do Parque das Dunas
Fonte: ZOOLOGIARN, 2004.

A grande área em solo natural, com seu potencial hídrico, devido à presença de areias e cascalhos que facilitam as drenagens e filtrações, é mantenedora do lençol freático da região e se constitui reserva prioritária para o abastecimento de água da cidade.

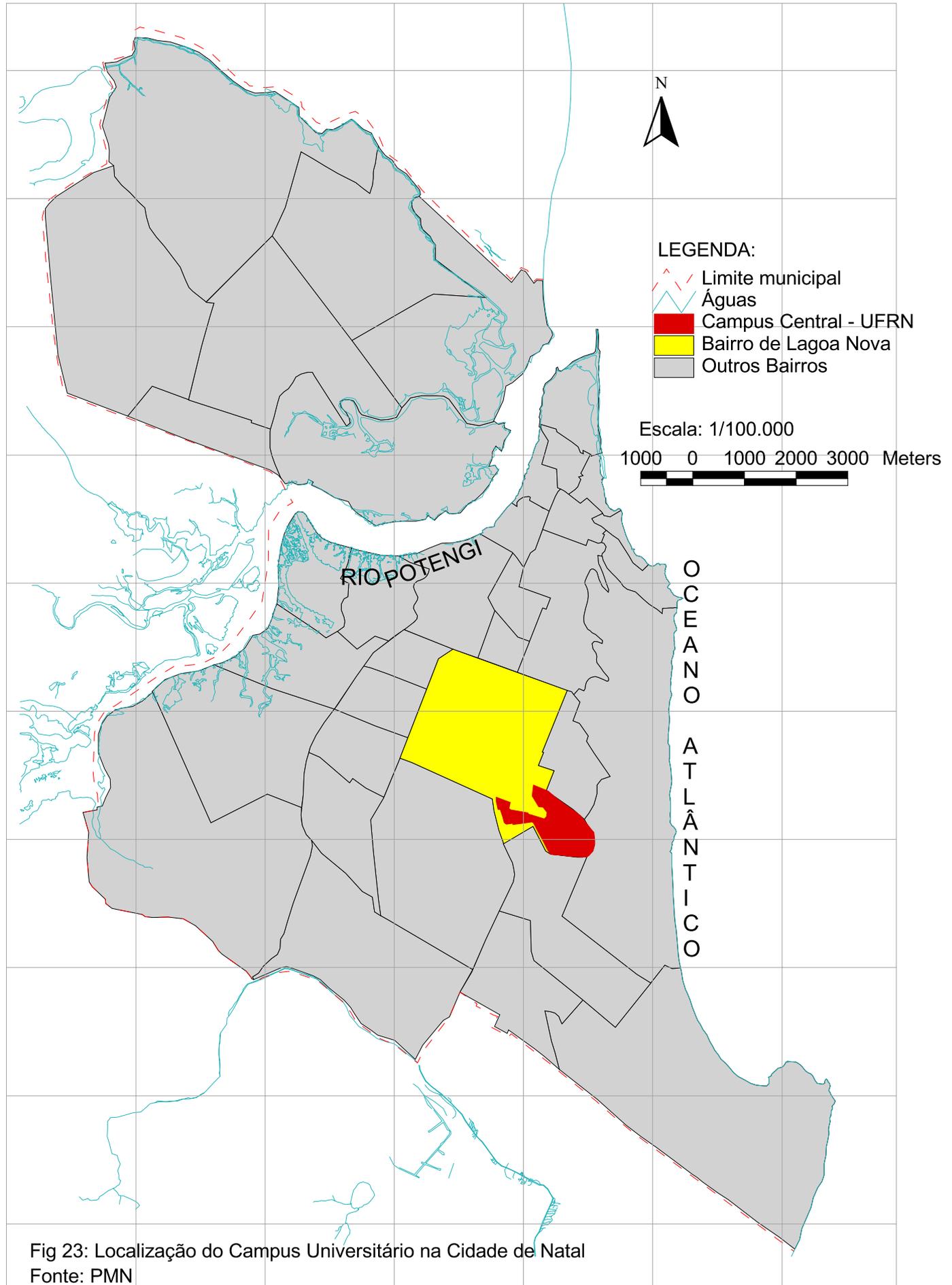
Devido a evapotranspiração, o Parque das Dunas representa a parte mais úmida da cidade. Circunda o Campus Central e exerce significativa interferência sobre o microclima da área objeto de estudo desta pesquisa.

Desde o ano de 1984, Natal passou a ser considerada município essencialmente urbano, não possuindo, portanto, área rural. Tem se expandido em direção norte, alcançando o município de Extremoz e na direção sul, chegando ao limite com o município de Parnamirim.

Localizado na região sul e já consolidado pelo tempo, encontra-se Lagoa Nova, bairro predominantemente residencial e administrativo, que abriga o Campus Central da UFRN (Fig. 23).

LOCALIZAÇÃO DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO NA CIDADE DE NATAL

Figura:
23





O bairro de Lagoa Nova, onde se encontra o Campus Central da UFRN, situa-se na Região Administrativa Sul. Tem sua história conhecida através de entrevistas com os moradores mais antigos. Segundo o Sr. Milton Neves conta: “o bairro começou com o surgimento dos Conjuntos Habitacionais”.

O bairro começou a se desenvolver no início dos anos 60 (SEMURB, 2003). Entre os elementos indutores da ocupação do seu espaço, destacam-se: a instalação do Campus Central - UFRN; a ampliação da avenida Prudente de Moraes, que serve de elo de ligação entre o bairro e outros da Zona Sul; e a construção do Centro Administrativo do Estado.

Limita-se ao norte com os bairros do Alecrim, Lagoa Seca e Tirol, ao sul com os bairros de Capim Macio e Candelária, a leste com o bairro de Nova Descoberta e o Parque das Dunas e a oeste com os bairros de Candelária, Cidade da Esperança, Nossa Senhora de Nazaré e Dix-sept Rosado (Fig. 24).



Fig. 24. Ilustração do Bairro de Lagoa Nova - Limites
Fonte: PMN - SEMURB, 2004.

Quanto aos aspectos urbanísticos, para o bairro de Lagoa Nova, foram prescritos: densidade máxima de 350 hab/km² e coeficiente de aproveitamento máximo 3,0 (Zona Adensável 1), ainda incidem sobre o bairro um limite de gabarito de altura (Área de Controle de Gabarito).



Dispõe de infra-estrutura básica como energia elétrica, água, saneamento público (em alguns trechos), limpeza pública, telefonia, pavimentação e drenagem. (IBGE, 2000).



Fig. 25. Foto aérea com destaque do Campus Central - UFRN
Fonte: Adaptação da autora (SEMURB, 2004).

A escolha dessa área se deve principalmente ao adensamento urbano que vem sofrendo na última década. Localizada na sombra de vento do Parque das Dunas, está pouco favorecida pela brisa do mar, além de apresentar elementos na forma urbana inadequados ao clima da região, constitui fração urbana que merece maiores cuidados.

3.1 BREVE HISTÓRICO DO CAMPUS CENTRAL

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte originou-se da antiga Universidade do Rio Grande do Norte (URN), criada através de lei estadual, em 25 de junho de 1958, no Governo de Dinarte Mariz. A URN foi instalada em sessão solene realizada no Teatro Alberto Maranhão, em 21 de março de 1959, formada a partir das faculdades isoladas e escolas de nível superior já existentes em Natal, como: Faculdade de Farmácia, Faculdade de Odontologia, Faculdade de Direito, Faculdade de Medicina e Escola de Engenharia (UFRN, 2005).



Com a federalização assinada pelo Presidente Juscelino Kubitschek em 18 de dezembro de 1960, a URN passou a se chamar Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), tendo como primeiro Reitor o médico Dr. Onofre Lopes da Silva. Contava nessa época com as quatro Faculdades e a Escola de Engenharia, funcionando em prédios separados, situados em diferentes pontos da cidade (SOUZA, 1999, p. 197). A Escola de Engenharia (Fig. 26 e Fig. 27) foi a primeira edificação construída na área onde hoje é o Campus Central, por volta de 1966, antes, portanto, da elaboração do plano inicial.



Fig. 26. Foto da Construção da Escola de Engenharia em 1966
Fonte: UFRN, 1997.



Fig. 27. Foto atual do Prédio da Escola de Engenharia em 2005.

Segundo depoimento de Erivan Romão de Lima (14.07.2005), *o primeiro terreno foi adquirido para a construção da Escola de Engenharia, que era uma faculdade isolada, depois foi que o Governo doou o terreno grande.*

Com a reforma universitária, a UFRN passou por um processo de reorganização, que marcou o fim das faculdades isoladas e a consolidação da atual estrutura, nesta fase, os diversos departamentos e cursos se organizaram em centros acadêmicos.

Conforme escritura pública, o Governo do Estado doou, em 1970, o terreno para implantação e construção do Campus Central. Na montagem mapa atual sobre escritura de doação do terreno do Campus (Fig. 28), percebe-se que o terreno doado é diferente do ocupado atualmente.

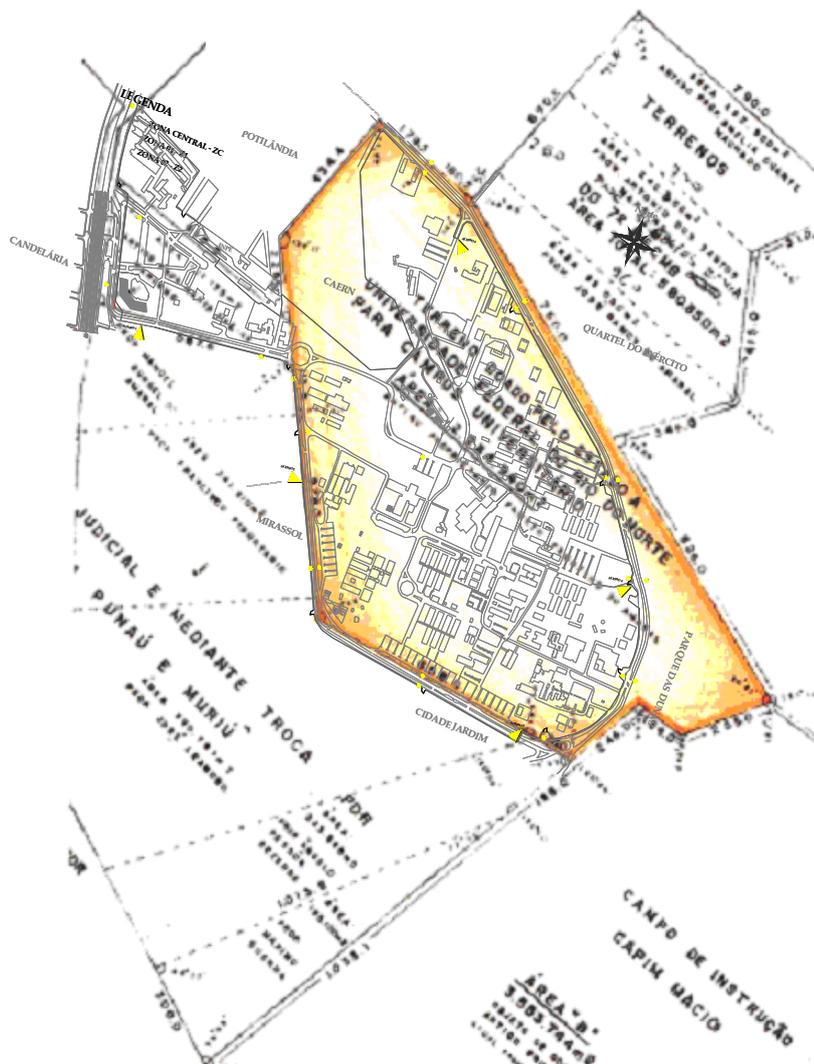


Fig. 28. Montagem mapa atual sobre escritura de doação do terreno do Campus.
 Fonte: Adaptada da SEMURB (2004) e SIN (2005).

O surgimento de novos cursos exigia novas edificações para seu funcionamento. A idéia de integração e centralização, vigente na época, também justificada pela diminuição dos custos e racionalização na construção, fez os gestores optarem pela criação de um Campus Universitário Central (SOUZA, 1999, p. 197).

O Plano inicial do Campus Central da UFRN foi elaborado por uma equipe dirigida pelo arquiteto e engenheiro civil, oriundo do Pará, Alcyr Meira em 1971.

Segundo relato de um dos ex-diretores do Escritório Técnico Administrativo (ETA), atual Superintendência de Infra-estrutura (SIN): *o escritório do plano inicial funcionava aqui mesmo no Campus, no galpão vizinho a Escola de Engenharia* (LIMA, depoimento em 14.07.2005).



Ressalta-se neste depoimento que o primeiro plano foi elaborado em Natal, com a colaboração de técnicos locais.

Em 1972 teve início a construção e seu planejamento atendia os ideais utilizados no período do regime militar, visto que o Campus Central deveria ser implantado longe do centro da cidade, próximo a uma área militar, visando o controle e a observação. A implantação dos prédios, afastados entre si, dispersava os alunos e evitava aglomerações, dificultando o movimento estudantil.

O projeto seguiria cinco etapas bienais, estando prevista sua conclusão para 1981. Na proposta inicial, a área foi dividida em cinco zonas: administrativa, ensino/pesquisa, recreação, esportiva e serviços gerais, definidas de acordo com o documento de sua criação, como segue:

Zona Administrativa: Constituída pelos Setores de Direção - Reitoria, Secretaria, Finanças, Divulgação e Intercâmbio, Cultural, Registro e Controle Acadêmico; e Setor Cultural – Rádio, Televisão, Biblioteca, Auditório, Praça Cívica e Templo Ecumênico.

Zona de Ensino e Pesquisa: Constituída por quatro centros ligados às áreas básicas de conhecimento, sendo cada centro composto por um setor didático-administrativo e uma biblioteca setorial: Centro Tecnológico; Centro Biomédico; Centro Humanístico; Centro de Educação.

Zona de Recreação: Composta por edificações e instalações recreativas e assistenciais, incluindo ainda bosques, áreas comunitárias, restaurante e clube universitário.

Zona Esportiva: Suas instalações atenderiam às mais variadas práticas de modalidades esportivas. Constava de piscinas, ginásio poliesportivo, pista de atletismo e campo de futebol.

Zona de Serviços Gerais: Setor responsável pelos serviços de infra-estrutura. Era constituído pela Prefeitura do Campus, Setor de Manutenção, Setor de Transportes e Setor de Segurança.

O Campus foi dotado de infra-estrutura básica, como sistema viário periférico, distribuição de água autônoma (poços e reservatórios elevados) e sistema de energia abastecido pela concessionária local.



Com a expansão da oferta de vagas na universidade, iniciou-se a construção do Campus Central, primeiramente com a implantação do Plano Setorial de 1972/74, sendo edificadas: o Centro de Esportes, a Praça Cívica, o Restaurante Universitário e o setor de Aulas Teóricas I (Fig. 29).



Fig. 29. Foto aérea da implantação do Plano Inicial.
Fonte: Carlos Lyra, 1976.

Em 1974/1975 houve um redimensionamento do plano geral do Campus. As áreas de Ciências Humanas e Tecnológicas foram definitivamente transferidas para o Campus Central, incrementando o crescimento físico e institucional da Universidade. Foram reavaliadas as prioridades pré-estabelecidas, as obras em execução, os custos, os recursos e os prazos para conclusão.

Posteriormente à avaliação de 1975, houve o Plano Quinquenal, para o período de 1975/79. O Governo Federal continuou a dar prioridade ao ensino superior, desta vez, comprometendo-se a implantar os Campi Universitários naqueles Estados onde havia piores condições nas instalações (SOUZA, 1999, p. 201).

Para tanto, houve um re-estudo do plano inicial com elaboração de novos projetos arquitetônicos, para a construção de 14 laboratórios, prédios de ensino, administração, além de projetos para complementação das obras já iniciadas, e implantação da Infra-estrutura: instalação de água, esgoto, energia, telefone, construção do anel viário e grandes estacionamentos.



De posse destas informações, observa-se que os projetos elaborados para o Campus foram desenvolvidos por vários profissionais em diferentes épocas, daí a diversidade de concepções e partidos arquitetônicos diferenciados que se encontra atualmente.

Foi construído de acordo com padrões arquitetônicos incompatíveis com o clima local, atrelado a um estilo Brutalista de arquitetura do final do modernismo, adotou-se uma tipologia direcionada para outro clima, na qual predomina o uso de paredes de pedra, telhas de fibrocimento, janelas de vidro e abundância de concreto armado aparente; todos, materiais com alto índice de absorção da intensa radiação solar local e inadequados à região.

Para justificar essa afirmação, citamos a Avaliação de Desempenho Térmico dos Setores de Aulas Teóricas da UFRN (Fig. 30), em que Martins (1995) constata a inadequação das edificações estudadas (Setores de Aulas I, II, III, IV e V), frente ao clima a que estão submetidas.



Fig. 30. Foto do Setor de Aulas Teóricas III.

Com o tempo o projeto original foi sofrendo várias modificações, primeiramente, com a contratação de arquitetos de outros estados e a partir de 1976, com a participação dos profissionais da própria Universidade, através do Escritório Técnico Administrativo (ETA) e da Prefeitura do Campus Universitário (PCU), setores que gerenciaram toda construção no Campus, desde então.



Um importante exemplo dessas mudanças foi a implantação dos Setores de Aulas Teóricas II, III, IV e V, que tiveram suas locações rotacionadas em noventa graus com relação à implantação do Setor I, prevista pelo projeto. Essa modificação foi proposta pelos arquitetos locais e visava melhorar o conforto ambiental no interior das salas de aula, visto que a nova posição direcionava as aberturas ao predominante vento sudeste da região.

Segundo dados da Superintendência de Infra-estrutura, o Campus ocupa uma área de 123 ha. e está situado às margens da Avenida Senador Salgado Filho, limitando-se ao norte com o Conjunto Habitacional de Potilândia e com o Quartel do 7º Batalhão de Engenharia de Combate (7º BEComb.), ao sul com o Conjunto Habitacional de Mirassol e a Cidade Jardim, a leste com o Parque das Dunas e a oeste com o Bairro de Candelária (Fig. 31).

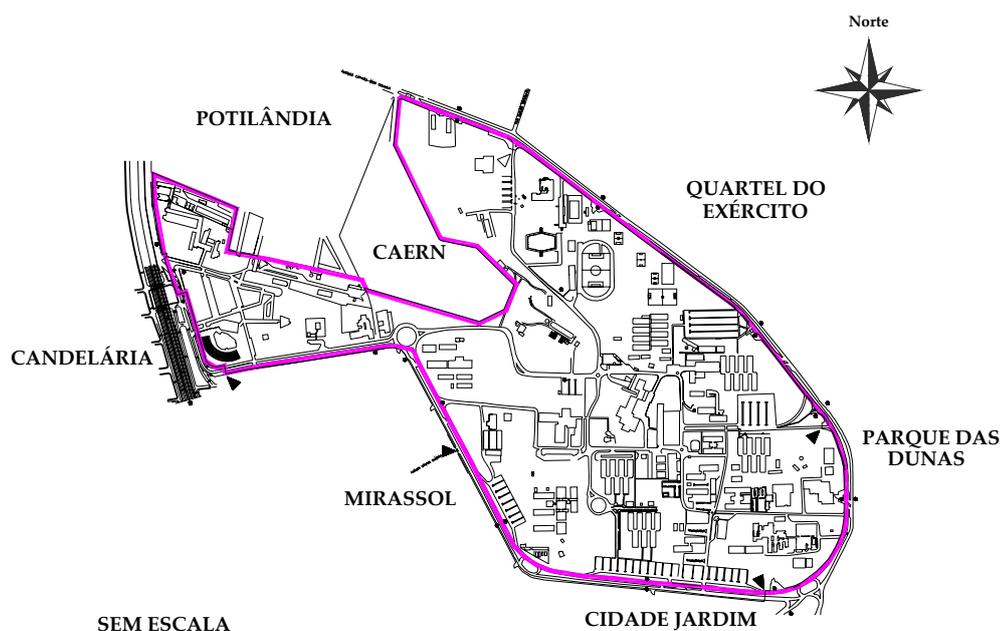


Fig. 31. Mapa de implantação do Campus.
Fonte: SIN, 2005.

Na busca em compreender a evolução e transformação dos elementos que constituem a estrutura urbana do Campus, e fazendo uma investigação das formas mais apropriadas para a intervenção na Cidade existente e o desenho de novas estruturas, foi realizado um estudo da evolução urbana do Campus, visando um melhor esclarecimento de sua evolução e seu adensamento urbano.



3.2 EVOLUÇÃO DO ADENSAMENTO DO CAMPUS CENTRAL

Segundo Del Rio (1990), ao se estudar o crescimento de uma área, deve-se observar os modos, intensidades e direções em que ele ocorre; os elementos geradores e reguladores, os limites e a superação de limites, a modificação das estruturas, os pontos de cristalização, entre outros aspectos.

O Campus em estudo se constitui atualmente num grande complexo urbanístico e arquitetônico, circundado por um anel viário que o integra, visto que dá acesso, mas ao mesmo tempo o deixa à parte da malha urbana da cidade.

Conforme a crescente necessidade de novos edifícios, a ampliação e o adensamento na área do Campus são cada vez maiores, observando-se então, uma expansão desordenada que descaracteriza a tipologia do projeto original. Os limites para o crescimento estão definidos pelo próprio anel viário que o circunda.

De acordo com Oliveira (1993), quanto maior a densidade de construção, maior a ocupação do solo e maiores as atividades antrópicas, conseqüentemente, maior será a captação e difusão da radiação solar para o ambiente climático urbano e menor a ventilação.

Quanto maior a densidade/ocupação do solo maior probabilidade de formação de ilhas de calor, que apresentam temperaturas mais altas na área mais densamente construída que no entorno. Portanto, o adensamento do solo urbano constitui condicionante da degradação climática ambiental.

Segundo Del Rio (1990) os mapas de Nolli constituem-se num método de projeção vertical desenhada como figura-fundo, técnica de grande valia na identificação da relação entre domínios, público, semipúblico e privado, além de outras relações importantes como distâncias e acessibilidade, ou a relação entre cheios e vazios. Este procedimento enfatizou o estudo da forma urbana, do traçado e parcelamento, do uso e ocupação do solo, das tipologias edilícias e das articulações.

Foram elaborados mapas de Nolli de cinco momentos significativos da evolução do Campus: meados dos anos 70, fim da década de 70, fim dos anos 80, fim da década de 90 e final do ano de 2004 (Fig. 32 a 36).

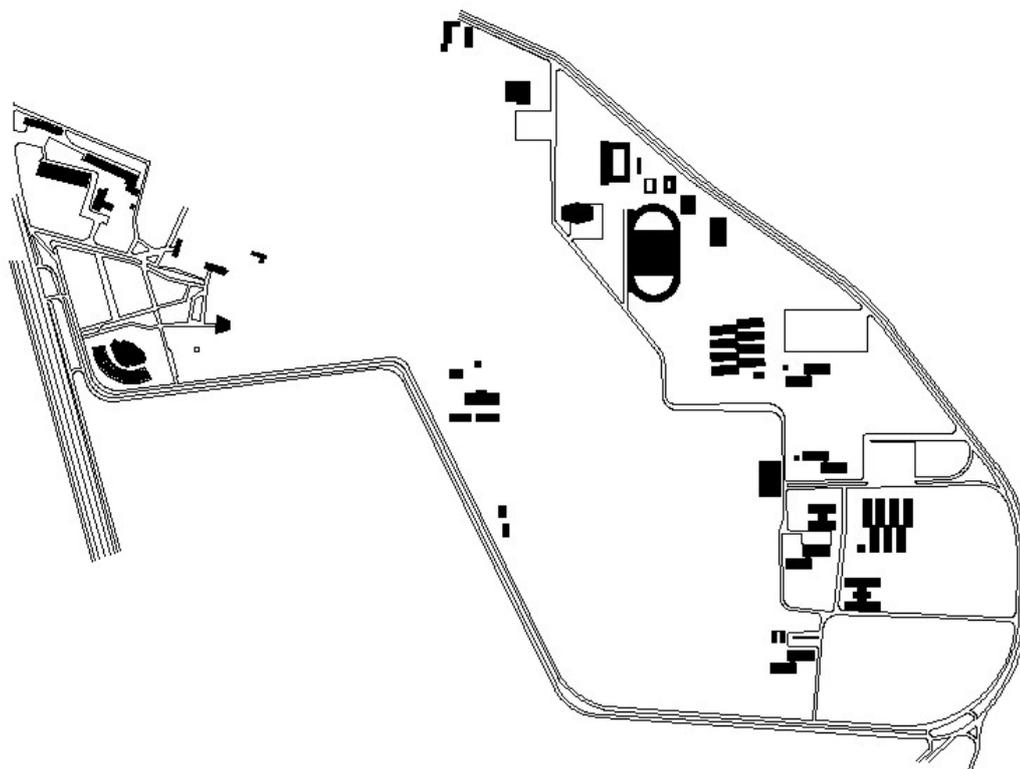


Fig. 32. Mapa de NOLLI nos meados da década de 70.

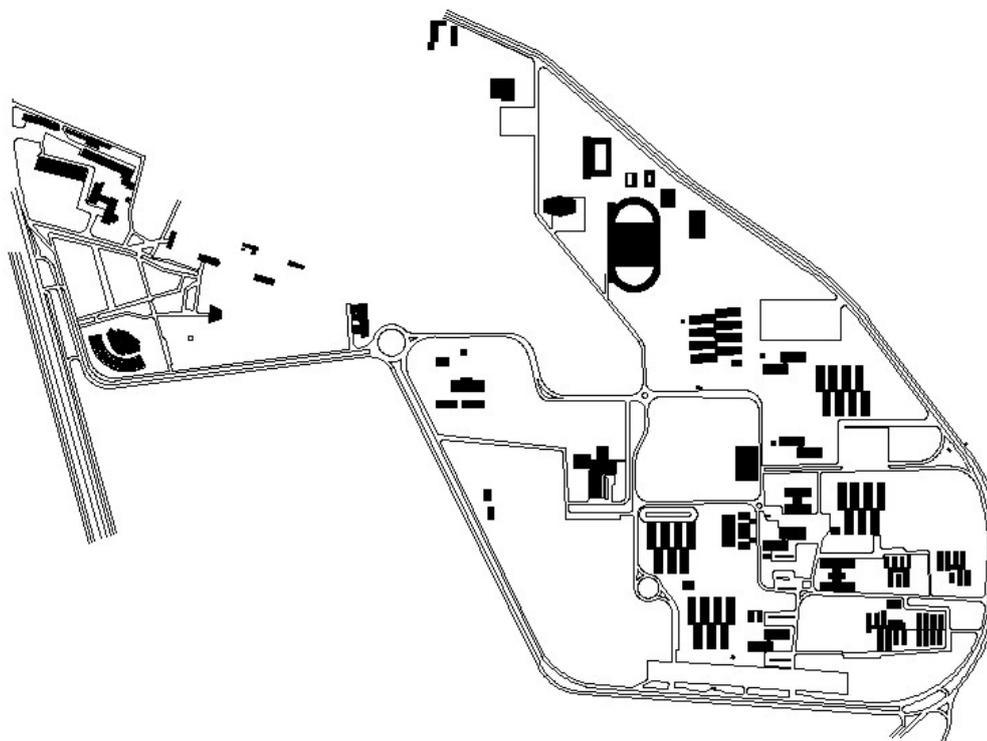


Fig. 33. Mapa de NOLLI no fim da década de 70.

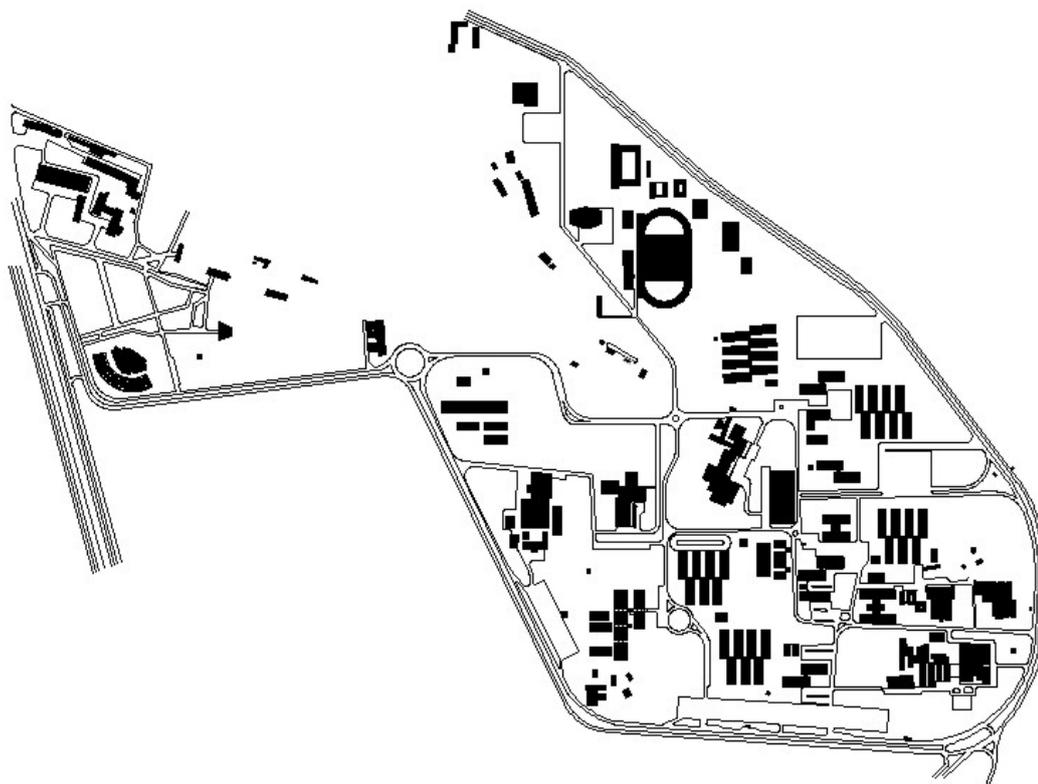


Fig. 34. Mapa de NOLLI no fim da década de 80.

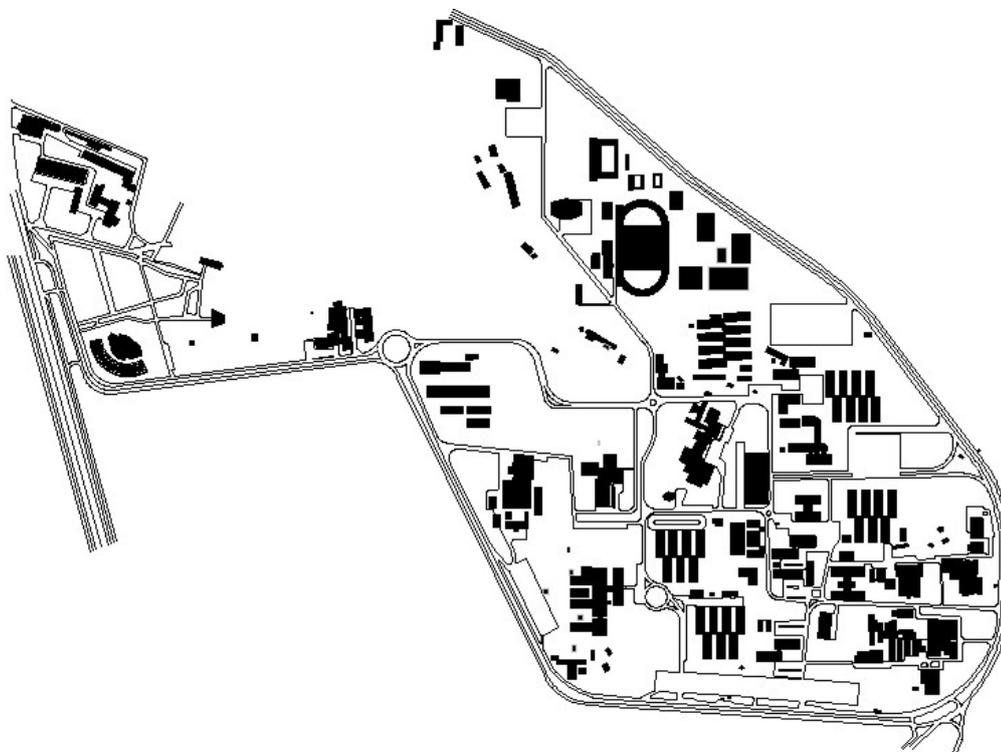


Fig. 35. Mapa de NOLLI no fim da década de 90.

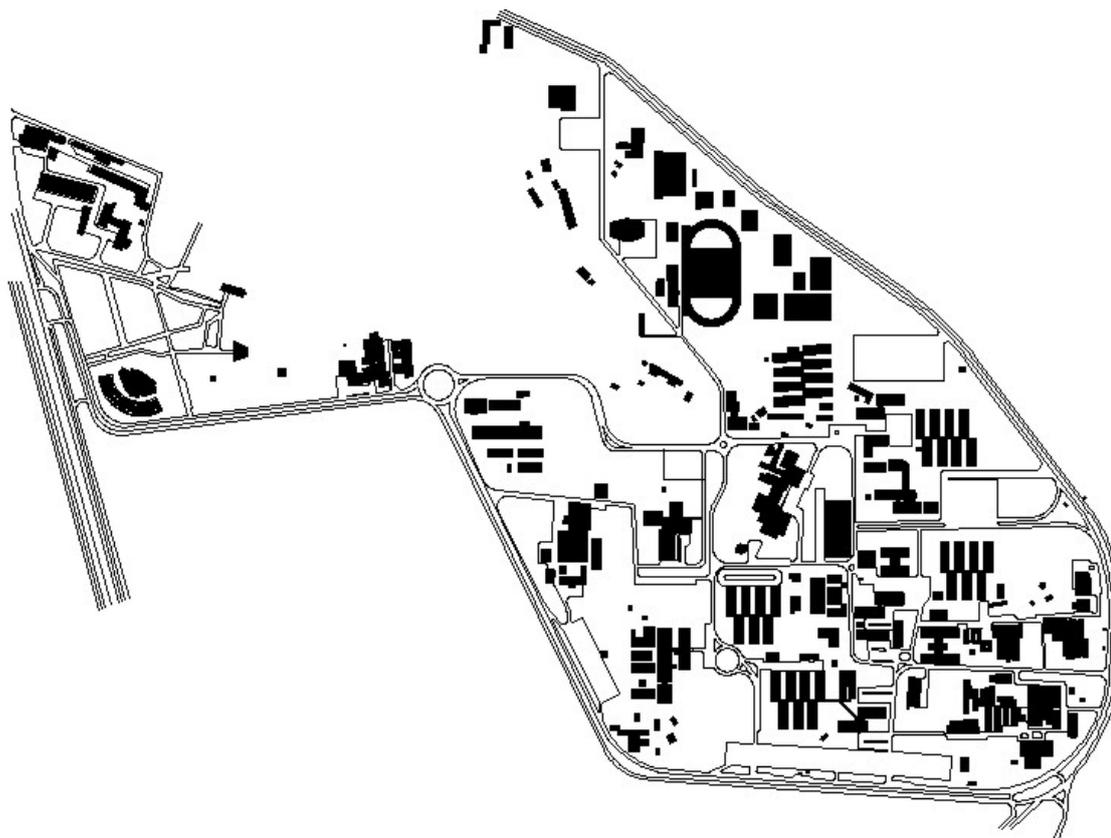


Fig. 36. Mapa de NOLLI no fim do ano de 2004.

Analisando-se os mapas, verifica-se um significativo aglomerado urbano na porção sudeste, setor de laboratórios, onde as ampliações e as novas construções de 2004, vêm incrementando o adensamento na área. Nas imediações do Centro de Ciências Exatas e da Terra também se verifica rápido adensamento nas edificações, devido ao financiamento de construções provenientes do incentivo à pesquisa e extensão, pela Petrobrás.

O traçado urbano da área foi definido de acordo com as condições morfológicas do sítio, cheio de curvas em conformidade com a topografia. A área está mensurada com traçado irregular, não se verificando ortogonalidade.

A construção de edificações dispersas, com consideráveis distâncias entre si, praticamente exigiu a abertura de vias de interligação entre as mesmas. Essas vias eram inicialmente em terreno natural, sendo *a priori* pavimentadas com blocos intertravados (época da implementação do projeto de infra-estrutura) e atualmente, com paralelepípedos.



Atualmente, o sistema viário é insuficiente. Não atende satisfatoriamente à Comunidade Acadêmica e ao tráfego de pessoas e veículos que circulam pelo Campus. As calhas das vias são sub-dimensionada para o fluxo de mão dupla, comumente utilizadas. As pequenas rótulas contrastam com grandes estacionamentos ociosos.

A Comunidade Universitária está servida pela circulação de transportes coletivos, porém o serviço também é precário, pois poucas linhas de ônibus circulam pelo anel viário. Para reduzir esse problema existem ônibus circulares que gratuitamente recolhem o fluxo local e o carregam até pontos das vias estruturais.

Na última década foram construídas algumas passarelas interligando os diversos equipamentos urbanos do Campus, tentando minimizar o problema. Observa-se também algum interesse em suprir a grande carência dos acessos para portadores de deficiência física, tanto nas vias como nos edifícios.

Constata-se no cenário do Campus representativa diferença entre o tratamento estético das edificações construídas na época de sua implantação e os edifícios construídos recentemente (Fig. 37 e Fig. 38).



Fig. 37. Foto do Arquivo Geral.



Fig. 38. Foto do Laboratório de Geofísica e Geologia do Petróleo.

Para melhor análise dessas tipologias e mediante estética, partido adotado e material utilizado, classificamos os edifícios do Campus em três categorias principais:



A primeira categoria engloba a maior parte dos edifícios construídos na época da fundação. Suas construções seguem o padrão do brutalismo, com utilização abundante de concreto armado, esquadrias de alumínio e vidro, e cobertura em telha de fibrocimento. Nessa categoria toma-se partido da própria estrutura como elemento estético característico do edifício. Como exemplo dessa arquitetura tem-se: a Reitoria (Fig. 39), o Restaurante Universitário (Fig. 40), os Centros Administrativos (Fig. 41), a Biblioteca Central Zila Mamede (Fig. 42).



Fig. 39. Foto da Reitoria da UFRN.



Fig. 40. Foto do Restaurante Universitário (RU).



Fig. 41. Foto do Centro de Tecnologia (CT).



Fig. 42. Foto da Biblioteca Central Zila Mamede.

Na segunda categoria, as construções seguem um partido bem mais simples. A tipologia do prédio é de galpão pré-fabricado, sem maiores refinamentos estéticos, com cobertura em telha de fibrocimento. Como exemplo mais significativo dessa categoria encontramos os galpões da Marcenaria do Núcleo de Tecnologia Industrial (NTI) (Fig. 43), e os Laboratórios da Indústria Têxtil (Fig. 44), entre outros.



Fig. 43. Foto da Marcenaria (NTI).



Fig. 44. Foto do Lab. de Indústria Têxtil

Na terceira, encontram-se os prédios construídos mais recentemente, com tipologias bem diferentes das anteriores. Percebe-se claramente uma preocupação maior com a estética, com os materiais utilizados e com a questão de acessibilidade. Nota-se certo cuidado com o conforto ambiental nos partidos adotados, utilizam-se esquadrias pivotantes, mais adequadas ao clima. Também se encontram textura e pastilhamento nas fachadas, visando uma manutenção mais fácil. Como exemplo dessa categoria, temos: a Escola de Música (Fig. 45), o prédio de Laboratórios de Arquitetura, o Auditório do Centro de Ciências Exatas e da Terra, o Núcleo de Estudos em Petróleo e Gás (Fig. 46), o Departamento de Informática, a Superintendência de Comunicação, a Escola de Enfermagem (Fig. 47) e o recém inaugurado Laboratório Central de Estudos do Petróleo (Fig. 48).



Fig. 45. Foto da Escola de Música da UFRN.



Fig. 46. Foto do Núcleo de Estudos Petróleo e Gás.



Fig. 47. Foto da Escola de Enfermagem.



Fig. 48. Foto do Laboratório Central de Estudos do Petróleo .

Atualmente, analisando-se o mapa do espaço construído do Campus em estudo, percebe-se uma baixa densidade no uso e ocupação do solo. Trinta anos após o início de sua construção, verifica-se a presença de grandes espaços, devido à extensão de sua área, observa-se que as áreas vazias ainda superam as áreas construídas. Entretanto, determinados setores já sofrem adensamento urbano significativo, com perceptíveis conseqüências para o microclima do lugar.

3.3 O PLANO DIRETOR DO CAMPUS

Atualmente, está em fase de aprovação o Plano Diretor do Campus (PDCampus), documento que regulamentará as alterações em seu ambiente urbano.

Na primeira gestão do Reitor Prof. Ivonildo Rego (1995-1999), com a implementação do Plano Diretor de Natal, houve uma tentativa de elaboração de um Plano Diretor específico para o Campus Universitário Central.

“Entre 1996 e 1997 foi criada uma comissão com a participação de vários professores e estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo - UFRN, e cujos trabalhos obedeceram a 3 etapas básicas: a primeira consistiu da construção do diagnóstico crítico a partir da caracterização/análise do ambiente (natural e construído) e sua ocupação e percepção pelos usuários (inclusive com a aplicação de 1000 questionários com estudantes, professores e funcionários, em três horários de funcionamento – manhã, tarde e noite); a segunda correspondeu à proposição de intervenção físico-ambiental e a concepção de instrumentos de gestão espacial; a terceira foi a elaboração do documento final: Plano Diretor para o Campus da UFRN.



A realização das atividades evidenciou que: (i) elaborar diretrizes para a estruturação, uso e ocupação do espaço físico do Campus não se restringia ao diagnóstico da solução existente, nem à introdução de novos elementos na forma de intervenção espacial; (ii) era imprescindível a participação de profissionais de outros centros e departamentos; (iii) qualquer solução a ser adotada deveria envolver uma esfera política mais ampla”. (Depoimento da Prof^a Gleice Elali, realizado em 03.08.2005).

Apesar da proposta continuar evoluindo, definiu-se que o processo de tomada de decisão frente a qualquer questão específica deveria se orientar pela socialização das atividades e conhecimentos e, sobretudo, por uma consulta ampla à Comunidade Universitária, o que possibilitaria a otimização dos resultados em diversas frentes de atuação.

“Nesse sentido, após a elaboração de um documento inicial provisório, entregue à administração central, foram realizadas várias reuniões, culminando com uma apresentação da proposta aos Diretores de Centro. Nessa ocasião, foi definida uma agenda preliminar para novas apresentações, desta vez aos Conselhos dos Centros, oportunidade para os Departamentos se manifestarem. Haveria, também, uma apresentação para estudantes, a partir de uma exposição a ser realizada no Centro de Convivência. A experiência terminou nesse momento, não tendo continuidade, pois nunca aconteceu qualquer dessas reuniões”. (Depoimento da Prof^a Gleice Elali, realizado em 03.08.2005).

Atribui-se a não implementação desta primeira proposta aos conflitos que surgiram no transcorrer do processo e ao início da transição dos gestores desta universidade.

Em 2004, outra comissão foi nomeada, com o intuito de finalizar e atualizar o Plano iniciado nos anos de 1996. Sob a presidência do Prof. Paulo Nobre, do Departamento de Arquitetura/UFRN, com a colaboração de profissionais da SIN e de outros departamentos, elaboraram uma nova proposta de Plano Diretor para o Campus Universitário, que atualmente está em vias de homologação, com a contribuição das análises e conclusões da presente pesquisa.

“O desafio se constitui em conceber uma norma geral que estabeleça o que a Universidade deve fazer em relação ao uso e à ocupação do território, propondo



diretrizes para convivência saudável entre os setores do Território Universitário e deste com a rede urbana. Além disso, se faz necessário avaliar e escolher cenários desejáveis para os diversos aspectos tratados como metas (sustentabilidade, infraestrutura, crescimento, eficiência energética, tratamento dos resíduos etc.), bem como traçar diretrizes para se alcançar a situação físico-ambiental mais adequada para o espaço” [...] (NOBRE, 2005).

Atualmente, as prescrições do novo Plano Diretor do Campus da UFRN estão sendo incorporadas às determinações estabelecidas pelo Plano Diretor do Município de Natal (PDN), que se encontra em fase de revisão.

O Plano Diretor do Campus (PDCampus) é o instrumento básico da política de ocupação da área que atua sobre a totalidade do território do Campus, visando seu adequado desenvolvimento urbano, bem como de orientação aos responsáveis pela gestão desse espaço. A partir de maio de 2005 passou a regulamentar e orientar as construções, ampliações e gerenciar toda e qualquer intervenção na área, mesmo antes de sua homologação.

Os principais objetivos do PDCampus são: estabelecer critérios de controle e orientação do uso do solo; definir medidas que melhorem a qualidade de vida dos usuários; preservar, proteger e recuperar o meio ambiente e a paisagem; racionalizar e adequar o uso da infra-estrutura urbana instalada; estabelecer diretrizes para resolução de conflitos de uso e ocupação do solo e do sistema de infra-estrutura; estabelecer políticas de participação da comunidade universitária visando à implantação de programas e projetos de urbanização dos espaços de uso coletivo.

Para atingir os objetivos foram adotadas as ZONAS e as ÁREAS, como unidades territoriais de planejamento.

As ZONAS são porções do terreno do Campus delimitadas prioritariamente pelo Sistema de Infra-estrutura Viário. De acordo com o Macrozoneamento, a superfície do Campus está dividida em seis Zonas: Zona Central (ZC), Zona 1 (Z1), Zona 2 (Z2), Zona 3 (Z3), Zona 4 (Z4) e Zona 5 (Z5) (Fig. 49).

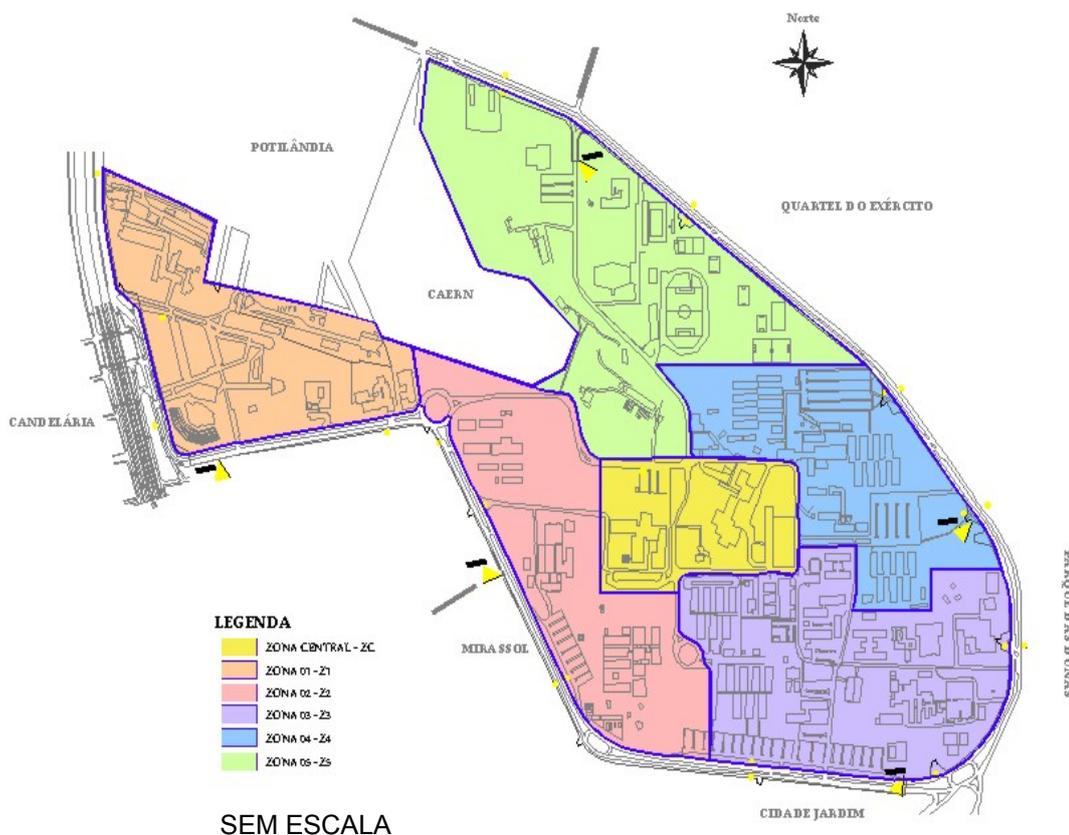


Fig. 49. Mapa do Macrozoneamento definido pela SIN e incorporado ao PDCampus. Fonte: UFRN, 2005.

Enquanto que ÁREAS são porções do território do Campus inseridas nas Zonas, com determinadas características comuns.

Quanto à Caracterização das Áreas Especiais, foram classificadas como: Áreas Simbólicas, Áreas Não Edificáveis e Áreas de Proteção Ambiental. Nas Áreas simbólicas serão restritos os índices urbanísticos; nas Áreas Não Edificáveis são proibidas as construções de novas edificações e nas Áreas de Proteção Ambiental são permitidas as construções de novas edificações e/ou ampliações das existentes, desde que vitais para o funcionamento do sistema de infra-estrutura básico (Fig. 50).

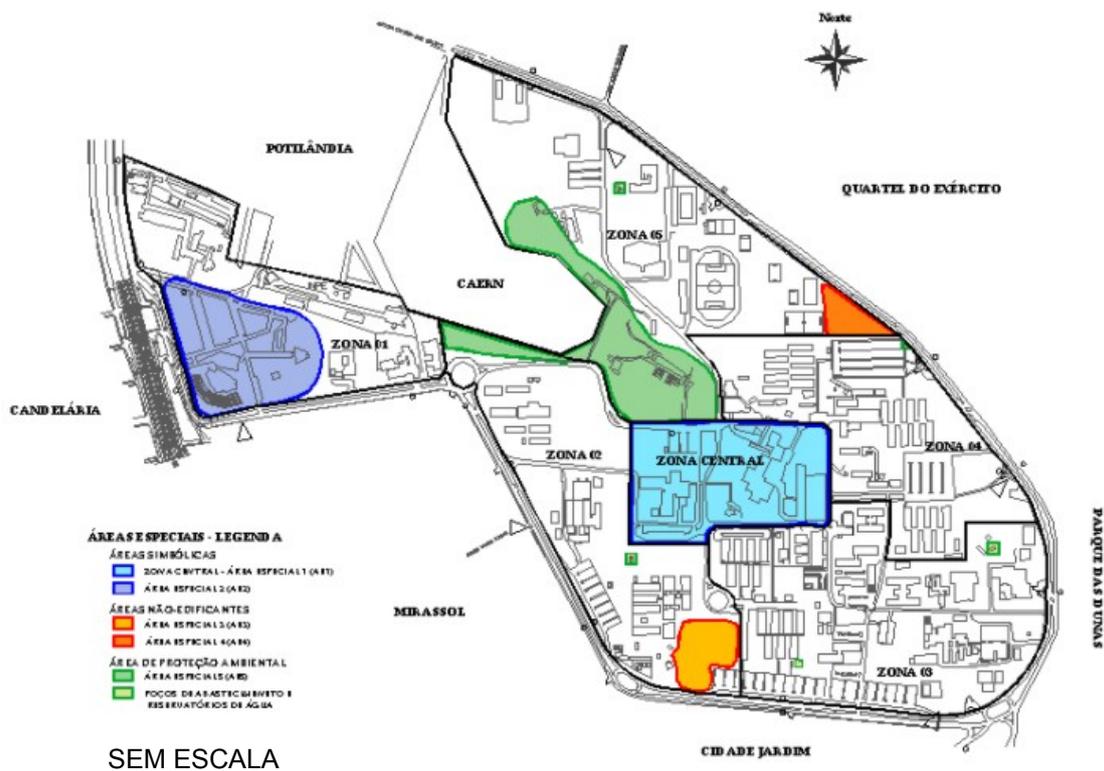
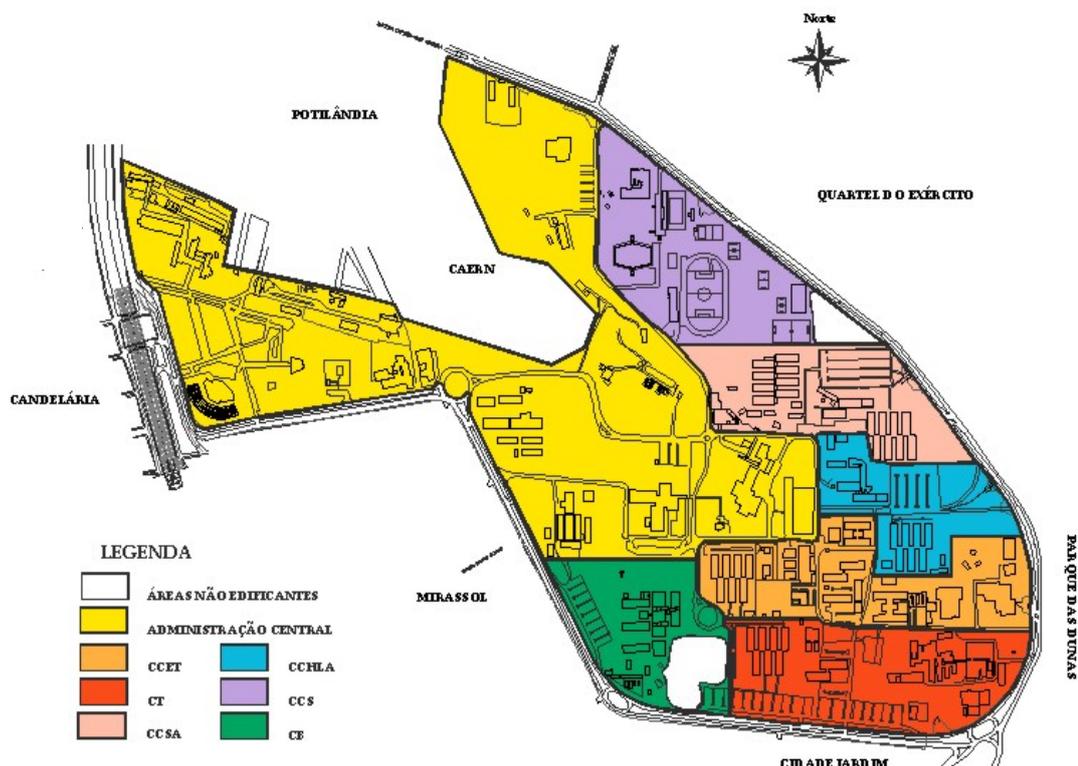


Fig. 50. Mapa das Áreas Especiais definidas no PDCampus.
Fonte: UFRN, 2005.

No que diz respeito ao Zoneamento Territorial, a superfície do Campus está dividida em sete zonas: Administração Central, Centro de Tecnologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Centro de Biociências, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Centro de Ciências Sociais Aplicadas e Centro de Ciências da Saúde, Fig. 51.



SEM ESCALA

Fig. 51. Mapa do Zoneamento Territorial sugerido pelo PDCampus.
Fonte: UFRN, 2005.

Com respeito à definição dos recuos em relação às vias e as outras edificações, ficam subordinados: às limitações do Plano Diretor de Natal; às especificações do Código de Obras e Edificações do Município de Natal; às condições de conforto ambiental - escoamento dos ventos, sombreamento, permeabilidade do solo, gabarito das edificações, visibilidade, nível de ruído, qualidade do ar; e às condições de acessibilidade universal e passeios para pedestres.

Segundo Nobre (2005), outro desafio urgente é a definição dos recuos e afastamentos. Fica determinado que a implantação das edificações deve obedecer um recuo mínimo de 10m em relação ao anel viário e 3 m em relação ao sistema viário interno. Além de guardar no entorno de cada edificação um recuo mínimo de 3m, acrescidos de mais 3m para prédios contíguos (Fig. 52).

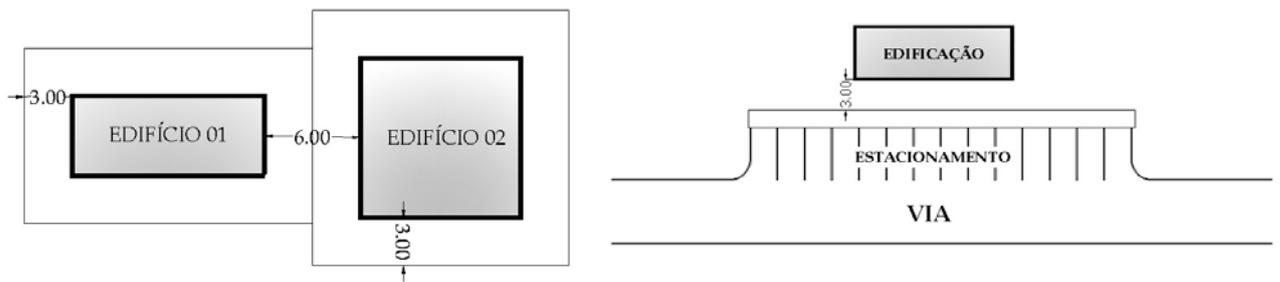


Fig. 52. Infográfico com a definição dos recuos estabelecidos pelo PDCampus.
Fonte: UFRN, 2005.

Quanto ao gabarito máximo das edificações (Fig. 53), ficam subordinados às prescrições urbanísticas da Área de Controle de Gabarito II, definida pelo Plano Diretor de Natal.

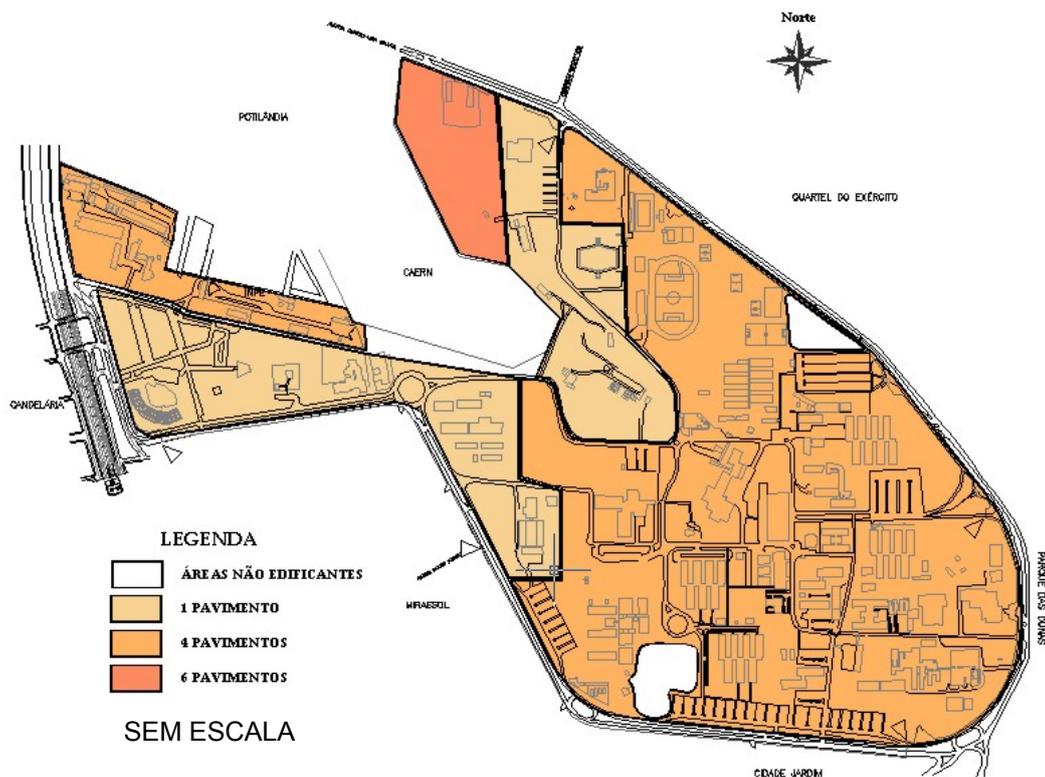


Fig. 53. Mapa de Gabarito máximo permitido para as Edificações.
Fonte: UFRN, 2005.

Os serviços de infra-estrutura (viário, elétrico, telefônico, lógico, transportes urbanos e saneamento básico) deverão ser otimizados de modo a abranger toda a área do Campus.



De acordo com o Plano Diretor do Campus, a arborização e o ajardinamento da área deverão ser objeto de plano específico e abrangente, desenvolvido por equipe especializada na área.

Enfim, qualquer proposta de intervenção no espaço físico do Campus será submetida à aprovação da Comissão de Gestão do Espaço Físico do Campus, que verificará sua adequação às disposições deste Plano Diretor, como também sua implantação e gerenciamento.

A implementação do Plano Diretor do Campus da UFRN trará benefícios e contribuições para o conforto neste ambiente construído, assim como, a regulamentação da morfologia urbana, das tipologias utilizadas, do ordenamento do solo, do ajardinamento dos espaços, incrementando a eficiência energética e proporcionando uma arquitetura bioclimática na região.

No capítulo subsequente é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa, o trabalho de campo e os instrumentos de medição.



4.0 METODOLOGIA

Neste capítulo serão discriminados os métodos e técnicas utilizados, o percurso metodológico, a pesquisa de campo, os instrumentos de medida, e as incertezas experimentais características de uma análise bioclimática.

4.1 MÉTODOS E TÉCNICAS

Na realização desse trabalho foram utilizadas técnicas de pesquisa bibliográfica, documental e empírica. Na pesquisa bibliográfica, foram consultados os acervos da biblioteca da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), das bibliotecas setoriais dos Departamentos de Arquitetura e de Geografia, da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SEMURB), do Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON - UFRN), do Grupo de Estudos em Arquitetura e Urbanismo - GEAU (UFRN) e da Superintendência de Infra-estrutura do Campus (SIN), assim como do acervo particular da orientadora e da pesquisadora. A escolha da bibliografia baseou-se nos temas principais da pesquisa: Clima Urbano, Análise bioclimática, Conforto Ambiental e Forma Urbana. O material bibliográfico foi primeiramente examinado com leitura dinâmica e, posteriormente, estudado detalhadamente.

Na fase da pesquisa documental foram consultados os acervos de mapas, imagens de satélite, estatísticas, relatórios, planos e projetos urbanísticos da Prefeitura de Natal, do Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente (IDEMA) e da Superintendência de Infra-estrutura da UFRN. Para a realização da pesquisa, alguns dos documentos utilizados foram adquiridos. Como referência básica, utilizou-se a planta baixa do Campus Central de 1997, que foi atualizada pela foto aérea do Campus, ambas cedidas pela SIN (2004).

Quanto à pesquisa empírica, foram realizados levantamentos, coleta de dados e observações *in loco*, bem como medições e indagações aos alunos, professores e funcionários da Comunidade Universitária. A pesquisa empírica objetivou uma investigação do Campus Central da UFRN, a partir dos aspectos de conforto no ambiente construído, como: caracterização do clima urbano, análise bioclimática e detalhes da forma urbana, como também foram coletados dados e realizadas medições para análise estatística das variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, chuvas, radiação solar,



índice de ultravioleta e evapotranspiração, a fim de traçar diretrizes para melhor utilização do solo urbano, visando uma arquitetura adequada a região.

4.2 PERCURSO METODOLÓGICO

Após criteriosa revisão bibliográfica, partiu-se para caracterização do universo de estudo e diagnóstico do Campus Central, onde se ressalta a implantação, o partido adotado inicialmente, a morfologia urbana, as tipologias utilizadas, a evolução do adensamento urbano, até a elaboração do Plano Diretor do Campus em maio de 2005.

Em seguida, definiu-se que a metodologia utilizada para a investigação do clima urbano do Campus seria baseada na aplicação de três métodos de análise bioclimática do espaço urbano: Katschner (1997), Oliveira (1993) e Bustos Romero (2001), e posteriormente, realizou-se o registro das variáveis ambientais e a análise estatística dos dados coletados. Essa técnica foi anteriormente utilizada para análise bioclimática do clima urbano de outros bairros da cidade de Natal-RN, como Petrópolis e Ribeira, nos anos de 2003 e 2004, respectivamente.

A pesquisa baseou-se nas seguintes etapas: introdução, pesquisa bibliográfica, caracterização da área, metodologia, análise qualitativa, análise quantitativa, análise estatística e considerações finais.

- **Métodos Adotados**

O primeiro método orienta uma investigação do clima urbano, como ferramenta para a arquitetura e o planejamento urbano, buscando classificações espaciais de zonas climaticamente caracterizadas, visando propostas de planejamento específicas. Foi elaborado pelo professor Katschner (1997) da Universidade de Kassel na Alemanha.

Na cidade de Frankfurt o referido método foi utilizado para avaliação das condições do clima urbano, através de uma descrição qualitativa e um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos do clima urbano. Seus objetivos visavam melhorar os sistemas de circulação local dentro da camada de cobertura urbana, aumentar a ventilação para melhoria da qualidade do ar ou diminuir a ilha de calor urbana e reduzir a radiação de ondas longas para um melhoramento das condições térmicas (Fig. 54).



Fig. 54. Fluxograma da metodologia de Katzschner (1997).
Fonte: Katzschner (1997) adaptado por Costa (2003).

Os critérios foram desenvolvidos para situação de ventilação, através de uma descrição da possível troca de massas de ar; e para o padrão de ilha de calor, por meio do aspecto térmico.

Para privilegiar a ventilação foram utilizados critérios que favorecessem correntes de ar para troca entre as massas, produção de ar frio para o movimento de descida dessas massas de ar e sistemas locais de circulação.

No caso de amenizar a ilha de calor foram estudados: o padrão de temperatura do ar para tensão entre frio e quente; a variação climática urbana em uma faixa de 150m; e a variação diária de temperatura do ar.

Visando alcançar as metas propostas para o clima urbano ideal, Katzschner (1997) orientou a análise qualitativa, através da leitura de mapas de topografia, uso do solo, altura das edificações e áreas verdes; seguida pela definição de pontos com



características semelhantes, para a investigação quantitativa do clima, realizada através de medições das variáveis ambientais e climáticas e sensações humano-biometeorológica.

Após elaboração dos mapas, partiu-se para a análise. Superpõem-se os mapas a fim de identificar áreas com características semelhantes no que diz respeito a serem protegidas por razões Climatológicas, serem preservadas por conterem áreas verdes, serem melhoradas por apresentarem condições climáticas negativas.

A seguir, selecionaram-se os pontos mais representativos de cada área, onde, de acordo com o número de equipamentos e foram realizadas medições das variáveis ambientais, para avaliação das condições bioclimáticas e posterior análise estatística dos dados.

Quanto à avaliação das condições bioclimáticas, realiza-se a partir de um índice de conforto térmico. Na aplicação em Frankfurt, o modelo de Fanger (1972) foi adaptado para condições exteriores, gerando um modelo que pôde ser aplicado em recintos urbanos. Katzschner (1997) ainda propõe medições das sensações térmicas ou humano-biometeorológicas.

No desenvolvimento deste trabalho foi acrescentado o mapa de recobrimento do solo, como mais um elemento de diagnóstico da área objeto de estudo.

Os mapas propostos na referida metodologia foram elaborados em um software de Sistema de Informações Georeferenciadas (GIS – *Georeferencing Information System*).

O segundo método propõe análise dos atributos bioclimatizantes da forma urbana, quanto ao sítio e quanto à tipologia, como forma de controle do ambiente climático urbano; visando minimizar os impactos ambientais e o consumo energético, através da disposição adequada desses atributos. Foi elaborado por Oliveira (1985), como dissertação de mestrado na Universidade de Brasília – UNB, com revisão em 1993.

Ciente que a forma urbana e as atividades antrópicas introduzem modificações no clima urbano, Oliveira (1985), baseado em estudos das correlações entre causa e efeito dessas modificações, conduz à identificação dos aspectos, elementos e atributos bioclimatizantes da forma urbana, que a tornam condicionante do ambiente climático urbano, fraca, mediana ou forte.



Para tanto, propôs uma análise qualitativa da forma urbana quanto ao sítio e quanto à massa edificada (Quadro 1) e uma análise quantitativa com aplicação de um algoritmo baseado na atribuição de valores para cada item estudado de acordo com o clima da região.

Quadro 1. Atributos bioclimatizantes da forma urbana.

FORMA URBANA	SÍTIO	RELEVO	Declividade
			Orientação
			Conformação geométrica
			Altura relativa
		SOLO	Natureza
	MASSA EDIFICADA	FORMATO	Horizontalidade
			Verticalidade
			Densidade/ocupação do solo
			Orientação ao sol
		RUGOSIDADE	Diversidade de alturas
			Fragmentação
			Diferencial de alturas
		POROSIDADE	Tipo de trama
			Orientação aos ventos
			Continuidade da trama
PERMEABILIDADE	Permeabilidade		
VEGETAÇÃO	Áreas verdes		

Fonte: Oliveira (1993) adaptado por Costa (2003).

Nesta pesquisa foram analisados todos os atributos da forma urbana, porém, devido a problemas de inadequação pertinentes a incompatibilidade do algoritmo com nossa área de estudo, não foi aplicada a análise do mesmo.

Concluída a análise qualitativa proposta pela metodologia de Katzschner (1997), com a apreciação dos mapas, e a investigação dos atributos bioclimatizantes da forma urbana, recomendada pela metodologia de Oliveira (1985), partiu-se para a identificação das áreas com características semelhantes (a serem protegidas, preservadas e melhoradas) e escolha dos pontos de medição que melhor representassem cada área, oferecendo condições de segurança para os equipamentos. Após a escolha dos pontos, foi realizada investigação e apreciação de cada ponto, baseada no terceiro método.



Quanto ao terceiro método adotado, proposto por Bustos Romero (2001), e que trata de uma análise da concepção do espaço público, através da apreciação de duas categorias temáticas principais: o espaço e o ambiente, visando uma concepção bioclimática do espaço público. Essas categorias, por sua vez, permitem a análise das três variáveis básicas que compõem esse espaço público: o entorno, a base e a superfície fronteira.

Nesta pesquisa utilizou-se a referida metodologia no que concerne ao preenchimento de uma ficha bioclimática, na qual são apreciados os elementos espaciais e ambientais, referentes ao entorno, à base e à superfície fronteira dos pontos definidos para registros dos dados ambientais (Fig. 55).

A avaliação do entorno caracteriza o espaço, quanto aos acessos ao sol, ao vento, ao som, à continuidade da massa e à condução dos ventos; e o ambiente, quanto à sensação de cor, som e clima.

A investigação da base ressalta as componentes espaciais quanto às propriedades físicas dos materiais, pavimentação, vegetação, presença de água, mobiliário urbano e as componentes ambientais quanto à temperatura superficial, albedo, ambiente sonoro, variação de cor, tom, e incidência e estética da luz.

A análise espacial da superfície fronteira investiga a convexidade do sítio, a continuidade da superfície, a tipologia edilícia e outros detalhes do entorno; e do ponto de vista ambiental são apreciados a luminância, a absorção e reflexão da superfície fronteira, matizes de cor e claridade, personalidade acústica, além da qualidade superficial dos materiais.

Com a conclusão da análise bioclimática e investigação das características espaciais e ambientais nos pontos de medição, partiu-se para a coleta dos dados, e posterior análise e discussão dos resultados.



FICHA BIOCLIMÁTICA DO ESPAÇO PÚBLICO			
ESPACIAIS		AMBIENTAIS	
ENTORNO	ACESSOS	SOL-	SENSAÇÃO DE COR- COR
		VENTO-	RESONÂNCIA DO RECINTO- SOMBRA ACÚSTICA- SOM
		SOM-	DIRETA- DIFUSA- REFLETIDA- RADIÇÃO CLIMA
	CONTINUIDADE DA MASSA	UMIDADE RELATIVA- TEMPERATURA DO AR (°C) - VELOCIDADE DO VENTO -	SOM
	CONDUÇÃO DOS VENTOS-		
A BASE	ÁREA DA BASE		TEMPERATURAS SUPERFICIAIS- ALBEDO
	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS- VEGETAÇÃO	AMBIENTE SONORO- SOM
		ÁGUA	VARIAÇÃO SAZONAL- CONJUNTO DE CORES- TONALIDADE- COR
		MOBILIÁRIO URBANO-	MANCHAS DE LUZ- ESTÉTICA DA LUZ- LUZ
A FRONTEIRA	CONVEXIDADE CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE-		LUMINÂNCIA-
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA- ABERTURAS-		INCIDÊNCIA DA LUZ- DIREÇÃO DO FLUXO-
	TENSÃO- DETALHES ARQUITETÔNICOS-		ABSORÇÃO- REFLEXÃO- CLIMA
	NÚMERO DE LADOS-		MATIZES- CLARIDADE-
	ALTURA-		PERSONALIDADE ACÚSTICA- SOM
	ÁREA TOTAL DA SUPERFÍCIE		QUALIDADE SUPERFICIAL DOS MATERIAIS-

Fig. 55. Ficha bioclimática.
Fonte: Bustos Romero (2001, p. 158).



4.3 A PESQUISA DE CAMPO

Tendo como área de estudo o Campus Central da UFRN e como variáveis ambientais apreciadas: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, chuva, radiação solar, índice de ultravioleta e evapotranspiração, realiza-se a coleta de dados para os dois períodos climáticos característicos da região objeto de estudo, a estação chuvosa e a estação seca, períodos esses identificados por Araújo, Martins, Araújo (1998).

4.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA PESQUISA

Os instrumentos utilizados na pesquisa de campo foram as estações meteorológicas portáteis do modelo Vantage Pro2, São constituídas por um tripé; um conjunto hermeticamente fechado com os termômetros e sensores blindados em seu interior; uma placa coletora de energia solar que a alimenta; um pluviômetro; um anemômetro; e os sensores de radiação solar e ultravioleta; além do rádio transmissor, aqui denominado de console (Fig. 56 e Fig. 57).



Fig. 56. Foto da Estação Meteorológica Portátil



Fig. 57. Foto do Rádio receptor (Console).

O console deve se localizar numa proximidade máxima de 300m da estação transmissora. Esse rádio armazena os dados coletados na estação ao ar livre e no local onde se encontra. O console é abastecido por energia elétrica e apresenta várias funções, gráficos e médias (diárias, anuais e mensais), dos dados armazenados no período configurado.

As unidades, escalas, resoluções e confiabilidade do equipamento Vantage Pro2 – Davis, estão descritas na (Tabela 1).



Tabela 1. Especificações da estação meteorológica portátil.

Função	Unidade	Resolução	Escala	Confiabilidade (\pm)
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	0.1°C	-40° a $+65^{\circ}\text{C}$	0.5°C
Umidade	%	1%	0 a 100%	3%
Veloc. Ventos	m/s	0.5 m/s	1 a 68 m/s	1 m/s
Dir. ventos	$^{\circ}$	1°	0 a 360°	7°
Ponto Orvalho	$^{\circ}\text{C}$	1°C	-76° a $+54^{\circ}\text{C}$	1.5°C
Sens. Vento	$^{\circ}\text{C}$	1°C	-84° a $+54^{\circ}\text{C}$	1°C
Índice Calor	$^{\circ}\text{C}$	1°C	-40° a $+57^{\circ}\text{C}$	1.5°C
Pressão Bar.	hPa	0.1hPa	880 a 1080hPa	1.0hPa
Chuva	mm	0.25mm	1999.9 mm/h	1mm/h
Rad. Solar	W/m^2	$1\text{W}/\text{m}^2$	0 a $1800\text{W}/\text{m}^2$	5% of full scale
Índice UV	index	0.1 index	0 a 16	5% of full scale
Dose UV	MED		0 a 199 MEDs	5%
Evapotranspiração	mm	0.25mm	1999.9mm	0.25mm

Fonte: DAVIS INSTRUMENTS (2005).

Após aferição e calibração das estações portáteis, foi realizada sua instalação e configuração, nos pontos antes selecionados, a cerca de seis metros acima do nível do terreno; levando-se em consideração, principalmente, o objetivo da pesquisa e a segurança dos equipamentos. Nesta etapa, contamos com a valorosa participação do Engenheiro Elétrico Francisco Raimundo da Silva, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sem o qual as estações não seriam calibradas para elaboração da pesquisa de campo (Fig. 58).



Fig. 58. Foto do processo de aferição das estações meteorológicas portáteis – junho/2005.

Na instalação foram utilizados equipamentos como: carro com escada, nível de bolha, bússola para orientação da estação ao norte, furadeira e chaves diversas (Fig. 59). Em seguida, obtiveram-se dados de latitude, longitude e altitude com o GPS, dados estes, necessários para a configuração do console.

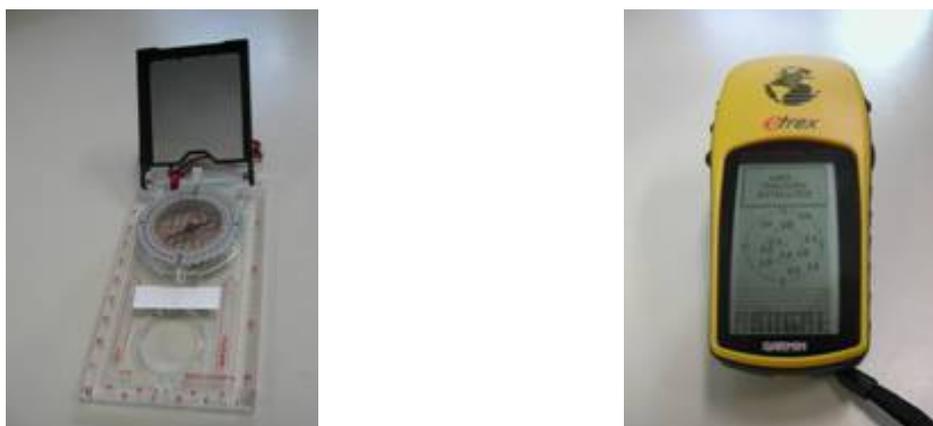


Fig. 59. Fotos dos instrumentos usados na locação das estações (bússola e GPS).

Foram utilizadas três estações meteorológicas portáteis, descritas anteriormente, onde foram coletados dados horários de todas as variáveis ambientais para o primeiro período de medição, dados de dez em dez minutos para o segundo período; e uma estação fixa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde os dados foram registrados em três horários diários (9:00, 15:00 e 21:00 horas), perfazendo um total de 4 pontos de medições, selecionados segundo a aplicação das metodologias adotadas.

As estações meteorológicas portáteis foram afixadas externamente, em edificações padronizadas existentes no Campus Central, dentro das áreas definidas para o registro das variáveis ambientais e de acordo com as metodologias adotadas. Tais edificações abrigam as subestações elétricas, onde se encontram os transformadores e geradores de energia elétrica e são consideradas áreas de segurança.

A primeira estação portátil (Ponto 01) foi afixada sobre o telhado da Divisão de Transportes e Oficinas (Fig. 60). Seu console (rádio receptor dos dados) foi instalado na sala do diretor da Divisão, logo abaixo da estação e contou com a colaboração do mesmo.



Fig. 60 Fotos da Estação e do console, Ponto 01

A segunda estação (Ponto 02), tratada aqui como estação fixa, constitui-se da Estação Climatológica do Departamento de Geografia – UFRN, e conveniada com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Fig. 61).



Fig. 61 Fotos da Estação Climatológica da UFRN, Ponto 02.

A terceira estação portátil (Ponto 03) ficou localizada na subestação 4C (Fig. 62) e seu console distante aproximadamente 50m, na sala do diretor do Centro de Ciências Humanas Letras e Artes, que gentilmente nos permitiu o acesso quantas vezes se fizeram necessárias.

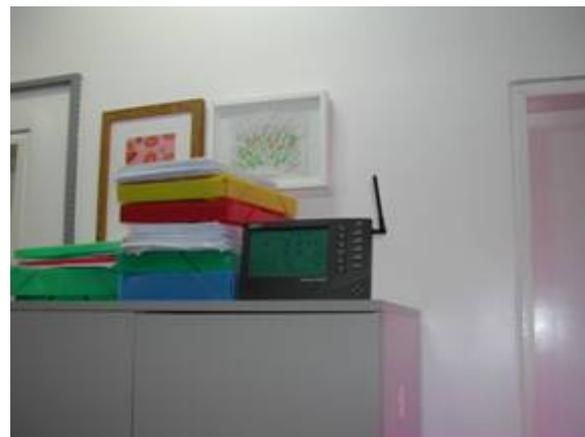


Fig. 62 Fotos da Estação e do console, Ponto 03

A quarta estação (Ponto 04) foi localizada na subestação 3D (Fig. 63), próxima ao Núcleo de Tecnológico Industrial (NTI), e seu console na sala da professora Márcia Pedrini, do Departamento de Engenharia Química, distante aproximadamente 50m da estação.



Fig. 63 Fotos da Estação e do console no Ponto 04

Para a instalação dos equipamentos, contamos com a colaboração do Diretor da Superintendência de Infra-estrutura - UFRN, Gustavo Coelho, tanto fornecendo ferramentas, como garantindo a segurança das estações.



Levantamento e coleta dos dados

A primeira coleta de dados realizou-se de 21 de junho a 18 de julho de 2005, representando o período chuvoso e a segunda de 20 de outubro a 20 de novembro de 2005, representando o período seco.

A instalação das estações no primeiro período transcorreu sem imprevistos, entretanto os consoles não estavam recebendo o sinal satisfatoriamente nos locais primeiramente instalados (pontos 03 e 04). Após dois dias (fim de semana) detectamos o problema, trocamos os consoles de lugar e a transmissão dos dados ficou perfeita.

Após trinta dias da instalação, foram retiradas as estações móveis e apreciados os dados coletados. Primeiramente no *software* da própria estação, onde os dados foram gerados como arquivos de texto e posteriormente transformados em arquivos de planilha eletrônica para realização da análise estatística.

Vale salientar, que no primeiro período de medição, choveu mais do que o previsto para períodos chuvosos na região, no entanto a pesquisa trata da investigação do clima urbano e análise bioclimática para o ano de 2005.

A instalação no período seco transcorreu tranqüilamente, devido aos suportes já estarem afixados, mas não foi disponibilizado o carro do plantão de luz e colocou-se tudo apenas com uma escada longa, o que dificultou um pouco o trabalho.

As estações móveis foram instaladas e monitoradas diariamente, e semanalmente eram realizados *downloads* dos dados para o computador (Fig. 64).



Fig. 64. Foto do processo de *download* dos dados registrados.



Durante o monitoramento das estações foi elaborado um diário para avaliar o tipo de céu, e algumas observações como a sensação de conforto, percepção térmica do ambiente e outras ocorrências (Tabela 2) e (Tabela 3).

Tabela 2. Dados do céu e observações registradas no período chuvoso.

Data	Céu	Percepção térmica da pesquisadora e observações
17.06.2005	Claro	A instalação ocorreu sem imprevistos
18.06.2005	Claro	O sinal nos pontos 3 e 4 estava fraco.
19.06.2005	Claro	Não tivemos acesso aos consoles (domingo).
20.06.2005	Claro	Trocamos os consoles 3 e 4 de lugar, pois onde estavam não recebiam os dados.
21.06.2005	Claro	Dados perfeitos! Finalmente.
22.06.2005	Claro	Sensação de conforto
23.06.2005	Totalmente encoberto	Sensação de umidade alta
24.06.2005	Céu nublado	Temperatura caindo
25.06.2005	Céu claro	Sensação de calor - Retirada das fotos
26.06.2005	Céu nublado	Sensação de conforto
27.06.2005	Céu nublado	Sensação de frio
28.06.2005	Céu claro	Mais quente – Choveu muito à noite
29.06.2005	Céu nublado	Sensação de frio
30.06.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
01.07.2005	Céu encoberto	Sensação de umidade alta
02.07.2005	Céu encoberto	Sensação de umidade alta
03.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
04.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
05.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
06.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
07.07.2005	Céu nublado	Sensação de umidade alta
08.07.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
09.07.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
10.07.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
11.07.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
12.07.2005	Céu encoberto	Sensação de umidade alta
13.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
17.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
17.07.2005	Céu encoberto	Sensação de conforto
18.07.2005	Céu claro	Sensação de conforto
19.07.2005	Céu claro	Retirada das estações



Tabela 3. Dados do céu e observações registradas no período seco.

Data	Céu	Percepção térmica da pesquisadora e observações
13.10.2005	Claro	Instalação perfeita
...	-	Dados perdidos nesta semana
20.10.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de calor
21.10.2005	Claro	Sensação de calor
22.10.2005	Claro	Sensação de calor
23.10.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de umidade alta
24.10.2005	Claro	Sensação de calor
25.10.2005	Claro	Sensação de calor
26.10.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de umidade alta
27.10.2005	Claro	Sensação de calor
28.10.2005	Claro	Sensação de umidade alta
29.10.2005	Claro	Sensação de calor
30.10.2005	Claro	Sensação de calor
31.10.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de calor
01.11.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de umidade alta
02.11.2005	Claro	Conforto
03.11.2005	Claro	Sensação de calor
04.11.2005	Claro	Sensação de calor / rajadas de vento
05.11.2005	Claro	Sensação de calor/ rajadas de vento
06.11.2005	Claro	Sensação de calor
07.11.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de umidade alta
08.11.2005	Claro	Sensação de calor
09.11.2005	Claro	Sensação de calor
10.11.2005	Claro	Sensação de calor
11.11.2005	Claro	Conforto
12.11.2005	Parcialmente encoberto	Conforto
13.11.2005	Claro	Sensação de umidade alta
14.11.2005	Parcialmente encoberto	Conforto
15.11.2005	Claro	Sensação de calor
16.11.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de calor
17.11.2005	Claro	Sensação de calor
18.11.2005	Claro	Sensação de calor
19.11.2005	Parcialmente encoberto	Sensação de conforto
20.11.2005	Claro	Sensação de calor
21.11.2005	Claro	Retirada dos consoles e download

Após o trabalho de campo e coleta de dados, partiu-se para o tratamento e análise dos dados, através da elaboração das planilhas e aplicação de métodos estatísticos.



4.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Nesta fase, contou-se com a colaboração da CONSULEST – Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN, que orientou o tratamento e análise estatística dos dados, que teve como objetivo principal caracterizar os microclimas, realizando averiguações das inter-relações existentes entre os pontos de medição, no que diz respeito às variáveis ambientais, aos horários, aos dias e aos períodos de medição; além de verificar comparativamente todas as variáveis medidas. Para tanto, foram utilizados planilhas eletrônicas e *softwares* específicos.

4.5 INCERTEZAS EXPERIMENTAIS

Deve-se colocar nesta pesquisa as incertezas experimentais e a possibilidade de erro humano, no que diz respeito às limitações dos métodos utilizados, que mesmo tendo aliado três metodologias que se correlacionam e se fundamentam em roteiros de trabalhos já usuais na área de conforto no ambiente urbano, somente devem ser aplicados em regiões com clima semelhante e sob as mesmas condições experimentais.

O capítulo seguinte expõe a Análise Qualitativa do Campus com aplicação das metodologias propostas e apresentação das zonas climaticamente caracterizadas.



5.0 ANÁLISE QUALITATIVA

Este capítulo apresenta a aplicação das metodologias de Katzschner (1997) e Oliveira (1993), para tanto se realizou uma análise qualitativa, baseada em levantamentos de campo, observações *in loco*, análises e estudos para o Campus Central da UFRN.

5.1 ESTUDO DO MICROCLIMA DA ÁREA OBJETO DA PESQUISA

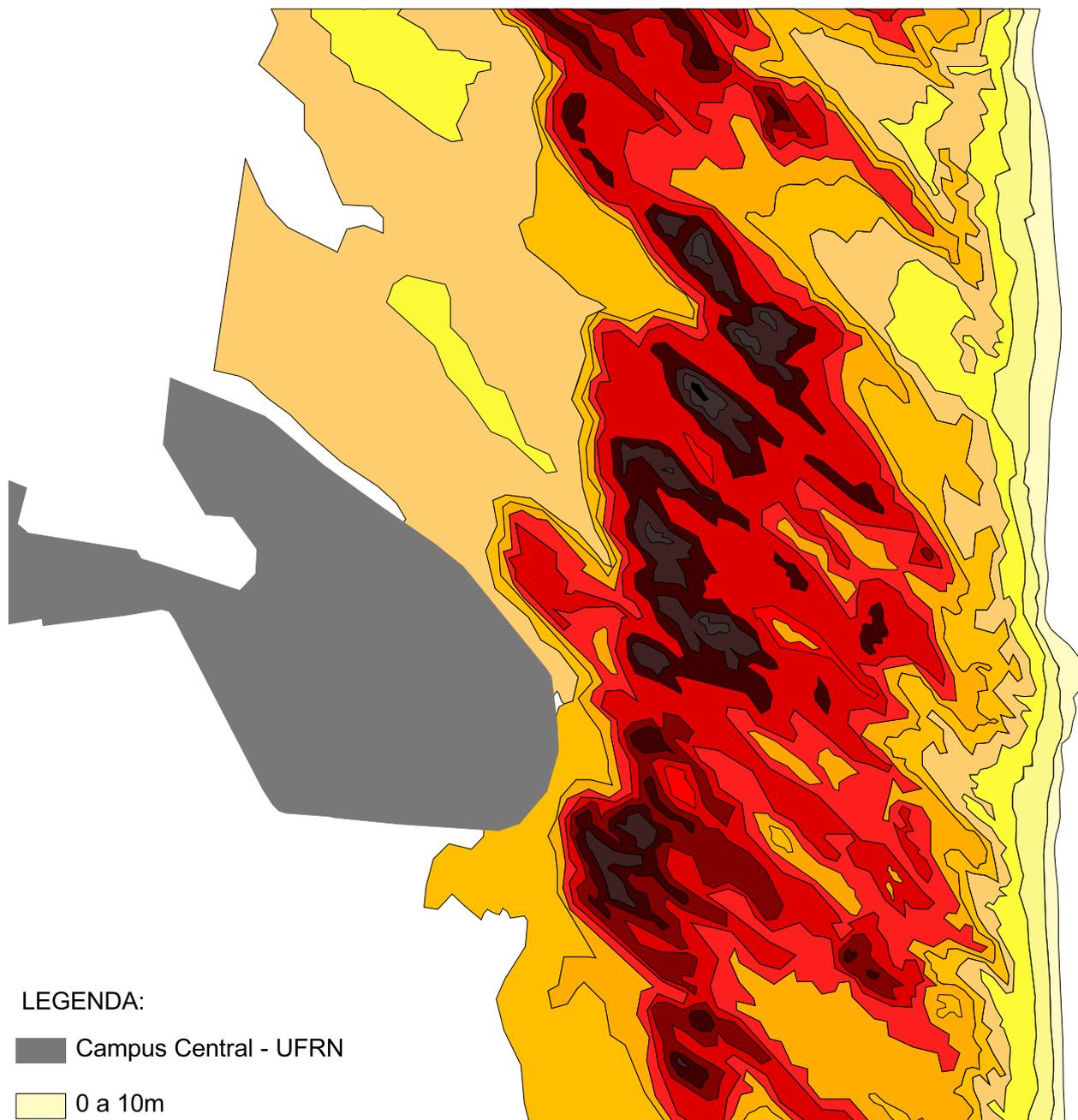
Nesta etapa, realiza-se um estudo do clima urbano, baseando-se na descrição qualitativa dos atributos da forma urbana, através dos mapas de topografia, de uso do solo, altura das edificações, áreas verdes/recobrimento do solo, visando à identificação de áreas climaticamente caracterizadas, a fim de se implementarem propostas específicas de planejamento urbano, e sugerirem-se diretrizes para construção no Campus.

- **Topografia**

O relevo do Campus apresenta-se em situação de vale na fronteira leste, devido à presença do Parque das Dunas, que contorna toda a área. Quanto às fronteiras norte e sul, caracterizam-se pelo relevo plano e pouco acidentado (Fig. 65).

Percebe-se no mapa topográfico, que o Parque das Dunas constitui-se como barreira natural ao fluxo horizontal dos ventos alísios predominantes em Natal. Esses ventos, ao encontrarem as dunas, elevam sua altura no gradiente de ventilação, provocando turbulências no escoamento do ar e uma zona de sombra de vento ou baixa turbulência a sotavento do Parque, local onde se situa o Campus e que sofre as conseqüências desses efeitos.

As topografias acidentadas podem provocar desvios no fluxo horizontal do ar atmosférico. Geralmente, os efeitos estão relacionados com a altura dos obstáculos: quanto mais acidentada a topografia, e quanto mais forte o fluxo, mais intensa e a níveis mais altos irá a turbulência mecânica. Este tipo de turbulência é resultado da fricção do fluxo de ar sobre a superfície, fazendo surgir redemoinhos capazes de afetar níveis de até mil metros de altura. A sotavento dessas topografias o ar desce formando ondas que podem se propagar por quilômetros de distância (ROMÃO, 2002).



LEGENDA:

■ Campus Central - UFRN

- 0 a 10m
- 10m a 20m
- 20m a 30m
- 30m a 40m
- 40m a 50m
- 50m a 60m
- 60m a 70m
- 70m a 80m
- 80m a 90m
- 90m a 100m
- 100m a 110m
- 110m a 120m
- Acima de 120m

Escala: 1/20.000

300 0 300 600 900 Meters

Fig. 65: Topografia do Parque das Dunas
Fonte: COSTA, 2002



De acordo com Bustos Romero (1988), a topografia afeta particularmente o microclima do lugar. Regiões acidentadas possuem microclimas diferentes. A orientação e sua declividade influenciam os aportes de radiação. Fluxos de ar podem ser desviados ou canalizados pelas ondulações na superfície terrestre.

As áreas críticas encontram-se nas depressões e na sombra de vento do Parque das Dunas, trecho de ventilação precária devido à conformação de barreira natural, que as dunas oferecem aos ventos alísios dominantes na região.

Analisando o mapa de topografia do Campus (Fig. 66), verifica-se que ele apresenta em seu interior áreas côncavas e áreas convexas; no entanto com relevo suavemente ondulado, possuindo grandes áreas planas, depressões e alguns pontos elevados. As cotas mais elevadas, nas áreas de forma convexa, apresentam ventilação constante, o que possibilita maior troca térmica com o meio circundante. Nas áreas côncavas, apresenta-se com ventilação precária e são pouco utilizadas com edificações, mas imprescindíveis para o escoamento das águas pluviais (VIDAL, 1997).

Constata-se que algumas áreas foram aplainadas por ocasião da implantação das edificações. As cotas mais baixas se encontram em torno de 30 metros, enquanto que as mais altas atingem 70 metros acima do nível do mar, perfazendo uma amplitude máxima de 40 metros; entretanto esta diferença não se traduz em trechos com declividades muito acentuadas.

O ponto mais alto encontra-se na porção localizada ao norte do Campus, nas imediações do Restaurante Universitário e do Ginásio de Esporte. Outros pontos elevados, são: A Estação Climatológica, na porção oeste e os Laboratórios de Física e Geologia, a leste.

O trecho mais baixo encontra-se na Estação de Tratamento de Esgotos e suas imediações como o Centro de Convivência. Outras depressões encontram-se no estacionamento do Anfiteatro e no anel viário próximo ao Parque das Dunas.

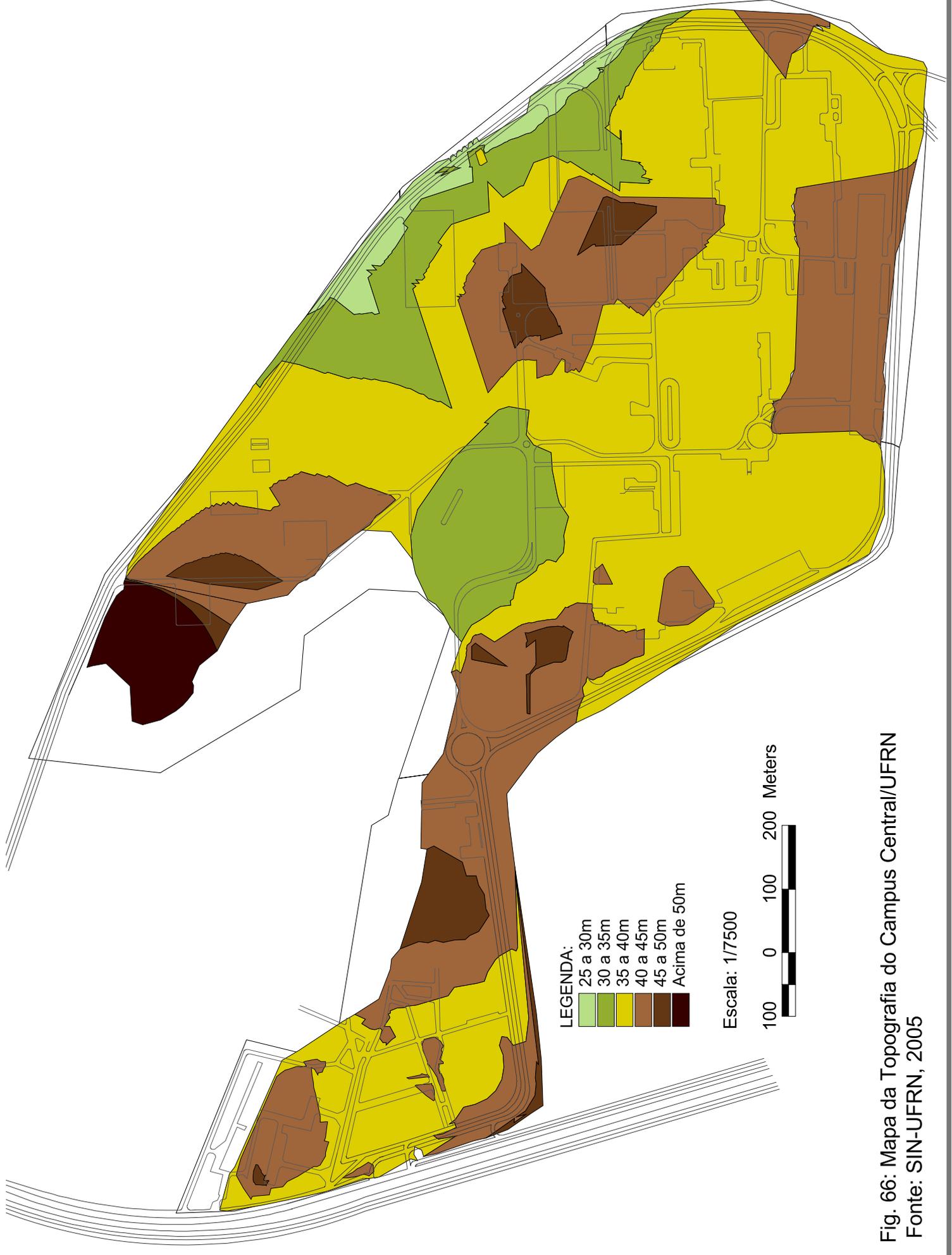


Fig. 66: Mapa da Topografia do Campus Central/UFRN
 Fonte: SIN-UFRN, 2005



- **Uso do Solo**

Por se tratar de uma instituição de ensino, área objeto de estudo apresenta uso eminentemente institucional, onde se destacam as funções pedagógicas, desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Entretanto, para atender a demanda da instituição, destacamos a ocorrência de vários setores como: administração - Centros Administrativos, Reitoria; aulas - Setores I, II, III, IV e V; comércio – Cantinas; esportes - Ginásio, Piscinas, Pista de Atletismo, Campo de Futebol; industrial - produção de remédios (NUPLAM); infraestrutura - Estação de Tratamento de Esgotos; laboratórios - Núcleo de Tecnologia Industrial (NTI), Lab. de Química e Física, Lab. de Informática, Lab. de Anatomia, e outros; misto – mais de um uso na mesma edificação – Salas de aula do Curso de Artes, Superintendência de Comunicação, Superintendência de Infra-estrutura e FUNPEC; residencial - Residência Universitária e da Pós-graduação; serviços - Garagem, Restaurante Universitário (RU) (Fig. 67).

Verifica-se que o setor industrial não se configura com produção de poluentes ou emissão de gases, que provoquem alterações climáticas inadequadas à região.

Geralmente, os setores destacam-se pela semelhança de função, herança do projeto inicial, que seguia um zoneamento de funções. Percebe-se nitidamente o domínio setor esportivo na porção norte; o setor administrativo ao oeste; os laboratórios concentram-se a leste; no entanto, ocorre variação por toda a área do Campus, devido às novas edificações construídas no transcorrer dos anos.

- **Altura das Edificações ou Gabarito**

Limitado pelo Plano Diretor da Cidade de Natal, bem como pela própria tipologia e partido adotados para a maioria das edificações, desde sua fundação, o Campus apresenta pouca diversidade de altura. Predominam edificações com um ou dois pavimentos, e algumas exceções com três ou quatro pavimentos. As edificações térreas são maioria e estão distribuídas por toda a área, as de dois pavimentos são freqüentes, mas as de três e quatro são raras (Fig. 68).

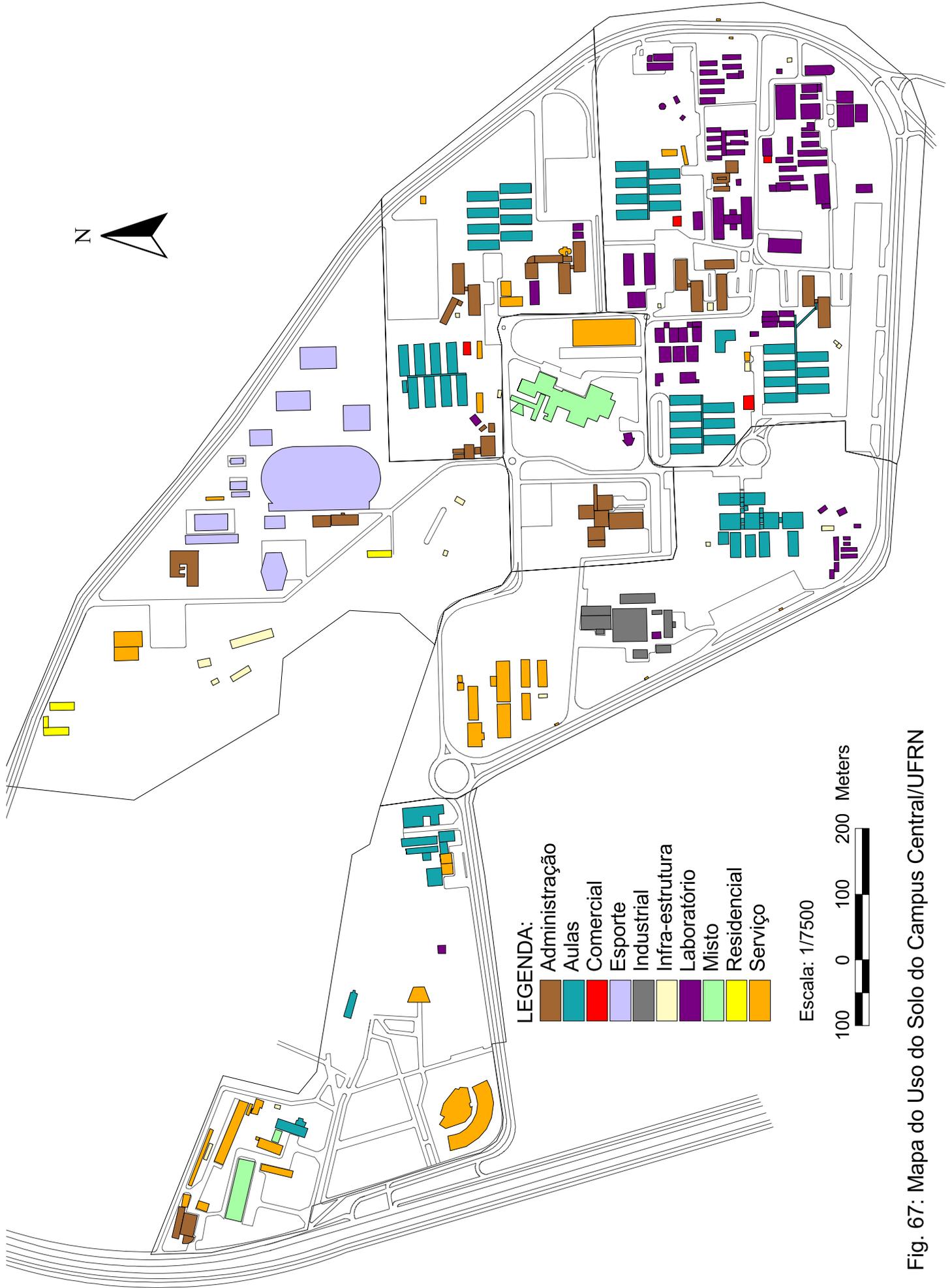


Fig. 67: Mapa do Uso do Solo do Campus Central/UFRN

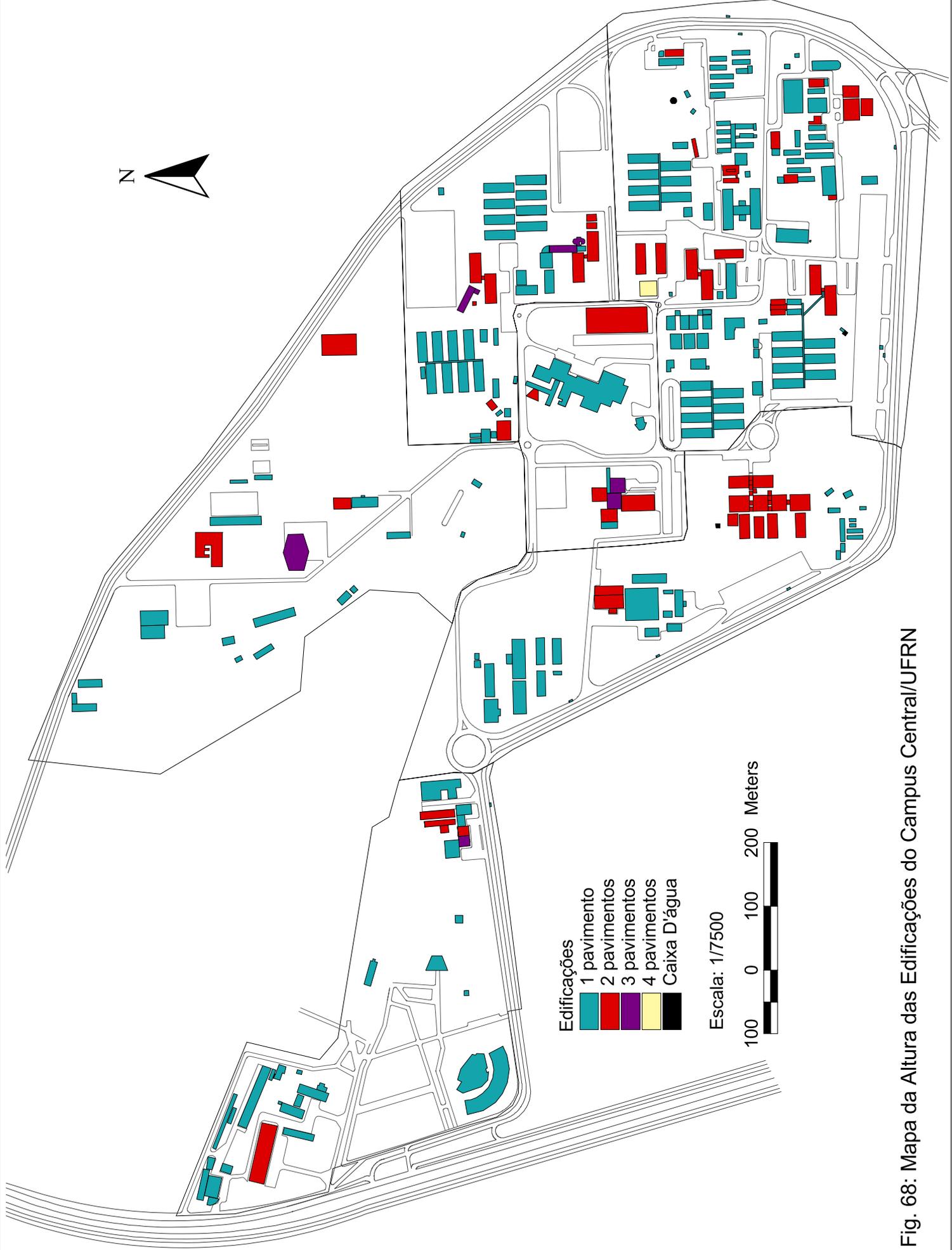


Fig. 68: Mapa da Altura das Edificações do Campus Central/UFRN



O processo de verticalização observado no vizinho bairro de Candelária não atingiu o Campus, devido sua localização em área de controle de gabarito, onde, o Plano Diretor de Natal (PMN, 1994) regulamenta que, a altura das edificações não pode ultrapassar a altura da linha de visada entre a BR-101 e o Parque das Dunas. Esta altura correspondia ao máximo de dois pavimentos (seis metros); contudo, após a construção do Complexo Viário dos Quatrocentos Anos de Natal, que elevou a cota de nível da BR-101, já se encontram no Campus edifícios com três e quatro pavimentos, de forma a não configurar obstáculo à paisagem cênica do Parque das Dunas.

Segundo Nobre (2005), “embora o Território Universitário se encontre em uma Área de Controle de Gabarito, pretende-se incentivar o adensamento vertical de acordo com a topografia da área, de forma que a verticalização seja flexibilizada nos vales, de maneira que os novos edifícios não se configurem em obstáculos à paisagem circundante... É portanto, prioritário considerar as definições contidas no Plano Diretor de Natal”.

Percebe-se um adensamento de edifícios implantados a barlavento, que intercepta a fluência dos ventos dominantes, além de promover uma sombra de vento a sotavento dos prédios, percebe-se também que as construções muito próximas no Núcleo de Tecnologia Industrial, dificultam a ventilação cruzada necessária ao clima da área objeto de estudo.

Analisando-se o mapa topográfico com as edificações, observa-se que a implantação das edificações ocorreu principalmente nas áreas planas ou trechos de topografia favorável. Evitaram-se as depressões e vales com cotas mais baixas.

- **Recobrimento do Solo**

De acordo com Bustos Romero (1988) a superfície do solo pode ser analisada sob dois aspectos: solo construído e solo natural.

Quanto ao solo natural, observa-se na área do Campus, a presença de grandes superfícies com solo natural e cobertura vegetal. De acordo com Santamouris (1997), as árvores e áreas verdes contribuem significativamente para resfriar nossas cidades e promover economia de energia: a evapotranspiração das árvores pode reduzir as temperaturas urbanas.



Conforme Araújo (2004, p.74), qualquer espaço gramado é capaz de absorver maior quantidade de radiação solar e irradiar menor quantidade de calor, do que os espaços construídos, devido a grande parte da energia absorvida pela planta ser utilizada no processo de fotossíntese, enquanto que toda energia absorvida por outros materiais ser transformada em calor.

No aspecto de solo construído, percebe-se uma taxa de ocupação muito baixa para o Campus (14%); no entanto, essa taxa representa áreas edificadas e espaços pavimentados, onde os materiais utilizados apresentam alta inércia térmica, e são caracterizados como fontes de intensa emissão de calor, portanto inadequados ao clima da região de estudo (quente-úmido), (Fig. 69).

Em conseqüência do processo de urbanização, apreciado na última década, que substituiu o solo natural por construções, ruas pavimentadas e grandes estacionamentos, o Campus aumentou sua capacidade armazenadora de calor, e impermeabilizou muitas de suas áreas.

- **Áreas verdes / Recobrimento das Vias e Estacionamentos**

Analisando-se as áreas verdes e o recobrimento das vias de circulação no Campus (Fig. 70), nota-se que as vias estruturais e o anel viário são pavimentados com asfalto. As vias secundárias revestidas por blocos intertravados (vias mais antigas), ou por paralelepípedos (vias mais novas). Constata-se que as vias mais antigas encontram-se estranguladas, devido à adaptação do espaço ao atual trânsito de mão dupla; enquanto que as mais novas, atendem relativamente à demanda.

De acordo com Santamouris e Houch (apud Costa, 2003), o armazenamento de calor, e sua conseqüente emissão para a atmosfera, é significativamente maior para o asfalto, que para os solos de concreto e sem pavimento.

Existem ainda, vários caminhos abertos pelos próprios usuários a procura de acessos mais cômodos, em sua maioria recobertos por areia ou solo natural. Nessas vias o sentido e direção são aleatórios.

Em busca de maior segurança e sombreamento, surgem por toda parte, trânsito de veículos, caminhos e estacionamentos informais, recobertos por areia, que tornam sem uso os grandes estacionamentos oficiais, pavimentados por paralelepípedos, que não possuem os atributos desejados pelos usuários.

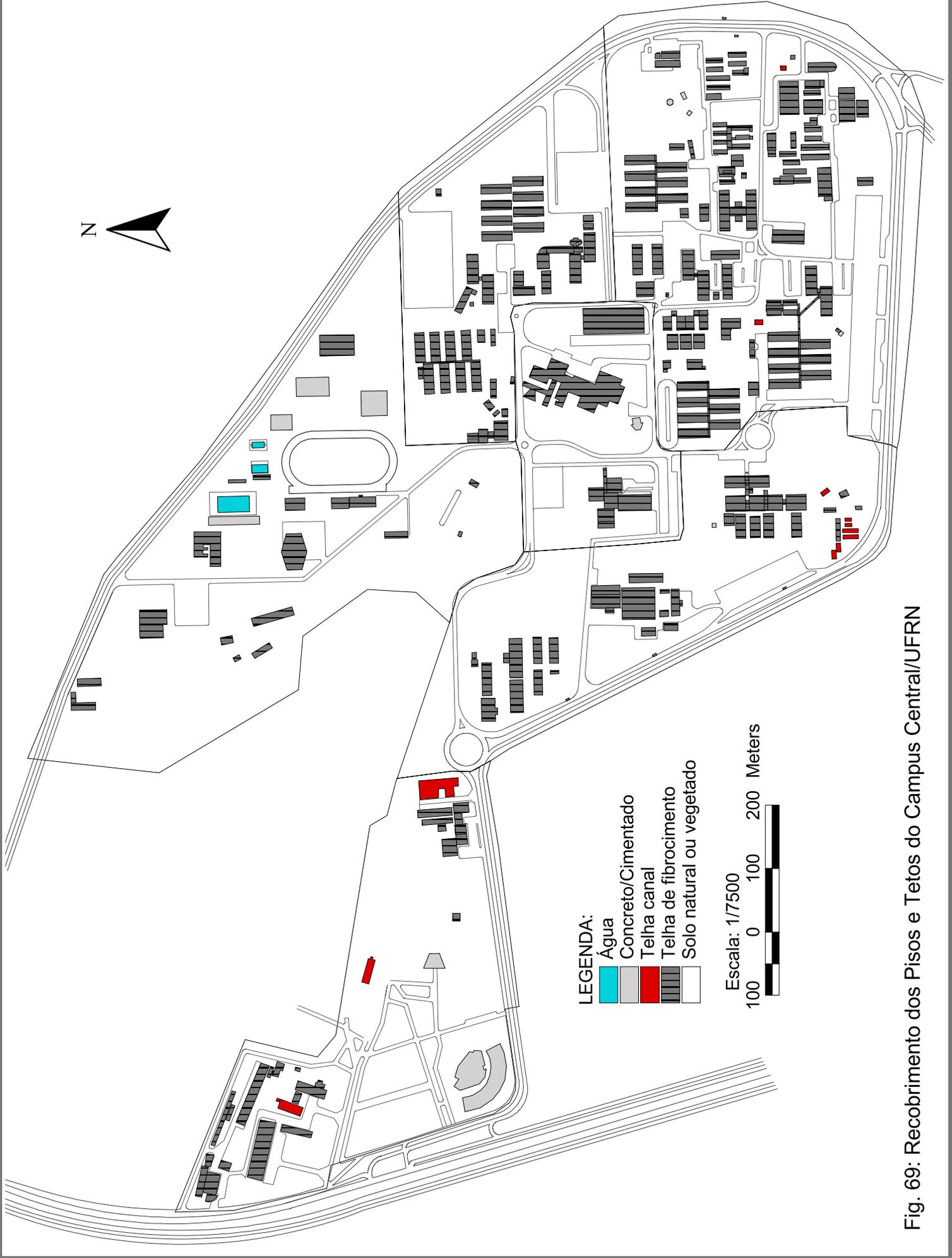


Fig. 69: Recobrimento dos Pisos e Tetos do Campus Central/UFRN

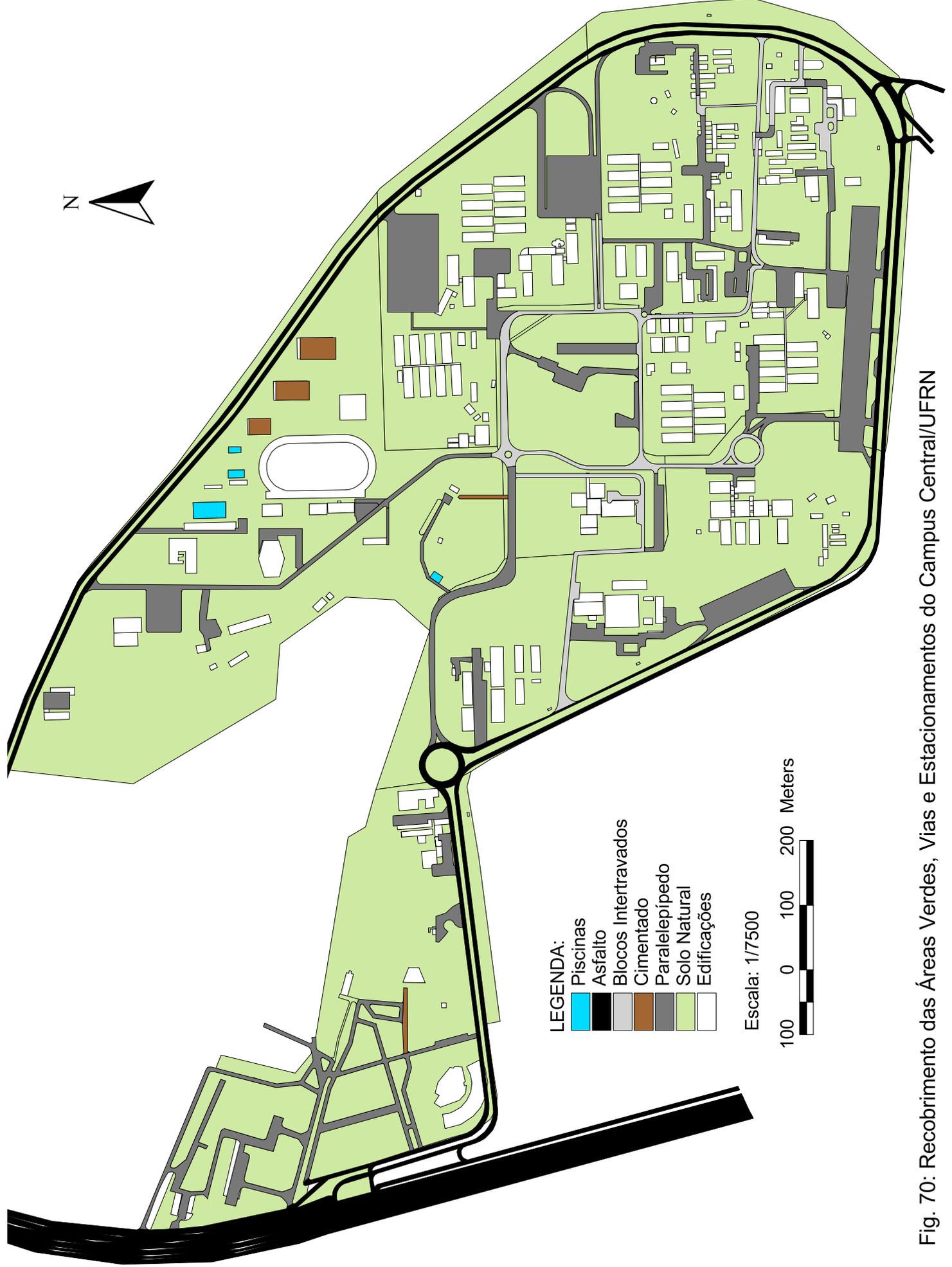


Fig. 70: Recobrimento das Áreas Verdes, Vias e Estacionamentos do Campus Central/UFRN



Com exceção dos caminhos abertos em solo natural, todas as vias pavimentadas são impermeáveis às águas pluviais, e grandes emissoras de calor, por falta de arborização adequada. Como também, os grandes estacionamentos, característicos do projeto original, se constituem verdadeiros bolsões de emissão de calor, pois absorvem a radiação solar durante o dia e reirradiam para a atmosfera durante a noite, tornando o ambiente quente e desagradável à noite.

Não existem caminhos arborizados, sombreados, nem adequados ao pedestre, que interliguem os diversos setores. Os usuários sem automóvel se locomovem no sol ou na chuva, caso precisem resolver qualquer problema entre os distantes setores.

Percebe-se ausência, quase que total, de arborização nos estacionamentos formais e ruas pavimentadas locais, que se configuram propícias à formação de ilhas de calor. Segundo Katzschner (1997), locais com ventos fracos, com troca reduzida de massas de ar e velocidades baixas, associados às altas concentrações de absorção térmica, constituem áreas que requerem melhoramentos. É, portanto, prioridade minimizar a emissão de calor nas vias e áreas de estacionamento do Campus.

- **Áreas Verdes**

Encontram-se áreas recobertas por vegetação em quase toda a extensão do Campus em estudo (Fig. 71). São forradas por gramíneas, vegetação rasteira e nativa da região, que não requerem tratamento específico (ser regada ou adubada). Vale salientar que durante a estação chuvosa se mantêm verdes e bonitas, enquanto que, no período seco, tal vegetação desaparece, deixando o solo natural parcialmente descoberto e sujeito às intempéries e à radiação solar.

Observa-se a presença de pequenos bosques com árvores de médio porte, próximo à Reitoria onde se pode constatar a presença de aves e répteis, na Estação de Tratamento de Esgoto, onde o verde é mais intenso e as árvores mais frondosas, devido à aspersão constante dos dejetos do tratamento do esgoto do Campus. Também próximo ao ginásio Poliesportivo II, onde se verifica resquícios de Mata Atlântica, com alguns Ipês e Paus-Brasil, bem como na área de criação das cobaias do Setor de Biociências, o verde permite a sensação de *habitat* aos animais. No entanto, próximo ao anfiteatro, o cenário oferece a sensação de abandono.

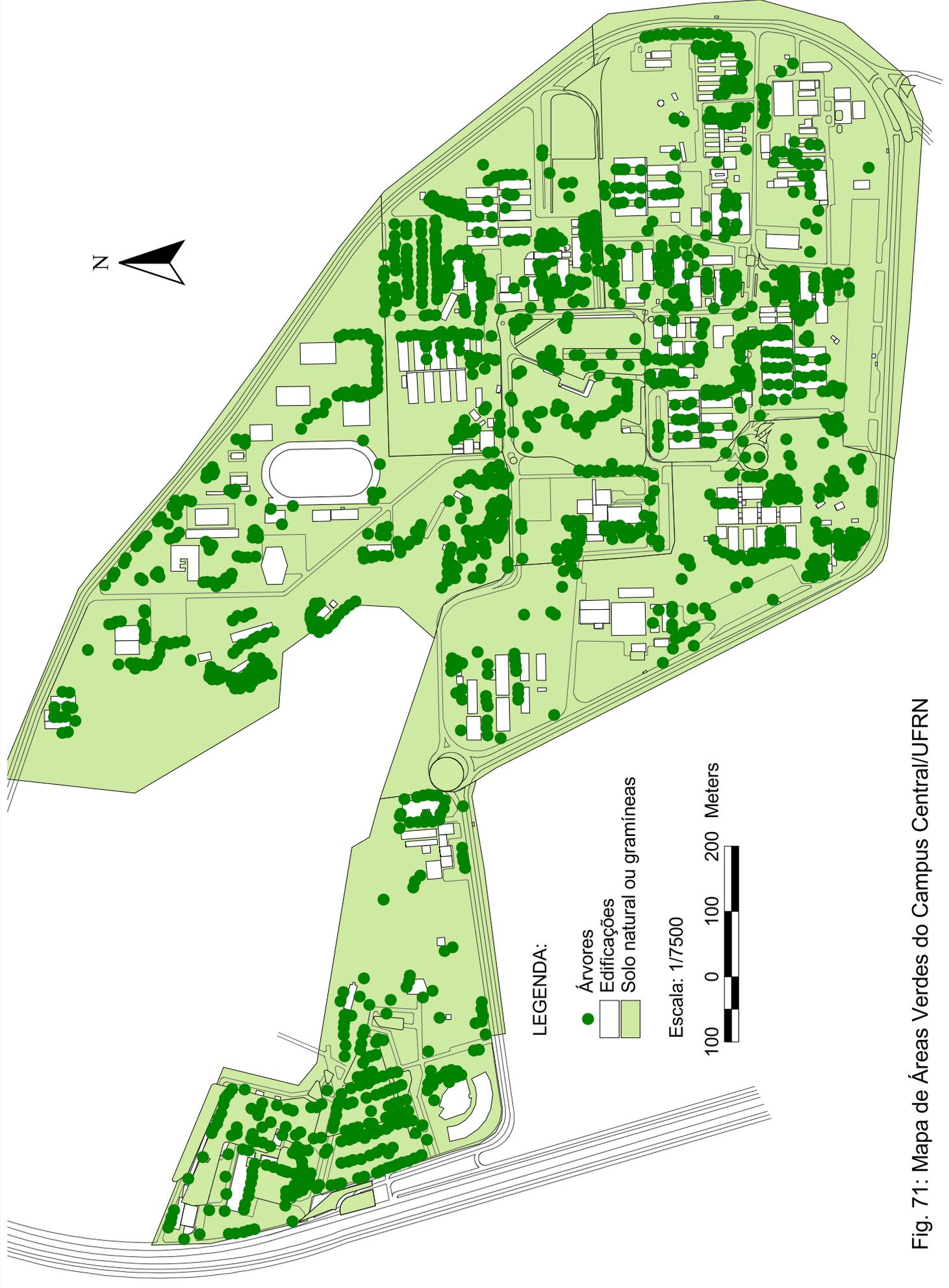


Fig. 71: Mapa de Áreas Verdes do Campus Central/UFRN



De acordo com Katzschner (1997), áreas verdes da cidade devem ser mantidas livres, para sistemas de circulação térmica induzida e efeitos bioclimáticos positivos.

Próximo às edificações do Campus encontram-se alguns jardins (Fig. 72) que utilizam a vegetação como elemento estético, porém pouco significativo do ponto de vista de amenização climática.

Percebe-se que os caminhos de pedestres e as grandes áreas de estacionamento encontram-se praticamente sem vegetação (Fig. 73), o que ocasiona elevação na temperatura local e diminuição nas condições de conforto ambiental.



Fig. 72. Foto do Jardim do Centro de Tecnologia
Fonte: Aldomar Pedrini, 2005

Fig. 73. Foto do Estacionamento do Setor IV

Em alguns trechos, a ausência de cobertura vegetal ocorre em função do solo tipo arenoso, constituído por areias quartzozas marinhas, com baixa umidade, que repercute na elevação do índice de albedo, associada à intensa radiação solar, que aumenta a emissão de calor pelo solo, tornando o ambiente externo mais quente, acarretando conseqüente desconforto térmico.

O Parque das Dunas contorna toda porção leste da área em estudo. Reserva natural de mata costeira e floresta atlântica, constitui grande amenizador do clima da região. Segundo Katzschner (1997), áreas florestais produzem ar fresco e criam um tampão bioclimático. Produzem e transportam o ar fresco para dentro das áreas urbanas, pelo processo de advecção. São áreas que devem ser protegidas. É, portanto, interdita a construção nessas áreas.



Conclui-se, portanto, que a análise bioclimática do Campus, baseada no estudo do clima urbano proposto por Katzschner (1997), apresenta um quadro bastante satisfatório. Deve-se, porém, enfatizar a implantação e aplicação do Plano Diretor que regulamente as edificações na região.

5.2 ESTUDO DOS ATRIBUTOS BIOCLIMATIZANTES DA FORMA URBANA

A análise bioclimática sob a luz da metodologia de Oliveira (1993) fundamenta-se no estudo dos atributos bioclimatizantes da forma urbana, quanto ao sítio e quanto à tipologia urbana, visto que o desconforto climático urbano, o alto consumo energético para climatização, os desequilíbrios climáticos e as inversões térmicas têm na forma urbana um de seus fatores determinantes.

Para tanto, foi realizado nesta etapa, levantamento de dados *in loco*, visando um melhor entendimento das condições climáticas e ambientais da forma urbana e suas conseqüências no microclima da área, visando fundamentar diretrizes de controle e minimização dos impactos ambientais.

- **Quanto ao Sítio**

Nos itens subseqüentes foram examinados os atributos bioclimatizantes da forma urbana quanto ao sítio, nos aspectos:

- ✓ Relevo-declividade

De acordo com Oliveira, a declividade determina maiores ou menores trocas de calor com o ambiente climático. Quanto maior a declividade, maior a superfície de contato com o meio, relativamente à sua projeção horizontal; conseqüentemente são maiores as trocas térmicas, além de apresentarem dificuldades de circulação e grandes consumos energéticos nos deslocamentos urbanos.

Suavemente ondulada, a declividade na área analisada favorece o conforto da circulação e os deslocamentos urbanos e se constitui como melhor situação para o controle nos climas quente-úmidos. No mapa topográfico do Campus percebe-se uma declividade menor que 13%, estando classificada na faixa entre 3,1% a 13%, considerada baixa, de acordo com Oliveira (1993).



Entretanto, encontram-se de forma localizada algumas declividades acentuadas (acima de 30%), correspondendo na maioria das vezes aos taludes em torno das edificações e são áreas menos favoráveis em relação ao atributo relevo-declividade.

✓ Relevo-orientação

Refere-se à orientação das encostas frente ao percurso do sol e do vento. Quanto mais próximo da perpendicular os raios de sol atingirem o solo, maior a captação de radiação solar. Sendo assim, estando no hemisfério sul, as declividades voltadas para o quadrante norte são mais adequadas ao controle bioclimático.

O Campus apresenta encostas suavemente inclinadas, em sua maioria orientadas para nordeste-NE e sudoeste-SO. As voltadas para NE são mais adequadas, enquanto que as voltadas para SO, apresentam temperaturas menores no inverno e maiores no verão, e máximos ganhos de radiação solar à tarde. Na região em estudo, as edificações foram implantadas basicamente em áreas planas, o que torna o desempenho bioclimático de mediano a bom, segundo Oliveira (1993).

Portanto, há no Campus necessidade de se compatibilizar o controle da radiação solar com a necessidade de garantir ventilação, visto que o vento em nosso clima é a alternativa para se estabelecer conforto térmico, tanto ao ar livre como em áreas sombreadas.

Percebe-se que o sol nasce por trás do Parque das Dunas, o que retarda um pouco seu aparecimento e se põe ao final da tarde entre os edifícios do alto da Candelária. Com altura solar quase perpendicular ao terreno, devido à baixa latitude, apresenta impacto máximo da radiação sobre as superfícies horizontais (maiores ganhos térmicos pelas coberturas). Entretanto, a orientação sudeste dos ventos dominantes permite o escoamento do ar entre as edificações, através das vias e espaços abertos no sítio, o que minimiza a situação (Fig. 74 e 75).

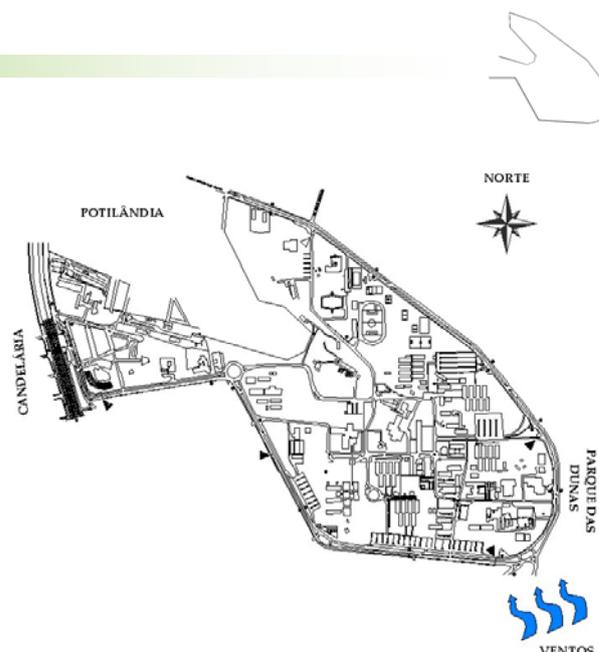
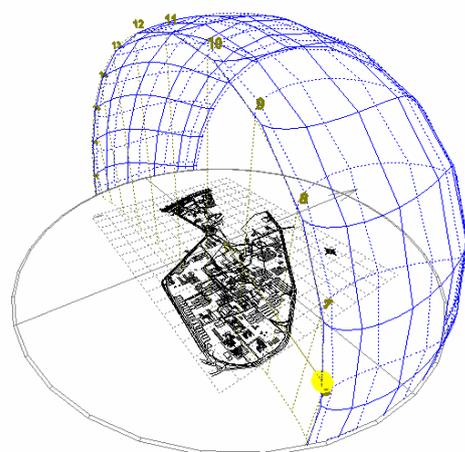


Fig. 74. Ilustração do percurso aparente do sol Fig. 75. Ilustração do percurso dos ventos

✓ Relevo-conformação geométrica

Como dito, o sítio do Campus está limitado à leste pelo cordão arenoso do Parque das Dunas, em posição mais elevada do que o tabuleiro onde se encontra a área em estudo. Esta conformação geométrica impede a visão da praia além dunas, mas ao mesmo tempo constitui uma barreira aos ventos dominantes, provenientes do mar.

A conformação geométrica em macro-escala, apresenta-se de forma levemente côncava, devido à presença do Parque das Dunas (leste) e do bairro da Candelária (oeste). Segundo Oliveira (1993), sítios côncavos apresentam climas de extremo, ou seja, de muito frio ou de muito calor; contudo, esta conformação de dunas não acarreta climas de extremo na região, e sim, serve como amenizador do clima local, devido à grande área verde do Parque das Dunas.

Em micro escala a conformação geométrica do Campus apresenta áreas convexas, que facilitam o escoamento dos ventos e expõem mais o solo a trocas térmicas, ganhando e/ou perdendo calor mais rapidamente; e áreas côncavas, que não se apresentam com climas extremos, devido à suavidade do relevo, mas se encontram com ventilação precária.

✓ Relevo-altura relativa

A altura relativa de um sítio representa a relação entre sua extensão e sua profundidade (altura), fazendo com que se acentuem ou se atenuem os efeitos higrotérmicos e ambientais percebidos na região.



A área estudada apresenta-se de forma plano-horizontal neste requisito, pois a relação entre a altura da cota e a extensão do vale, apresenta uma fração bem menor que a largura entre suas bordas. Constitui-se com situação mediana, quanto aos efeitos bioclimatizantes do sítio.

✓ Solo-natureza

Neste item analisam-se as características higrotérmicas do solo. O Campus apresenta solo predominantemente arenoso e de acordo com Florensa et al (1989) apud Oliveira (1993), as características físicas dos solos arenosos são: alto albedo e maior incidência de radiação, umidade baixa e inércia térmica média, quando em áreas compactadas.

Quando se refere ao clima quente-úmido, o solo do tipo arenoso apresenta desempenho bioclimático muito baixo. Contudo, a existência de vegetação rasteira nativa contribui para a amenização dessas características bioclimáticas.

• **Quanto a Tipologia da Forma Urbana**

Nos itens a seguir foram examinados os atributos bioclimatizantes quanto à tipologia da forma urbana. Salienta-se nesta etapa, que os materiais construtivos empregados são, de modo geral: concreto, ferro, pedra e fibrocimento.

✓ Formato-horizontalidade

Este atributo corresponde à forma horizontal de ocupação do solo e sua capacidade de trocas térmicas com o meio ambiente.

A fração analisada apresenta forma alongada, oferecendo maiores possibilidades de trocas térmicas com o meio circundante. O conjunto de edificações implantados de forma espaçada no terreno pode se aproximar da definida como tentacular, considerada por Oliveira (1993), com desempenho bioclimático apropriados aos climas quente-úmidos (Fig. 76).



Fig. 76. Foto aérea do Campus, a partir do Parque das Dunas.
Fonte: Aldomar Pedrini, 2005.

Como a área em estudo se localiza em baixa latitude, onde os ganhos térmicos são maiores pelas superfícies horizontais, e há predominância de estruturas horizontais no Campus, este atributo da forma urbana é considerado de grande interferência para o meio ambiente circundante, fator agravado pela abundante utilização de telhas de fibrocimento nas coberturas das edificações locais.

✓ Formato –verticalidade

O Campus apresenta formato-verticalidade baixo, porque está constituído basicamente por edificações de um e dois pavimentos, portanto, segundo Oliveira (1993), quanto menor a dimensão vertical da estrutura urbana, menor a utilização de materiais de construção com mais energia embutida.

Implantado numa área de controle de gabarito, a área em questão deveria necessitar de baixo consumo energético para manutenção de das condições de conforto térmico. Entretanto, nas edificações do projeto original do Campus, caracterizadas pelo estilo arquitetônico brutalista, com uso abundante do concreto, pedras e telhas de fibrocimento, materiais com alta capacidade de armazenamento térmico e emissividade, verifica-se um alto consumo energético para o resfriamento interno das edificações e sua manutenção, mesmo sem a presença de estruturas verticais, principalmente no período da noite, devido à inércia térmica.



✓ Formato-densidade/ocupação do solo

Para Oliveira (1993), quanto maior a ocupação do solo e a densidade de construção, maior a atividade antrópica, a captação e a difusão da radiação solar para o ambiente climático urbano e menor a ventilação.

Segundo Lombardo (1985), quando a densidade populacional de uma área atinge 300 hab/ha. e as construções são predominantemente de um ou dois pavimentos, são encontradas situações de degradação climática nesse ambiente.

Considerando-se que a população do Campus Central é formada pelos seus usuários: alunos, professores e funcionários, perfazendo um total de 24.166 pessoas (PROPLAN, 2004), que utilizam uma área construída de 168.168 m² (SIN, 2004), por sua vez distribuídas em 123 ha. da área total do Campus, calcula-se uma densidade populacional de aproximadamente 195hab/ha., abaixo dos parâmetros de análises propostos pela autora *supra citada*.

Pode-se afirmar, portanto, que não há degradação do clima da área em estudo, em consequência do adensamento populacional. Vale salientar, nessa avaliação, que a Comunidade Universitária não se configura com habitantes residentes, e sim com usuários transitórios, que utilizam as instalações em horários diferentes e distribuídos pelos turnos da manhã, tarde e noite, o que ameniza ainda mais a questão analisada.

Segundo dados da SIN-UFRN (2004), a taxa de ocupação do Campus é de 14% (Tabela 4), e a densidade populacional é de 195hab./ha. Mediante os parâmetros de Oliveira (1993) essa taxa é considerada muito baixa, o que significa que seu desempenho bioclimático está excelente.



Tabela 4 - Taxa de Ocupação do Campus Central da UFRN por Zonas

ZONA	ÁREA (m ²)	Elementos Construídos Qtde.	Total de Área construída m ²	Taxa de Ocupação (%)
Z0	88839,67	13	14389,3100	16,20%
Z1	184144,83	36	19425,6300	10,55%
Z2	196144,43	60	20682,6700	10,54%
Z3	294007,71	143	49147,6100	16,72%
Z4	140530,45	50	21027,3100	14,96%
Z5	288439,94	31	43495,1600	15,08%

Fonte: Rufino (2005), adaptado do mapa da SIN – UFRN (2004).

É importante se conservar baixa a taxa de densidade-ocupação do solo, pois, segundo Villas Boas (1979) apud Oliveira (1993), muitos dos efeitos negativos da urbanização sobre a atmosfera podem ser minimizados através da conveniente ocupação do solo.

No entanto, já se constata no Campus algumas áreas que vêm sofrendo adensamento significativo nos últimos anos. São as ampliações do Núcleo de Tecnologia Industrial e do Centro de Ciências Humanas Letras e Artes, onde os recuos são mínimos entre as construções com dois e três pavimentos, e já se verifica ventilação precária a sotavento dessas edificações.

✓ Formato-orientação ao sol

A análise deste atributo refere-se ao comportamento do traçado urbano e sua trama, em relação ao percurso aparente do sol. Visa dois objetivos: o conforto lumínico na circulação de pedestres e usuários de veículos, e o controle do ganho térmico pelas edificações.

Segundo Bustos Romero (1988), em regiões quente-úmidas de baixa densidade, as dimensões dos lotes devem ser mais largas que compridas. O alinhamento das edificações não deve ser rígido, permitindo a circulação do ar abundantemente.

No Campus, a via de contorno se apresenta orientada no sentido NO-SE, classificada por Oliveira (1993) com desempenho bioclimático médio. As vias secundárias apresentam-se orientadas predominantemente para N-S e L-O; sendo



que: as vias com orientação NS - apresentam ótimo desempenho, enquanto que as vias orientadas para LO - são péssimas para o conforto lumínico.

De modo geral seu parcelamento urbano é indefinido e suas edificações não seguem a orientação da trama. Implantadas de forma irregular, não se constituem forte condicionante para a degradação do ambiente climático do ambiente.

✓ Rugosidade-diversidade de alturas

Quanto à rugosidade - relação entre as barreiras formadas pelas edificações face ao deslocamento das massas de ar, segundo Oliveira (1993) depende de três elementos: da diversidade de alturas, do índice de fragmentação e do diferencial de alturas.

A diversidade de alturas consiste no número de alturas das edificações, pois se encontram 4 alturas diferentes, apresentando portanto, baixa diversidade de alturas. O incremento da rugosidade, contribui para melhorar este atributo, e, conseqüentemente, o desempenho bioclimático quanto à ventilação intra-urbana na área.

✓ Rugosidade-fragmentação

O índice de fragmentação ou compacidade da massa edificada é um atributo bioclimatizante que revela a capacidade de escoamento dos ventos entre suas edificações. Quando a área edificada é muito densa, a ventilação não penetra na trama, enquanto se a área é pouco densa os ventos fluem mais facilmente.

Constata-se um alto índice de fragmentação no Campus, devido ao grande espaçamento na disposição das construções, o que favorece o escoamento dos ventos no nível das edificações, tornando o ambiente arejado e satisfatório em termos bioclimáticos, porém, as tipologias das aberturas utilizadas nas edificações são inadequadas e muitas dificultam a penetração dos ventos nas edificações exigindo o uso de condicionamento artificial nos ambientes internos.

Atualmente, observa-se considerável compacidade da massa edificada em alguns trechos, devido ao crescimento dos últimos anos, a exemplo do setor de Laboratórios do NTI onde havia recuo entre os blocos e hoje as ampliações foram absorvendo esses recuos e sua conformação atual consiste num bloco praticamente



único. Áreas com essa conformação e semelhantes a essa requerem maior cuidado quanto a este atributo bioclimatizante (Fig. 77).



Fig. 77. Foto da redução de recuos entre os blocos do NTI

✓ Rugosidade-diferencial de altura

O tipo de rugosidade de uma forma urbana também está caracterizado pelas diferenças entre as alturas da massa edificada, de acordo com seu índice de repetição.

O diferencial de alturas no Campus é pequeno, predominando edificações com um e dois pavimentos. Sendo assim, a localização apropriada de edifícios altos entre os edifícios baixos deve favorecer o escoamento dos ventos entre as edificações, mais eficientemente do que quando as construções apresentam a mesma altura.

✓ Porosidade-tipo de trama

A porosidade consiste no atributo da forma urbana relativo ao espaçamento entre edificações e/ou arranjos morfológicos, quanto à penetração dos ventos e depende dos seguintes aspectos: tipo, orientação e grau de continuidade da trama.

Os tipos de trama determinam um maior ou menor escoamento dos ventos na estrutura urbanas, e apresentam-se nas categorias xadrez, tijolinho, paralelas, radiais com círculos concêntricos, e aleatória.

Verifica-se que o tipo de trama do Campus se aproxima da aleatória, que consiste na melhor trama para climas quente-úmidos, promovendo maior penetração



dos ventos na estrutura urbana, e, conseqüentemente, maior troca térmica entre os ventos e a massa edificada, amenizando o calor característico do clima local.

Este fator é implementado pela fragmentação da estrutura urbana, que contribui para aumentar a porosidade da sua forma. Assim configurado, apresenta o tipo de trama mais adequado à região, em termos bioclimáticos.

✓ Porosidade-orientação aos ventos

Tramas orientadas na direção dos ventos dominantes, segundo Oliveira (1993), permitem a penetração e canalização desses ventos com efeitos negativos e positivos, de acordo com o tipo de clima da região.

A conformação urbana do Campus, predominantemente orientada na direção dos ventos dominantes, facilita a penetração e o escoamento do ar, contribuindo para melhores condições de conforto térmico, característica favorável para climas quente-úmidos, em termos bioclimáticos, pois permite maior perda de calor por convecção.

Apreciando-se o mapa do Campus e entorno (Fig. 78), pode-se perceber que o aporte dos ventos para o Campus é proveniente da Av. Eng. Roberto Freire, canalizados pela área a sotavento do Parque das Dunas e Conjunto dos Professores, lindeiro a Rua Sólon de Lucena Galvão. O fluxo dos ventos por aí canalizados ao encontrarem o espaço aberto e o sítio convexo do Campus, nas imediações do NTI, incrementam a velocidade, fluindo pelas vias e edificações locais.

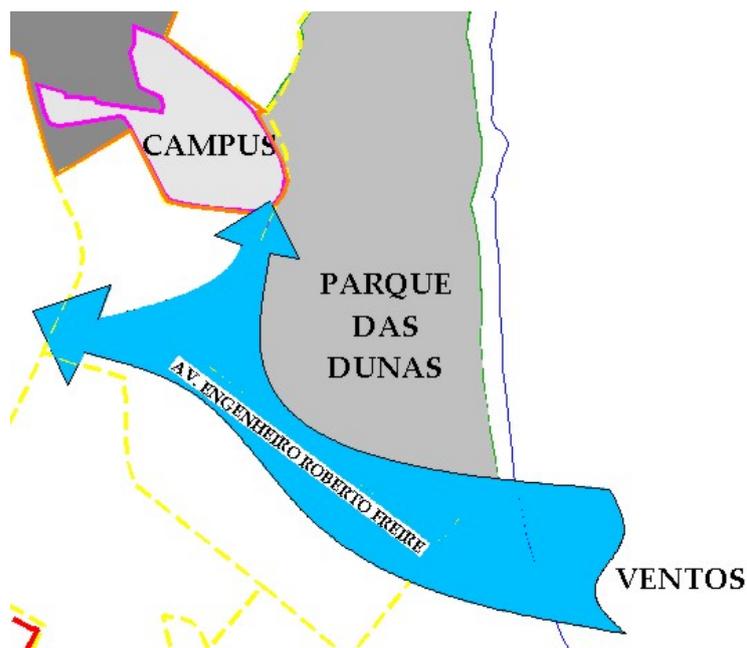


Fig. 78. Infográfico da entrada dos ventos na área do Campus

Pode-se validar tal afirmação através do depoimento do Superintendente de Infra-estrutura, Engenheiro Gustavo Coelho, quando “constata um maior índice de patologias nas estruturas das edificações localizadas no NTI. Tais patologias são provenientes da exposição a maiores intempéries como ventilação intensa e chuvas, o que acarreta um maior desgaste, necessitando maior manutenção nas estruturas locais”.

De acordo com Katzschner (1993), áreas com essas características são importantes para canalização de correntes de ar no nível de micro e meso-escala. Áreas livres com importância para a ventilação, ou áreas com efeitos de canalização de vento, devem ser interditas para construção, constituindo-se como áreas que devem ser protegidas.

Apropriando-se do conceito ventilação é a estratégia de maior eficiência bioclimática para climas quente-úmidos (GIVONI, 1976), não deve haver verticalização, que se constitua como barreira arquitetônica ao escoamento dos ventos nessa área.

Entretanto, Araújo (2004, p.72) argumenta que *“muitas vezes a verticalização não é sinônimo de situação morfológica urbana desfavorável em termos bioclimáticos, pois a diversidade de altura pode auxiliar a ventilação intra-urbana e assim amenizar o calor armazenado pelas superfícies”*. Sendo assim, a proposta do



Plano Diretor do Campus (UFRN, 2005), de verticalização de alguns trechos da área é viável, mas deve ser criteriosamente avaliada.

✓ Porosidade-continuidade da trama

As tramas urbanas apresentam-se de forma contínua ou descontínua. Sua continuidade pode atingir maior ou menor parte da área urbana, dependendo da sua qualificação inicial, da sua interrupção e do clima em questão (OLIVEIRA, 1993).

Observa-se que a forma de implantação das edificações no Campus, com espaçamento entre as mesmas e relativa continuidade da trama por toda a área, determinam um bom desempenho bioclimático da área.

✓ Pisos tetos-permeabilidade

As áreas urbanas são geralmente mais secas do que o entorno rural. Quanto mais impermeável for o solo, menor sua capacidade de evaporação. Quanto menos solos naturais, menos evaporação, e menor a possibilidade da estrutura urbana perder calor por evaporação, favorecendo o aumento das temperaturas.

No Campus, grande parte da área é permeável, com recobrimento de vegetação e solo natural, que permitem maior captação e absorção-evaporação das águas, caracterizando-o com ótimo desempenho bioclimático quanto a esse atributo.

Entretanto, percebe-se no Campus solos impermeabilizados por asfalto (via de contorno), por paralelepípedos (vias internas e grandes áreas de estacionamentos sem arborização), solos naturais compactados (vias informais) e grandes extensões de tetos que recolhem as águas pluviais e as conduzem para as áreas permeáveis.

✓ Vegetação-áreas verdes

O Campus encontra-se parcialmente circundado pela reserva florestal do Parque das Dunas. Com exemplares de mata costeira e floresta atlântica, serve como cinturão verde e principal elemento amenizador do clima da área em estudo, diminuindo os efeitos negativos da radiação solar local.

Do ponto de vista bioclimático, a função das áreas verdes dentro da estrutura urbana é auxiliar no controle das temperaturas, aumentar a umidificação do ar, direcionar os ventos adequadamente, distribuir o brilho energético, criar zonas abrigadas, mais quentes no inverno e mais frescas no verão, além de captar a



poluição aérea e produzir oxigênio (MILLE-CHAGAS & PAUL, 1980 apud VIDAL, 1991).

Considerando-se como áreas verdes as superfícies permeáveis, temos que há predominância de áreas verdes no solo do Campus, em sua maioria recoberto por vegetação rasteira e nativa.

Com uma Comunidade Universitária de aproximadamente 24.166 hab., e uma taxa de ocupação do solo de cerca de 14%, calcula-se uma alta taxa de área verde por usuário no Campus, classificando como excelente quanto ao desempenho bioclimático da área.

Deve-se, portanto, incrementar essas áreas verdes naturais com parques, jardins, praças, arborização das vias e arborização dos estacionamentos, a fim de melhorar o aspecto paisagístico e estético, tornando-o agradável para convivência de seus usuários.

Enfim, conclui-se que a análise qualitativa do Campus, segundo os atributos da área e da massa edificada, apresenta desempenho bioclimático de bom a excelente, devido à conformação urbana. Destaca-se porém, que alguns fatores foram fundamentais para essa classificação, como: a localização próxima ao Parque das Dunas, a baixa densidade de ocupação do solo, a forma de implantação das edificações no sítio, a grande extensão de áreas com solo natural e sua alta permeabilidade; todos esses fatores contribuíram como atributos determinantes para essa qualificação.

Após a análise qualitativa do Campus, definiu-se sua classificação em zonas climaticamente caracterizadas, de acordo com a metodologia proposta por Katzschner (1997).

5.3 CLASSIFICAÇÃO DE ZONAS CLIMATICAMENTE CARACTERIZADAS

Nesta etapa, foi realizada a apreciação dos dados obtidos com as metodologias estudadas anteriormente, a fim de dividir o Campus em zonas com qualidades climáticas comuns e específicas. Desta forma, a região foi classificada em três zonas, como sugere a metodologia de Katzschner (1997), onde foram identificadas áreas que devem ser preservadas, áreas que devem ser protegidas e áreas que devem ser melhoradas.



Baseado na pesquisa de campo e nos mapas elaborados, construiu-se um mapa síntese do Campus, orientado pela metodologia de Katzschner (1997), com classificação das áreas com características específicas (Fig. 79).

As áreas a serem preservadas (área 01) são interditadas à construção. Compreendem basicamente: áreas florestais, zonas de escoamento dos ventos, de produção de ar fresco e transporte para dentro das áreas urbanas, além das áreas verdes dentro da fração urbana, parques, pátios, etc. Compreendem principalmente espaços com importância para a ventilação.

As áreas a serem protegidas (área 02), são áreas verdes no limite da cidade e zonas de entrada de ventos, mas que não têm efeito dinâmico importante. Nessas zonas, a construção de novos prédios é permitida, desde que não interfiram no sistema de circulação do ar; sendo proibidas construções de novas fontes de emissão de calor.

As áreas a serem melhoradas (área 03), compreendem os locais de maior adensamento, menor ventilação e quase nenhum verde. Pode-se construir, considerando-se o sistema de circulação e as trilhas de ar, e incentivar a implantação de áreas verdes.

No Campus, as áreas a serem preservadas (áreas 01) são constituídas principalmente por áreas verdes, importantes na captação e circulação dos ventos pelo Campus. Essas áreas são importantes na preservação ambiental e devem ser interditadas à construção. São constituídas por cinco áreas que apresentam clima mais agradável que o entorno, são bolsões de área verde e são importantes para o escoamento das águas pluviais.

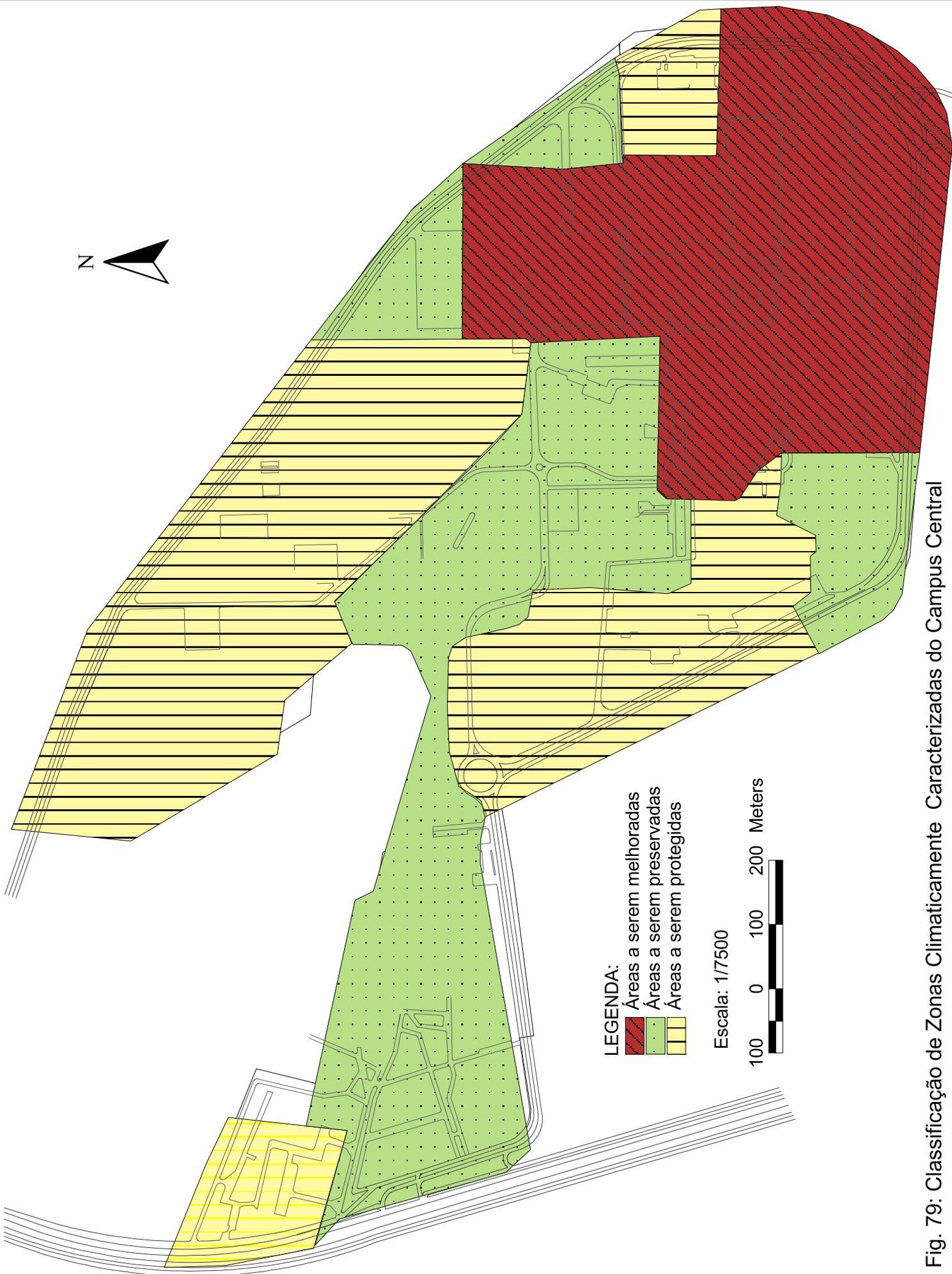


Fig. 79: Classificação de Zonas Climaticamente Caracterizadas do Campus Central



No trecho central, onde se localiza a Estação de Tratamento de Esgotos, o Centro de Convivência e imediações, o relevo apresenta conformação geométrica côncava e a concentração de área verde e solo natural facilitam o escoamento das águas pluviais.

Na Estação Climatológica, o sítio apresenta forma convexa, expondo mais o solo às trocas térmicas e está orientado na direção dos ventos dominantes, permitindo seu escoamento e sua canalização, aumentando assim as perdas por convecção. A densidade de construção local é muito baixa, não havendo barreiras arquitetônicas no entorno.

Quanto às áreas do Anfiteatro, Capela e arredores, localizam-se em terreno de cota intermediária, com declividade muito baixa e significativa área verde, o que ameniza a intensa emissão de calor, proveniente da superfície impermeabilizada do estacionamento do Anfiteatro.

Destacam-se ainda outros trechos a serem preservados. Trata-se das imediações da via de contorno e alguns sítios de vegetação nativa, localizados em pontos estratégicos, que favorecem a canalização e o escoamento dos ventos para o interior do Campus. Devem ser preservadas, devido à quantidade de árvores de médio porte e a proximidade com as vias de tráfego mais intenso do lugar.

Quanto às áreas a serem protegidas (área 02) no Campus, compreendem zonas importantes para o microclima urbano e condições de conforto térmico. Constituem áreas do Campus. São áreas de clima ameno, onde é permitida a construção de novos edifícios, desde que o sistema de circulação dos ventos seja respeitado. As áreas verdes são menos significativas do que na área 01, mas contribuem como pequenas áreas de distribuição dos ventos distribuídos por toda a área. O parcelamento e a forma urbana apresentam pouca diversidade de altura, baixa densidade de ocupação do solo, alto índice de fragmentação e grandes espaçamentos entre as edificações.

No trecho mais ao norte, onde se localiza o Setor de Esportes, a região se apresenta de forma convexa. O setor caracteriza-se pela declividade com orientação leste, apresentando temperaturas menores no inverno e mais altas no verão, com ganhos de radiação variáveis e máximos pela manhã. A orientação aos ventos



dominantes permite uma ventilação constante, com efeitos bioclimáticos positivos. Há poucas edificações e a presença das piscinas ameniza ainda mais o clima local.

Na área do Centro de Biociências e do Nuplam, o relevo se apresenta praticamente plano. A orientação ao sol poente aumenta os ganhos térmicos devido à intensa radiação solar, o que influencia o aumento do consumo energético. Para se construir nesse trecho, tem que haver um controle da radiação e das fontes de emissão de calor. Devem-se evitar telhados que armazenem calor e superfícies pavimentadas, de forma que evite a impermeabilização dos terrenos livres e garanta a ventilação do lugar.

No trecho próximo à BR-101, o sítio apresenta orientação ao sol poente, desfavorável para climas quente-úmidos. A área está bastante edificada e apresenta pouca diversidade de altura entre as edificações. A presença de edifícios altos na outra margem da autovia, incrementada pela pavimentação asfáltica, aumenta a emissão de calor e o ruído no lugar, tornando o ambiente abafado, quente e desagradável do ponto de vista de conforto ambiental.

Ao se construir novas edificações na área 02 deve-se levar em consideração os atributos bioclimatizantes já mencionados, de modo a atendê-los criteriosamente, além de preservar as áreas verdes existentes e manter livre os sistemas de circulação térmica induzido e os efeitos bioclimáticos positivos da região.

No Campus, as áreas a serem melhoradas (área 03) abrangem zonas mais densamente construídas, com pouco verde em seu interior. Compreende uma área propícia à formação de ilha de calor, devido à fraca circulação da ventilação e a alta emissão de calor, tanto pelas edificações, quanto pela pavimentação das vias, coberturas e estacionamentos.

Compreende também, o trecho mais crítico do Campus, porque apresenta maior densidade e ocupação do solo, pouca arborização e muita pavimentação, perfazendo alto índice de emissão de calor para o ambiente. Constitui um ambiente bioclimático pouco favorável, quando deveria ser o mais agradável possível, pois se encontra no sítio convexo de aporte de ventilação para a área e abrange os setores de aulas e os laboratórios, principais usos da universidade.

A volumetria nessa área é bastante diversificada, constatando-se o maior índice de rugosidade do Campus. Constituída por edifícios de um a quatro



pavimentos, apresenta a maior diversidade/diferencial de alturas, o que acarreta maior acúmulo de carga térmica pelas edificações, fato agravado pelo tipo de trama, que determina uma menor penetração dos ventos na malha urbana e não facilita sua canalização.

Para manutenção de um bioclima agradável no Campus, ressalta-se a importância do trecho mais a leste, que apresenta ventilação intensa, devido à convexidade do sítio e canalização dos ventos predominantes. Ao se construir nesse trecho, deve haver maior rigor na implantação e na verticalização, preservando as trilhas de ar, por se tratar da principal entrada de ventos para o Campus.

A área é privilegiada quanto à orientação aos ventos dominantes, recebendo os ventos canalizados pelo sítio de treinamento do Exército que, por convecção, diminuem o calor proveniente das vias e estacionamentos com alto índice de impermeabilização do solo. Portanto, há necessidade produzir um plano de arborização nessa área. As fontes de emissão devem ser reduzidas e o sistema de circulação e escoamento dos ventos respeitados. Novas construções devem ser bem planejadas, a fim de respeitar esses atributos bioclimatizantes.

Conclui-se que, de modo geral, as três áreas delimitadas possuem clima urbano satisfatório, sendo que a área 01 é privilegiada em termos bioclimáticos, devido à abundância em áreas verdes e baixa impermeabilização do solo. Deve ser considerada pelo Plano Diretor do Campus como área de preservação ambiental e proibida a construção de novos edifícios.

A área 02 apresenta condições térmicas satisfatórias e, ao se planejar novas edificações, deve-se manter intactas as áreas verdes existentes e as trilhas de canalização da ventilação.

A área 03 é a menos favorecida bioclimaticamente. Os aspectos de sua forma urbana afetam o clima local. Propõem-se algumas intervenções urbanas como: elaborar um plano de arborização, inclusive nos estacionamentos existentes, evitar a alta densidade e ocupação do solo, respeitar recuos mínimos de seis metros entre as construções; enfim, realizar um criterioso estudo sobre o conforto e o impacto ambiental que novas edificações irão ocasionar na área em questão.

Após a classificação das zonas e identificação das áreas, supõe-se que o Campus apresenta zonas com características microclimáticas diferenciadas entre si.



Portanto, faz-se necessário uma investigação mais aprofundada desses microclimas, com a escolha de pontos que melhor representem essas áreas, onde serão realizadas medições das variáveis ambientais.

- Critérios para Escolha dos Pontos de Medição

Após todas as análises realizadas, visitas *in loco*, foram escolhidos quatro pontos com características físicas e de entorno bem específicas, onde foram realizadas as medições das variáveis ambientais.

Os critérios para escolha dos pontos de medição, foram:

- ✓ Cada área identificada anteriormente deve ter no mínimo um ponto com equipamento coletando os dados;
- ✓ Cada ponto deve apresentar os atributos mais representativos de cada área;
- ✓ Cada ponto deve ter o mínimo de segurança quanto a integridade dos equipamentos utilizados;
- ✓ Todo ponto deve permitir a instalação dos equipamentos de maneira que permaneçam na mesma altura com relação ao solo.

Sendo assim, o ponto 01 representa áreas a serem protegidas, está localizado no limite leste do Campus, numa área bastante impermeável, próximo a um posto de vigilância. O ponto 02 caracteriza áreas a serem preservadas, está localizado na Estação Climatológica do Campus, pertencente ao Departamento de Geografia da UFRN, área privilegiada pelo sítio e entorno. O ponto 03 representa áreas a serem melhoradas, está situado numa área mais densamente construída e com pouca vegetação no entorno. O ponto 04 também caracteriza áreas a serem melhoradas, porém, próximo ao Parque das Dunas e na área de entrada dos ventos para o Campus (Fig. 80).

Após esta classificação, no próximo capítulo, os pontos serão caracterizados segundo a metodologia de Bustos Romero (2001) e os dados das variáveis ambientais, coletados nesses pontos, serão analisados estatisticamente.

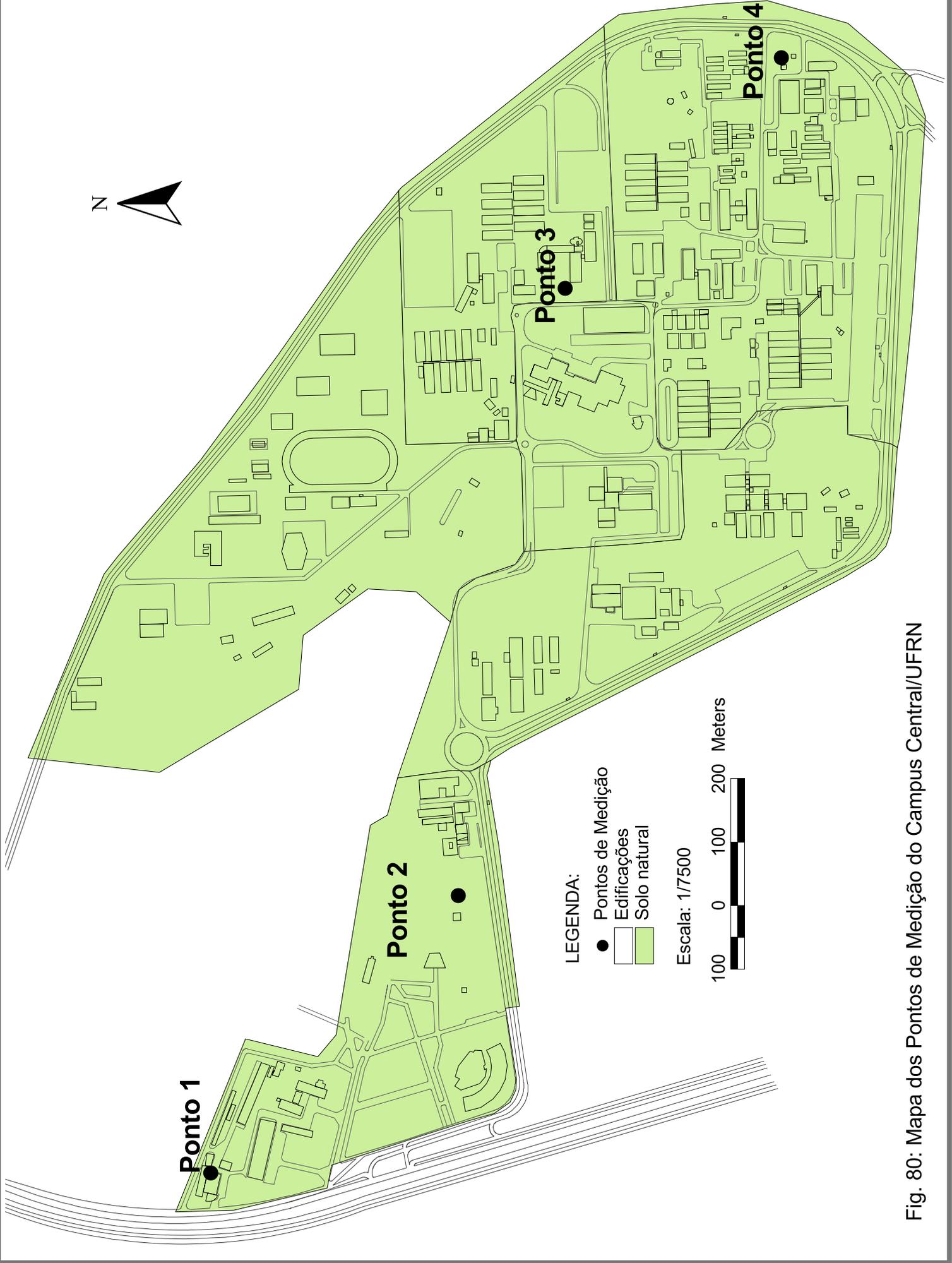


Fig. 80: Mapa dos Pontos de Medição do Campus Central/UFRN



6.0 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS PONTOS

Este capítulo trata da análise quantitativa e estatística dos dados. Apresenta a caracterização dos pontos de medição, baseada na metodologia de Bustos Romero (2001), a apreciação das variáveis ambientais, formulação do banco de dados e a análise estatística das variáveis ambientais, com apresentação dos resultados.

6.1 ESTUDO DAS VARIÁVEIS ESPACIAIS E AMBIENTAIS

A referida metodologia propõe a análise bioclimática e o tratamento ambiental do espaço público como uma unidade ordenada pelos elementos ambientais, climáticos, históricos, culturais e tecnológicos, que visa obter em escala urbana o que a arquitetura bioclimática consegue com o edifício; isto é, transformar o espaço público em mediador entre o clima externo e o clima no espaço público demarcado. A metodologia sugere a análise das categorias espaciais e ambientais através do preenchimento de uma ficha bioclimática, onde se destacam os elementos básicos da fronteira, da base e do entorno.

O ponto 01, com latitude de $05^{\circ}50'32''$ S, longitude de $35^{\circ}12'32''$ W e altitude de 43 m, está localizado próximo à BR-101, na Divisão de Transportes e Oficinas (Garagem do Campus). Representa áreas a serem protegidas, nas quais pode haver novas construções, desde que não interfiram no sistema de circulação da ventilação nem se configurem como novas fontes de emissão de calor. Foi escolhido por situar-se nas imediações de uma avenida asfaltada de tráfego intenso, com cota de nível de 31m, área verde no entorno e muita área impermeável. É circundado por uma massa edificada com diversos aspectos morfológicos (Fig. 81).



Fig. 81. Fotos da locação e entorno do ponto 01



O ponto 02 apresenta latitude de $05^{\circ}50' S$, longitude de $35^{\circ}12' W$ e altitude de 48 m. Localiza-se na Estação Climatológica do Campus. Representa áreas a serem preservadas, são áreas verdes dentro da fração urbana, importantes para a ventilação, na quais são proibidas novas edificações. Este ponto foi escolhido pela disponibilidade de dados da própria estação e para servir de parâmetro de comparação, visto que os dados aqui coletados são oficiais da estação do INMETRO. Situa-se na parte mais elevada da área convexa, favorecendo a ventilação. Constata-se neste ponto predominância de vegetação rasteira no local das medições. O ponto não sofre interferência das edificações circunvizinhas, devido ao espaçamento entre elas (Fig. 82).



Fig. 82. Fotos da locação e entorno do ponto 02

O ponto 03 situado na latitude de $05^{\circ}50'36 S$, longitude de $35^{\circ}11'93'' W$ e altitude de 48 m, está localizado em sítio plano, a sotavento do CCHLA, próximo a uma considerável massa vegetal, com solo arenoso, porém pouco permeável devido à compactação já provocada pelo tráfego de automóveis. Encontra-se em uma zona com superfície de fronteira pouco delimitada, apresentando diferencial de alturas com 1, 2, 3 e 4 pavimentos, que constitui barreira à ventilação dominante. É uma área que apresenta aspectos tipológicos variados, caracterizados por edificações do projeto original, galpões pré-fabricados e ampliações bem atuais. Compreende local com adensamento nas construções próximo ao ponto de medição, com presença de árvores de médio porte (Fig. 83).



Fig. 83. Fotos da locação e entorno do ponto 03.

O ponto 04 com latitude de $05^{\circ}50'55''$ S, longitude de $35^{\circ}11'73''$ W e altitude 52 m. Está situado na porção mais a sudeste do campus, em área próxima ao anel viário asfaltado; localizado numa área sem obstáculos aos ventos dominantes. Mesmo estando próximo ao Parque das Dunas (distante cerca de 55 m), não se localiza em sua sombra de vento. Além da vegetação do Parque das Dunas, se constata área verde rasteira significativa em torno deste ponto. A área em suas imediações vem sendo intensamente urbanizada e impermeabilizada na última década. Apresenta local mais adensado, porém com recuo entre o ponto de medição e o adensamento nas construções do entorno (Fig. 84).



Fig. 84. Fotos da locação e entorno do ponto 04.

Dando continuidade à análise da área do Campus, realizou-se o preenchimento da ficha sugerida por Bustos Romero (2001), aplicando-a em cada ponto criteriosamente escolhido.



As fichas serviram para caracterizar o ponto e o entorno de onde foram coletados os dados. Preenchidas, *in loco*, a partir de visitas no período chuvoso e seco, nos horários diurnos e noturnos, onde foram observadas as características espaciais e ambientais, da base, da fronteira e do entorno.

Apresentam-se a seguir as fichas bioclimáticas dos pontos de medição e algumas fotos que os caracterizam.



• Ponto 01

FICHA BIOCLIMÁTICA - PONTO 01 (GARAGEM- Estação ISS 3)				
ESPACIAIS		AMBIENTAIS		
ENTORNO	ACESSOS	SOL- Nasce com barreiras naturais (Parque das Dunas) e arquitetônicas (entorno construído). Põe-se por trás de edifícios altos no vizinho bairro de Candelária.	SENSAÇÃO DE COR- Cinza e verde, relativos às paredes e ao entorno.	COR
		VENTO- Aberto à penetração dos ventos que se canaliza entre o prédio da Divisão de Transportes e as árvores do entorno. Sugerindo efeito venturi e efeito de esquina.	RESSONÂNCIA DO RECINTO - Alta, devido à proximidade da BR-101. SOMBRA ACÚSTICA- Sem sombra acústica, pois não se configura como recinto.	SOM
		SOM- Fonte sonora intensa, de tráfego de automóveis devido a BR-101 com várias faixas, a oeste do ponto	DIRETA - Intensa. DIFUSA - amenizada pela nebulosidade no período chuvoso e maior no seco. REFLETIDA - pouco refletida em função das barreiras.	RADIAÇÃO
	CONTINUIDADE DA MASSA - Massa Fragmentada, sem continuidade.		UMIDADE RELATIVA - diminuída devido a área impermeabilizada. TEMPERATURA DO AR - mais alta devido à pavimentação. VELOCIDADE DO VENTO - acentuada pela canalização dos ventos e efeito esquina nesse ponto. DIREÇÃO DOS VENTOS - predomina sudeste.	CLIMA
	CONDUÇÃO DOS VENTOS - Pátio aberto, conduz os ventos na direção sudeste.			
A BASE	ÁREA DA BASE- Totalmente pavimentada com paralelepípedo.		TEMPERATURAS SUPERFICIAIS- elevadas devido ao material utilizado (paralelepípedo), asfalto e telhas. ALBEDO- Médio, devido ao cinza da pavimentação.	
	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS- Paralelepípedos. VEGETAÇÃO- Algumas árvores de médio porte.	AMBIENTE SONORO- ruidoso, proveniente do trânsito de veículos e característico de oficinas e garagens de automóveis.	SOM
		ÁGUA- Inexistente	VARIAÇÃO SAZONAL- imperceptível, área densamente edificada. CONJUNTO DE CORES- Cores frias e o verde de algumas árvores. TONALIDADE- Dominante tonal cinza.	COR
		MOBILIÁRIO URBANO- Algumas placas de sinalização e postes de iluminação pública.	MANCHAS DE LUZ- Variando com sombreamento ao longo do dia. Proveniente da marquise e de algumas árvores. ESTÉTICA DA LUZ- Não há uso intencional da luz.	
A FRONTEIRA	CONVEXIDADE – ambiente convexo. CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE- continuidade a leste. Barreiras ao norte e sul referente às árvores e laterais dos edifícios. Barreira à oeste devido aos edifícios altos, na Candelária.		LUMINÂNCIA- muito alta durante o dia, ambiente aberto e claro. Porém baixa a noite, poucos postes, às vezes encobertos pelas árvores.	LUZ
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA- galpões e marquises características das oficinas. ABERTURAS- grandes vazios nas edificações.		INCIDÊNCIA DA LUZ – Fraca, carência de postes. DIREÇÃO DO FLUXO - Pontual e direta sobre pisos e tetos.	
	TENSÃO- sem elementos marcantes nas fachadas. DETALHES ARQUITETÔNICOS- somente no contorno das aberturas.		ABSORÇÃO- Grande capacidade de absorção da radiação solar, especialmente pelos materiais da base. REFLEXÃO- grande pela marquise branca.	CLIMA
	NÚMERO DE LADOS- 4 lados		MATIZES- Tons de cinza e sujo. CLARIDADE- Alta luminosidade	COR
	ALTURA- Varia de 1 a 2 pavimentos.		PERSONALIDADE ACÚSTICA - som característico de automóveis e oficinas. Ruído de tráfego de veículos.	SOM
	ÁREA TOTAL DA SUPERFÍCIE		QUALIDADE SUPERFICIAL DOS MATERIAIS- Duros, pouco absorventes do som. Com grande inércia térmica.	

Fig. 85. Ficha bioclimática do ponto 01.



FOTOS DO PONTO 01



Fig. 86. Fotos do Ponto 1



• Ponto 02

FICHA BIOCLIMÁTICA - PONTO 02 (ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA DO CAMPUS)				
ESPACIAIS		AMBIENTAIS		
ENTORNO	ACESSOS	SOL- Nasce com a barreira natural do Parque das Dunas. Põe-se por trás de edifícios altos no vizinho bairro de Candelária.	SENSAÇÃO DE COR- verde do solo natural e pouco nítida no entorno.	COR
		VENTO- Campo aberto onde os ventos fluem livremente, sem barreiras arquitetônicas. Situação favorável.	RESSONÂNCIA DO RECINTO- Fonte sonora devido à proximidade com o anel viário. SOMBRA ACÚSTICA- Sem ressonância sonora, pois se configura como campo aberto.	SOM
		SOM- Fonte sonora fraca, devido ao tranqüilo tráfego de veículos pelo anel viário do Campus.	DIRETA - Intensa. DIFUSA - amenizada pela acentuada nebulosidade no período da medição. REFLETIDA - pouco refletida pelo solo natural e entorno asfaltado.	RADIAÇÃO
	CONTINUIDADE DA MASSA - não possui continuidade da massa.	UMIDADE RELATIVA - aumentada, devido ao recobrimento vegetal do solo natural. TEMPERATURA DO AR - mais baixa, devido ao escoamento dos ventos. VELOCIDADE DO VENTO - acentuada pela convexidade do sítio DIREÇÃO DOS VENTOS - predominantemente sudeste.	CLIMA	
	CONDUÇÃO DOS VENTOS - pátio aberto, conduz os ventos na direção predominante - sudeste.			
A BASE	ÁREA DA BASE - totalmente em solo natural com algumas gramíneas e pavimentado no entorno com paralelepípedo.		TEMPERATURAS SUPERFICIAIS - elevada devido a intensa radiação solar. ALBEDO- Médio, devido ao solo natural e pavimentação do entorno.	
	COMPONENTES E PROPRIEDADE FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS - paralelepípedos. VEGETAÇÃO - algumas árvores de médio porte no entorno.	AMBIENTE SONORO - pouco ruidoso, proveniente do tranqüilo tráfego de veículos.	SOM
		ÁGUA- inexistente	VARIAÇÃO SAZONAL - mas verde na estação chuvosa e mais seco e marrom na estação seca. CONJUNTO DE CORES - verde das árvores, cinza da pavimentação do entorno e areia do solo descoberto. TONALIDADE- Dominante tonal verde.	COR
		MOBILIÁRIO URBANO - algumas placas de sinalização e postes de iluminação pública. Muitos Equipamentos de medição.	MANCHAS DE LUZ - não varia ao longo do dia. Carência de iluminação durante a noite. ESTÉTICA DA LUZ - não há uso intencional da luz natural. Poucos postes de iluminação pública.	
A FRONTEIRA	CONVEXIDADE - superfície convexa. CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE - continuidade em todos as direções exceto a leste devido a Escola de Música.		LUMINÂNCIA - muito alta durante o dia, ambiente claro. Porém baixa a noite, poucos postes, ambiente escuro.	LUZ
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA - alguns edifícios isolados e residências a sul. ABERTURAS- grandes vazios.		INCIDÊNCIA DA LUZ - fraca proveniente da carência de postes. DIREÇÃO DO FLUXO - pontual e direta sobre pisos e tetos.	
	TENSÃO - sem elementos marcantes. DETALHES ARQUITETÔNICOS - somente o volume marcante do auditório da Escola de Música.		ABSORÇÃO - alta absorção para a fotossíntese da vegetação. REFLEXÃO - média pelo solo natural da base.	CLIMA
	NÚMERO DE LADOS - 4 lados		MATIZES - dominante verde e areia. CLARIDADE - muita luminosidade	COR
	ALTURA - varia de 0 a 2 pavimentos.		PERSONALIDADE ACÚSTICA - som característico de automóveis e tráfego tranqüilo de veículos.	SOM
	ÁREA TOTAL DA SUPERFÍCIE		QUALIDADE SUPERFICIAL DOS MATERIAIS - flexíveis e absorventes do som.	

Fig. 87. Ficha bioclimática do ponto 02



FOTOS DO PONTO 02



Fig. 88. Fotos do Ponto 02.



• Ponto 03

FICHA BIOCLIMÁTICA - PONTO 03 (CCHLA - Estação ISS 1)			
ESPACIAIS		AMBIENTAIS	
ENTORNO	ACESSOS	SOL- Nasce com a barreira arquitetônica do próprio CCHLA, por entre árvores e edificações circunvizinhas. Claro e com boa visibilidade. Põe-se por trás da Biblioteca Central Zila Mamede.	COR SENSAÇÃO DE COR – Cores próximas ao neutro da areia, cinza das pedras e do concreto, e verde das árvores.
		VENTO – brando e desviado pelas árvores e barreiras arquitetônicas que circundam o ponto. Sugerindo efeito de sombra de vento.	SOM RESSONÂNCIA DO RECINTO- Som agradável, característico do farfalhar das árvores. Alguns carros. SOMBRA ACÚSTICA- Sem ressonância sonora, pois não se configura como recinto.
		SOM- Fonte sonora fraca. Ruído de automóveis, devido a via coletora com pouco fluxo de veículos e baixa velocidade. Acrescido pelo farfalhar das folhas das árvores do entorno.	CLIMA DIRETA - Intensa. DIFUSA - amenizada pela acentuada nebulosidade no período da medição. REFLETIDA – minimizada pela arborização do entorno.
CONTINUIDADE DA MASSA – Conjunto urbano mais densamente construído, porém massa edificada sem continuidade.		UMIDADE RELATIVA – aumentada pela presença de árvores.	
CONDUÇÃO DOS VENTOS – Os ventos predominantes são desviados pelas árvores e edificações circunvizinhas.		TEMP. DO AR – aumentada pelo adensamento urbano. VELOCIDADE DO VENTO – mais baixa, devido às barreiras arquitetônicas e vegetação do entorno. DIREÇÃO DOS VENTOS – predomina sudeste, mas varia muito devido à sombra de vento do CCHLA.	
A BASE	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	ÁREA DA BASE- em solo natural com árvores de médio porte, próximo a uma via coletora, pavimentada em bloco intertravado.	COR TEMPERATURAS SUPERFICIAIS – mais baixa - área sombreada no entorno. Alta nas pedras e coberturas. ALBEDO- baixo no espaço sombreado pelas árvores e médio nas vias e paredes cinza do entorno.
		PAVIMENTOS- Areia - entorno das edificações, blocos intertravados e paralelepípedo - vias e cimentado nas passarelas para pedestres. VEGETAÇÃO- Presença marcante de árvores de médio porte.	SOM AMBIENTE SONORO- agradável. As árvores amenizam os ruídos provenientes do trânsito de veículos. Presença de pássaros cantando.
		ÁGUA- Inexistente	COR VARIAÇÃO SAZONAL- verde - estação chuvosa e mais seco e marrom na estação seca. CONJUNTO DE CORES- verde das árvores, cinza das pedras e vias, e areia do solo descoberto. TONALIDADE- Dominante tonal cinza e areia.
		MOBILIÁRIO URBANO- Alguns postes de iluminação pública, caminhos cimentados e estacionamento informal (na sombra das árvores).	LUZ MANCHAS DE LUZ- Variando com sombreadamento das árvores ao longo do dia. Proveniente de alguns postes durante a noite. ESTÉTICA DA LUZ- pouco uso intencional da luz na fachada da Biblioteca Cantral. Iluminação pública satisfatória.
A FRONTEIRA	CONVEXIDADE – ambiente plano. CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE- barreira a leste (CCHILA) e oeste (BCZM), continuidade ao sul (CCET) e barreira ao norte (SEPA). Abertura ao noroeste.		LUZ LUMINÂNCIA- alta, porém sombreada pelas árvores durante o dia. As árvores cobrem alguns postes. Entre os pontos analisados este é o mais bem iluminado durante a noite.
	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA- predomina tipologia Brutalista. ABERTURAS- espaçamento entre as edificações.		LUZ INCIDÊNCIA DA LUZ- Proveniente dos postes próximos às vias e edificações. DIREÇÃO DO FLUXO- Pontual e direta sobre pisos. Alguns pontos iluminam a fachada da Biblioteca Cantral.
	TENSÃO- Fachadas marcadas pelo uso de pedra e pilares em concreto e janelas de alumínio e vidro. DETALHES ARQUITETÔNICOS- estrutura aparente e marcante, em concreto armado.		CLIMA ABSORÇÃO- Grande capacidade de absorção, especialmente para a fotossíntese das árvores. REFLEXÃO - escassa.
	NÚMERO DE LADOS- 5 lados.		COR MATIZES- Dominante verde e areia. Tons de cinza e sujo. CLARIDADE- ambiente sombreado próximo.
	ALTURA- Varia de 0 a 4 pavimentos.		SOM PERSONALIDADE ACÚSTICA- Som caracterizado pelo vento brando nas folhas.
ÁREA TOTAL DA SUPERFÍCIE		COR QUALIDADE SUPERFICIAL DOS MATERIAIS- Flexíveis e absorventes do som - árvores. Duros - edificações e piso.	

Fig. 89. Ficha bioclimática do ponto 03.



FOTOS DO PONTO 03



Fig. 90. Fotos do Ponto 03



• Ponto 04

FICHA BIOCLIMÁTICA - PONTO 04 (LAB. ENGENHARIA QUÍMICA – Estação ISS 2)					
ESPACIAIS		AMBIENTAIS			
ENTORNO	ACESSOS	SOL- Nasce por trás da barreira natural do Parque das Dunas. Claro e com boa visibilidade. Põe-se por trás do núcleo tecnológico.	SENSAÇÃO DE COR- Verde do Parque das Dunas.	COR	
		VENTO- campo aberto à penetração dos ventos, mas canalizado pela Rua Solón de Lucena Galvão, entre o parque das Dunas e o Conjunto dos Professores.	RESSONÂNCIA DO RECINTO- Fonte sonora devido à proximidade com o anel viário, amenizado pelo espaço aberto. SOMBRA ACÚSTICA- Sem ressonância sonora, pois não se configura como recinto.	SOM	
		SOM- Fonte sonora fraca, devido ao tráfego de veículos pelo anel viário do Campus. Ruído de automóveis.	DIRETA - Intensa. DIFUSA - amenizada pela acentuada nebulosidade no período chuvoso e intensa no verão. REFLETIDA – minimizada pela vegetação do entorno.	RADIAÇÃO	
CONTINUIDADE DA MASSA – Conjunto urbano mais densamente construído, verifica-se continuidade da massa edificada a oeste.		UMIDADE RELATIVA - alta devido à intensa evapotranspiração do Parque. TEMPERATURA DO AR – mais baixa devido a canalização dos ventos.		CLIMA	
CONDUÇÃO DOS VENTOS - Pátio aberto onde os ventos fluem livremente na direção sudeste e sul, sem barreiras arquitetônicas, porém com a barreira natural do Parque das Dunas a leste. Situação favorável.		VELOCIDADE DO VENTO – acentuada pela canalização dos ventos e convexidade do sítio. DIREÇÃO DOS VENTOS – predominantemente sudeste e sul.			
A BASE	ÁREA DA BASE- em solo natural e pavimentada com blocos intertravados.		TEMPERATURA SUPERFICIAL - elevada devido a intensa radiação solar. ALBEDO- Médio, devido ao verde da vegetação e ao cinza predominante na pavimentação.		
	COMPONENTES E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS	PAVIMENTOS- Blocos intertravados nas vias e solo natural no entorno. VEGETAÇÃO- poucas árvores de médio porte.	AMBIENTE SONORO- pouco ruidoso, proveniente do trânsito de veículos.		SOM
		ÁGUA- Inexistente	VARIAÇÃO SAZONAL- pouco perceptível no Parque. Mais verde na estação chuvosa e mais seco e marrom na estação seca. CONJUNTO DE CORES- verde do Parque, cinza da pavimentação das vias, e areia do solo descoberto. TONALIDADE- Dominante tonal verde		COR
	MOBILIÁRIO URBANO- Algumas placas de sinalização e postes de iluminação pública.		MANCHAS DE LUZ- não varia ao longo do dia. Poucos postes durante a noite. ESTÉTICA DA LUZ- Não há uso intencional da luz natural. Há raros postes de iluminação pública.		LUZ
CONVEXIDADE – superfície côncava com relação ao Parque das Dunas, porém convexa em relação às outras fronteiras. CONTINUIDADE DA SUPERFÍCIE- Barreira natural à leste. Barreira arquitetônica ao oeste. Continuidade ao norte e sul.		LUMINÂNCIA- muito alta durante o dia, ambiente aberto e claro. Porém baixa a noite, raros postes, ambiente escuro.			
A FRONTEIRA	TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA- predomina tipologia modernista do projeto inicial e galpões pré-fabricados. Com exceção do Lab. Engenharia Química com estilo diferente do entorno. ABERTURAS- espaçamento entre as edificações bastante variável.		INCIDÊNCIA DA LUZ- Proveniente dos raros postes existentes. Nas edificações do Núcleo de Tecnologia. DIREÇÃO DO FLUXO- Pontual e direta sobre pisos e tetos.		
	TENSÃO- predomina o uso de concreto marcando os pilares das fachadas, e o verde do Parque das Dunas. DETALHES ARQUITETÔNICOS- estrutura aparente e marcante, em concreto armado, característica do estilo modernista e detalhes do Lab. de Eng. Química.		ABSORÇÃO- Grande capacidade de absorção, especialmente pela fotossíntese no Parque das Dunas. REFLEXÃO- média pelo solo natural do entorno e pavimentação da base.		CLIMA
	NÚMERO DE LADOS- 3 lados		MATIZES- Tons de verde no Parque e cinza e sujo nas edificações do entorno. CLARIDADE- Alta luminosidade		COR
	ALTURA- Varia de 0 a 100 metros.		PERSONALIDADE ACÚSTICA - som distante de automóveis e tráfego de veículos.		SOM
	ÁREA TOTAL DA SUPERFÍCIE		QUALIDADE SUPERFICIAL DOS MATERIAIS- Flexíveis e Bons absorventes do som devido às árvores. Duros pelas edificações e piso e possuidores de alta inércia térmica.		

Fig. 91. Ficha bioclimática do ponto 04.



FOTOS DO PONTO 04

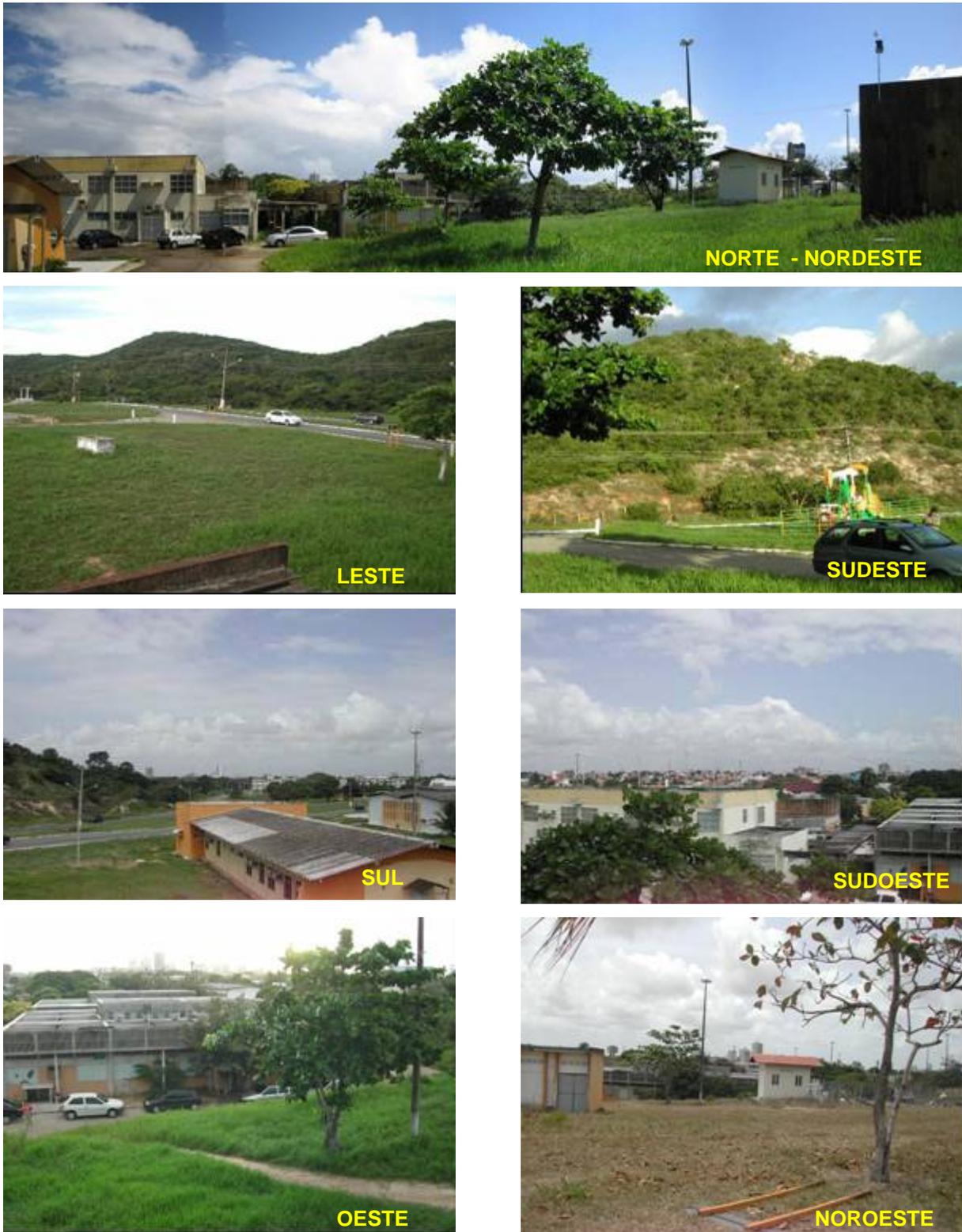


Fig. 92. Fotos do Ponto 4



Para melhor avaliação dos pontos e sua correlação foram elaborados quadros resumos das variáveis espaciais e ambientais (Quadro 2 e Quadro 3).

Quadro 2. Resumo da Avaliação das Características Espaciais

	ENTORNO	BASE	FRONTEIRA
PONTO 01	Alta incidência de luz e radiação solar, canalização dos ventos sudeste, fonte sonora (BR-101), massa edificada bastante fragmentada.	Pavimentação em paralelepípedo e pouca arborização.	Sítio plano, barreira de edifícios ao oeste, predomina tipologia de galpões e marquises.
PONTO 02	Pátio aberto com alta incidência de luz e ventos sudeste, sem massa edificada.	Solo natural com gramíneas e vegetação nativa.	Sítio convexo, sem barreiras arquitetônicas, entorno residencial.
PONTO 03	Alta incidência de luz e ventos brandos desviados pelas edificações e árvores. Massa edificada bastante fragmentada.	Solo natural com areia e árvores de médio porte.	Sítio plano com barreiras arquitetônicas e árvores no entorno onde com tipologia brutalista.
PONTO 04	Pátio aberto com alta incidência de luz e ventos sudeste, massa edificada sem continuidade.	Solo natural com gramíneas e vegetação nativa.	Sítio plano, barreira natural a leste (PQ das Dunas). Significativa massa edificada a oeste com tipologia da Escola Paulista.

Quadro 3. Resumo – Avaliação das Características Ambientais

	ENTORNO	BASE	FRONTEIRA
PONTO 01	Ambiente barulhento tráfego intenso. Radiação solar intensa	Temp. sup. Elevada pela Pavimentação em paralelepípedo com pouca arborização.	Dominante tonal vermelho dos tetos das edificações do entorno. Luminosidade diária e escuro a noite.
PONTO 02	Ambiente silencioso com pouco tráfego. Radiação solar intensa	Temp. sup elevada. Albedo baixo pelo solo natural em gramíneas.	Dominante tonal azul e verde, sitio convexo. Baixa luminosidade a noite.
PONTO 03	Som agradável do farfalhar das folhas. Radiação solar minimizada pelas folhas, sombreamento.	Temp. sup. Minimizada pelas sombras das árvores e albedo do Solo natural	Dominante tonal cinza. Ambiente sombreado. Ambiente agradável porém pouco ventilado. Bem Iluminado a noite.
PONTO 04	Fonte sonora do anel viário, amenizada pelo espaço aberto. Radiação solar intensa no verão e amenizada pela nebulosidade no período chuvoso.	Temp. sup. elevada devido a intensa radiação solar. Albedo Médio, devido ao verde da vegetação.	Tons de verde e Grande capacidade de absorção no Parque das Dunas. Alta luminosidade durante o dia, e escuro a noite.



Observadas as características de cada ponto, parte-se para a coleta de dados das variáveis ambientais – temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, precipitação pluvial, índice de ultravioleta, radiação solar, evapotranspiração, em todos os pontos com exceção do ponto 02, o da Estação Climatológica da UFRN, onde foram registradas as variáveis – temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, precipitação pluvial.

6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As medições das variáveis ambientais foram definidas para os dois períodos representativos do clima de Natal: estação chuvosa (abril a setembro) e estação seca (outubro a março), de acordo com Araújo, Martins, Araújo (1998). As estações meteorológicas portáteis permaneceram nos respectivos pontos de medição durante 60 dias, sendo 28 dias no período chuvoso e 32 dias no período seco.

No período chuvoso os registros foram efetuados de 21 de junho a 18 de julho do ano de 2005; e no período seco, de 20 de outubro a 21 de novembro de 2005, sendo que durante o período chuvoso, as mencionadas estações foram configuradas para coletar os respectivos dados de hora em hora, e no período seco, em função da análise descritiva dos dados do primeiro período, foram configuradas para registros de dez em dez minutos.

- **Análise Descritiva dos Dados**

Na análise descritiva das variáveis ambientais observou-se que as medianas ficaram muito próximas das médias, o que nos levou a trabalhar com as médias aritméticas. Portanto, foram elaborados os gráficos das médias aritméticas gerais, a fim de comparar os dados dos pontos entre si. Posteriormente, calculou-se a média aritmética dos dados coletados por hora em todos os pontos, e as médias das máximas e mínimas, também horárias, em todos os pontos.

Ao se avaliar os dados obtidos pôde-se perceber três parâmetros de interpretação e análise, procurando-se comparar principalmente os pontos entre si e os períodos:

- as médias aritméticas gerais de todos os dados por ponto;
- as médias aritméticas dos dados por hora e por ponto;



- as médias aritméticas dos dados por hora e por período;

Desta forma foram apreciados nesta fase os dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade dos ventos, radiação solar, índice de ultravioleta e evapotranspiração.

A seguir analisa-se cada período de medição separadamente, e em seguida realiza-se uma análise comparativa dos dois períodos característicos.

✓ Estação chuvosa

Os dados coletados na estação chuvosa revelaram médias diferenciadas entre os pontos. Neste período ocorreu alto índice de precipitação pluvial (acima do esperado para esse período), e o céu se manteve encoberto na maioria dos dias.

No primeiro parâmetro, pode-se observar que o ponto 02 apresenta médias mais altas que os outros pontos, devido ao fato de que, as medições neste ponto foram realizadas em cinco horários (9:00h, 15:00h e 21:00h, além dos dados das máximas e mínimas do dia), não contemplando a madrugada, período do dia onde as temperaturas são mais baixas, as umidades relativas apresentam-se mais baixas. Desta forma, faremos apenas a comparação entre as médias dos dados dos demais pontos nos quais foram registrados através das estações meteorológicas portáteis.

As médias aritméticas gerais que caracterizam o período chuvoso, constam da Tabela 5.

Tabela 5. Média aritmética das variáveis em cada ponto de medição no período chuvoso.

PONTO/ VARIÁVEL	TEMP.DO AR °C	UMID. REL. %	VEL.VENTOS m/s	CHUVAm (TOTAL)	RAD.SOLAR W/m ²	ÍNDICE U.V.	EVAP. mm
PONTO 01	25,3	81,0	1,76	309,4	200,43	2,13	0,159
PONTO 02	25,6	84,1	3,85	366,7	-	-	-
PONTO 03	24,9	82,8	1,39	293,6	201,65	1,89	0,152
PONTO 04	24,8	80,9	1,95	260,0	203,55	1,91	0,162
MÉDIAS	25,2	82,4	2,23	307,4	201,87	1,97	0,157

Excluindo-se o ponto 02, encontramos a **máxima** média aritmética de temperatura do ar no ponto 01 (25,3°C) e a **mínima** no ponto 04 (24,8°C), a máxima umidade relativa no ponto 03 (82,8%) e a mínima no ponto 04 (80,9%). O ponto que apresentou maior média de velocidade dos ventos foi o 04 (1,95m/s) e os ventos são



mais brandos no ponto 03 (1,39m/s). Choveu mais no ponto 01 (309,4mm) e menos no ponto 04 (260,0mm).

Quanto à radiação solar, evapotranspiração e índice de ultravioleta foram calculados levando em consideração os valores correspondentes às 24 horas, por isso, verificou-se médias muito baixas nessas variáveis. A maior média de radiação solar encontra-se no ponto 04 (203,55W/m²) e a menor no ponto 01 (200,43W/m²). O índice de ultravioleta foi mais alto no ponto 01 (2,13) e mais baixo no ponto 03 (1,89). Quanto a evapotranspiração foi maior no ponto 04 (0,162mm) e menor no ponto 03 (0,152mm).

No segundo parâmetro, para comparação das médias horárias de cada ponto, foram elaborados gráficos das curvas de comportamento das variáveis estudadas. Salienta-se nesses gráficos a ocorrência dos 04 períodos diários observados em Araújo, Martins, Araújo (1998).

Observa-se o comportamento da curva das médias horárias nos gráficos (Fig. 93 a Fig. 95), onde as temperaturas se mantiveram mais elevadas durante todos os dias no ponto 01 e menos elevadas no ponto 04. A umidade relativa do ar permaneceu mais alta no ponto 03 e mais baixa no ponto 04, com exceção do intervalo entre 8:00 e 14:00h, quando se manteve menor no ponto 01. Quanto à velocidade dos ventos foram mais altas das 11h às 22h no ponto 04 e das 12h às 21h no ponto 01, e permaneceram mais baixas no ponto 03, com exceção das 6h.

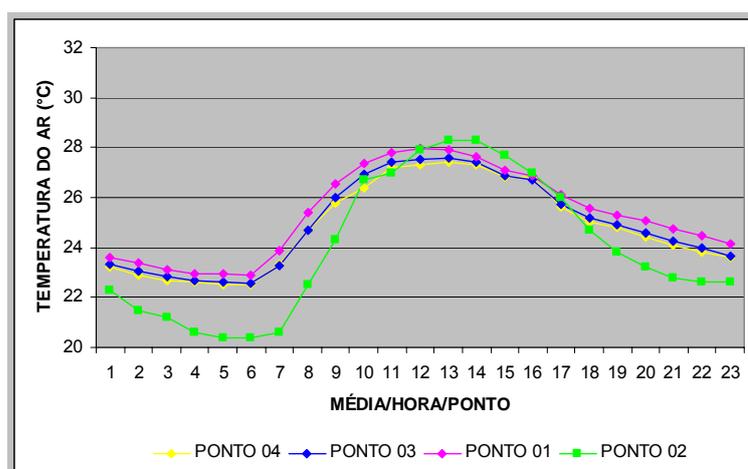


Fig. 93. Gráfico das médias da temperatura do ar, por ponto de medição no período chuvoso.



Salienta-se que os gráficos de temperatura e umidade do ar (Fig. 93 e Fig. 94) do ponto 02 foram gerados através do modelo proposto por Araújo, Martins, Araújo (1998), para a região de estudo, a partir dos dados máximos e mínimos diários.

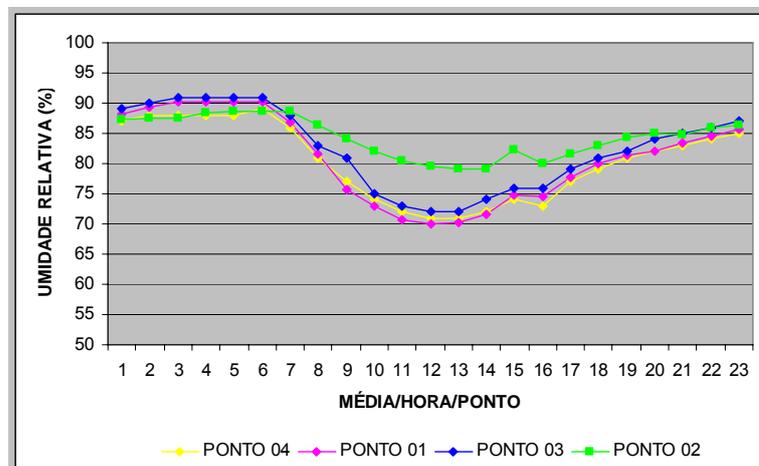


Fig. 94. Gráfico da média da umidade relativa do ar, por ponto de medição no período chuvoso.

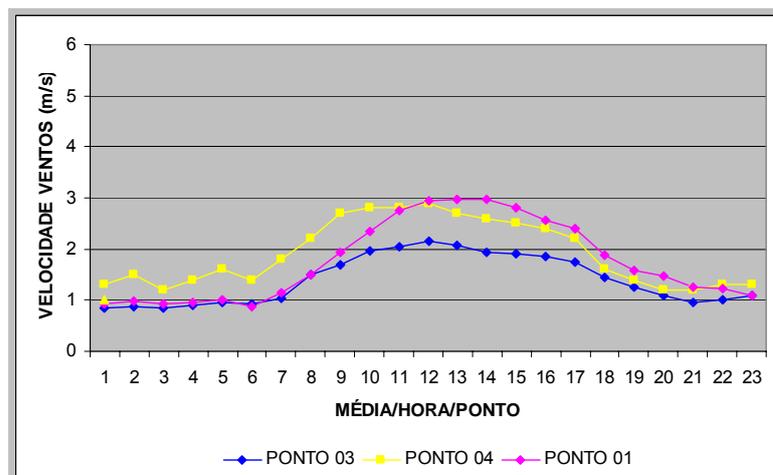


Fig. 95. Gráfico da média da velocidade do vento, por ponto de medição no período chuvoso.

Analisando-se os gráficos, ainda pode-se perceber que a maior média de temperatura do ar ocorreu no ponto 01, entre 12h e 13hh, sendo de 27,9° C, e a menor média foi no ponto 04, às 6h, sendo de 22,5°C. Quanto à umidade relativa do ar, a maior foi 91%, no ponto 03, das 3h às 6h e a menor foi 70,1%, no ponto 01, às 12h. A média da velocidade dos ventos atingiu máxima de 2,9 m/s, no ponto 01, às 13h e mínima de 0,8 m/s, no ponto 03, à 1h da madrugada.

Observa-se que o ponto 04 apresenta maior evapotranspiração (Fig. 96), com exceção do intervalo entre 11h e 14hh, que foi maior no ponto 01. No ponto 03



foi onde se registrou o menor valor, mas coincidindo com o ponto 01 em muitos horários.

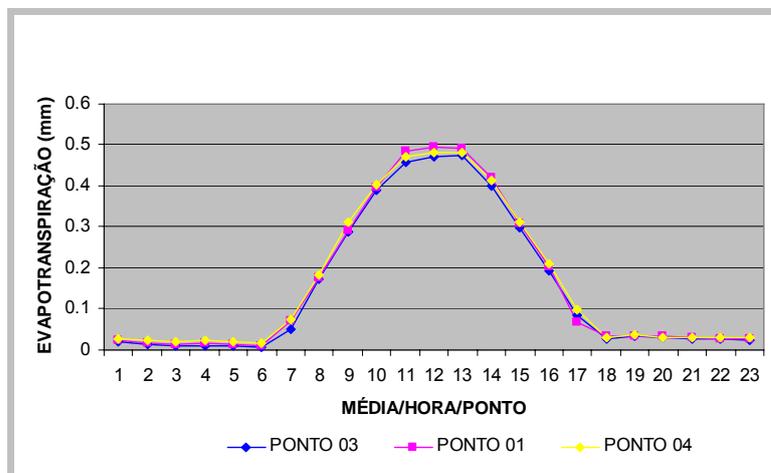


Fig. 96. Gráfico da média da evapotranspiração por ponto de medição no período chuvoso.

Quanto à radiação solar, apresenta pequenas diferenças entre os pontos, o que se atribui a proximidade entre eles (Fig. 97), e o caráter microclimático da análise.

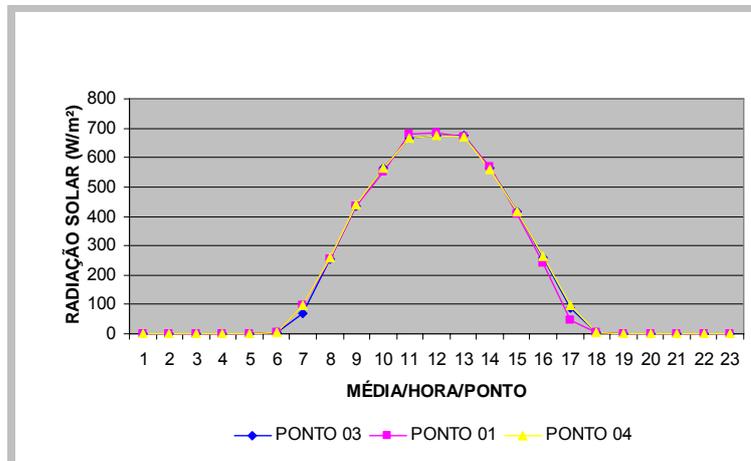


Fig. 97. Gráfico da média da radiação solar, por ponto de medição no período chuvoso.

Observa-se que o índice de ultravioleta (Fig. 98), apresenta curva de comportamento de valores mais alta no ponto 01 e mais baixa no ponto 03, coincidindo com o ponto 04 e em alguns horários menor que neste último ponto de medição.

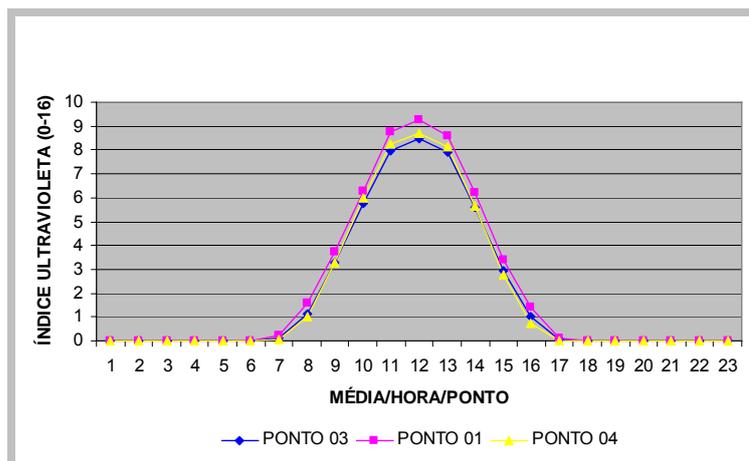


Fig. 98. Gráfico da média do índice de ultravioleta, por ponto de medição no período chuvoso.

Analisando-se a direção dos ventos no período chuvoso, verifica-se que o ponto 01 e 03 apresentam maior frequência de ventos sudeste e o ponto 04 predominância no quadrante sul (Fig. 99).

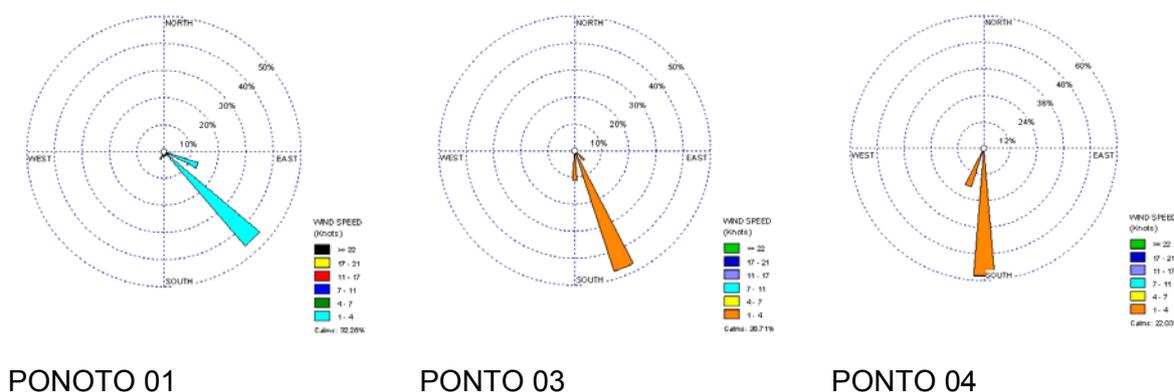


Fig. 99. Gráfico da rosa dos ventos, por ponto de medição no período chuvoso.

Após a tabulação dos dados das variáveis até então analisadas no período chuvoso, pôde-se concluir que o ponto 04 foi o mais favorável em termos microclimáticos, e que o ponto 03 foi o menos favorável. Ainda observou-se que o ponto 01, apesar de densamente construído e pavimentado, foi privilegiado pela canalização da ventilação e apresentou melhores condições gerais que o ponto 03, dada a sua distância em relação ao Parque das Dunas, que se constitui como barreira natural aos ventos locais.

Constata-se no período chuvoso que a temperatura do ar apresentou uma característica crescente em direção à massa edificada e pavimentada, e que tanto a proximidade, quanto a distância da sombra de ventos do Parque das Dunas



influenciaram nas condições mais favoráveis, apresentando menor média de temperatura do ar no ponto 04, devido ao efeito de canalização dos ventos, como no ponto 01 que apresentou maior média das temperaturas, devido a sua localização nas proximidades de vias asfaltadas, numa área de depressão topográfica, bastante impermeabilizada e adensada, justificando a alta absorção da radiação solar. O ponto 03 encontra-se com média da temperatura do ar intermediária, devido à emissão de calor pelas edificações do seu entorno e que são, em parte, amenizadas pela existência de árvores e sombreamento do solo natural do estacionamento informal nas suas proximidades.

Com relação à umidade relativa do ar, o ponto 03 apresentou maior média, devido à baixa velocidade dos ventos e à presença de árvores em sua proximidade, que conseqüentemente aumentam a evapotranspiração. Constatou-se a menor umidade relativa do ar no ponto 04, que apesar da proximidade com o Parque das Dunas localiza-se numa área de canalização dos ventos. Já o ponto 01 apresentou umidade do ar muito próxima do ponto 04, devido à presença de árvores em suas imediações e ao efeito venturi, onde ficou localizado a estação meteorológica.

Quanto à velocidade dos ventos, a média aritmética foi menor no ponto 03, já que o mesmo encontra-se na sombra de ventos das edificações do CCHLA e é atenuada pelas árvores do seu entorno. O ponto 04 apresentou maior média devido ao sítio convexo e ao efeito de canalização. E o ponto 01 apresentou velocidade intermediária, devido ao efeito venturi e de canalização dos ventos no local onde foi instalada a respectiva estação meteorológica.

Com relação à radiação ultravioleta a medição foi significativamente mais alta no ponto 01, do que nos demais pontos. Tal fato, explica-se devido à intensa radiação refletida pelos materiais de pavimentação e pela proximidade de grande área com cobertura em fibrocimento, onde estava localizada a estação.

Encontrou-se a maior média da variável evapotranspiração no ponto 04 devido à proximidade com a área verde do Parque das Dunas e ao elevado índice pluviométrico no período da medição.

Finalmente, destaca-se que o ponto 04 apresenta melhores condições microclimáticas, com intensa ventilação, e o ponto 03 é o mais prejudicado devido à ventilação precária, requisito fundamental para o conforto ambiental em climas



quente-úmidos. Também observa-se um aumento na temperatura do ar em direção à área mais densamente construída e, principalmente, mais impermeabilizada, e uma diminuição em direção à área mais ventilada. Constata-se uma maior umidade do ar nas áreas mais arborizadas e com pouca ventilação. Conclui-se portanto, que as áreas mais ventiladas, sejam adensadas ou não, apresentam melhores condições climáticas para a região em estudo, no período chuvoso.

✓ Estação seca

As mesmas análises descritivas das variáveis ambientais foram efetuadas para o período seco (out. – nov.) e são aqui apresentadas. Neste período, o índice de precipitação pluvial foi 6,5mm e o céu se manteve claro na maioria dos dias.

Quanto à análise dos dados registrados no período seco, foram realizadas 4610 medições de cada variável, visto que as medições foram obtidas de 10 em 10 minutos; o que caracteriza uma maior amostragem.

Inicialmente, as médias aritméticas das variáveis ambientais já mencionadas, que caracterizam o período seco, constam da Tabela 6.

Tabela 6. Média aritmética das variáveis em cada ponto de medição no período seco.

PONTO/ VARIÁVEL	TEMP.DO AR °C	UMID. REL. %	VEL.VENTOS m/s	CHUVAm (TOTAL)	RAD.SOLAR W/m ²	ÍNDICE U.V.	EVAP. mm
PONTO 01	26,8	70,6	2,66	6,0	291,91	3,310	0,040
PONTO 02	27,6	76,0	4,79	7,4	-	-	-
PONTO 03	26,9	70,3	1,45	5,8	295,12	3,395	0,037
PONTO 04	26,9	68,5	1,97	6,6	298,76	3,337	0,039
MÉDIAS	27,0	71,4	2,72	6,5	295,26	3,347	0,039

Da mesma forma, observa-se que o ponto 02 apresenta médias mais altas que os demais pontos, porque foram registrados apenas cinco horários (9:00h, 15:00h e 21:00h, máxima e mínima do dia), não contemplando a madrugada, intervalo com menores temperaturas e maiores umidades do ar. Portanto, o estudo comparativo foi realizado entre as médias dos dados dos três pontos, nos quais os registros foram realizados através das estações meteorológicas portáteis.

Excetuando-se o ponto 02, pode-se perceber que a **máxima** média aritmética de temperatura do ar ocorreu no ponto 03 (26,9°C) e a **mínima** no ponto 01 (26,8°C),



a máxima umidade relativa no ponto 01 (70,6%) e a mínima no ponto 04 (68,5%). A maior média de velocidade dos ventos ocorreu no ponto 01 (2,66m/s) e a velocidade dos ventos foi menor no ponto 03 (1,45m/s). Choveu mais no ponto 04 (6,6mm) e menos no ponto 03 (5,8mm). A maior média de radiação solar no período seco encontra-se no ponto 04 (298,76W/m²) e a menor no ponto 01 (291,91W/m²). O índice de ultravioleta foi mais alto no ponto 03 (3,395) e mais baixo no ponto 01 (3,310). Quanto à evapotranspiração foi maior no ponto 01 (0,04mm) e menor no ponto 03 (0,037mm).

Pode-se perceber que as temperaturas do ar se mantiveram mais elevadas no ponto 03, no período da noite (das 18 às 7h), provavelmente devido ao adensamento e à capacidade térmica dos materiais construtivos das estruturas das edificações do entorno, que absorvem o calor durante o dia e irradiam para o ambiente a noite. No ponto 04, as temperaturas foram mais altas das 10h às 17h. As temperaturas mais baixas se encontram no ponto 01 das 9h às 17h, no ponto 04 das 18h às 23h e no ponto 03 das 24h às 9h (Fig. 100).

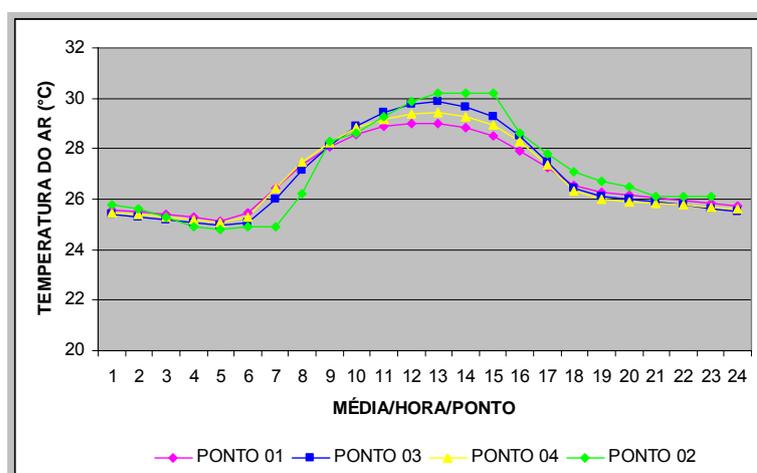


Fig. 100. Gráfico das médias da temperatura do ar, por ponto de medição no período seco.

No que diz respeito à umidade relativa do ar, permaneceu mais alta no ponto 03, com exceção do horário das 10h às 17h, que foi mais alta no ponto 01; e mais baixa no ponto 04 em todas os horários registrados (Fig. 101).

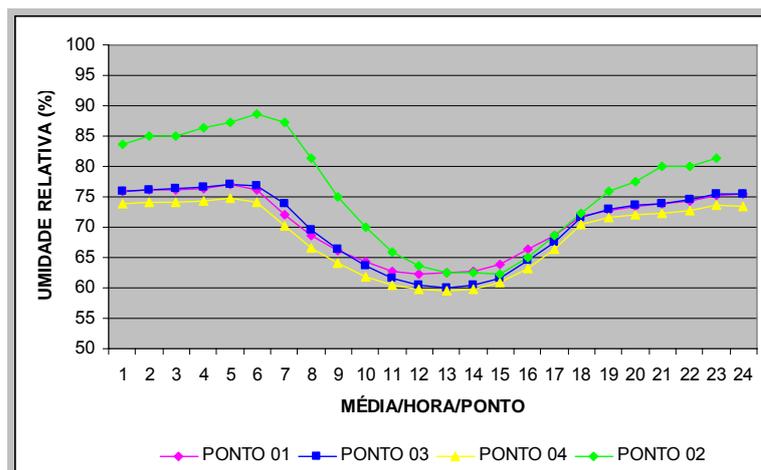


Fig. 101 Gráfico das médias da umidade relativa do ar, por ponto de medição no período seco.

Quanto à velocidade dos ventos foram significativamente mais altas no ponto 01 e mais baixas no ponto 03 para todas as médias horárias (Fig. 102).

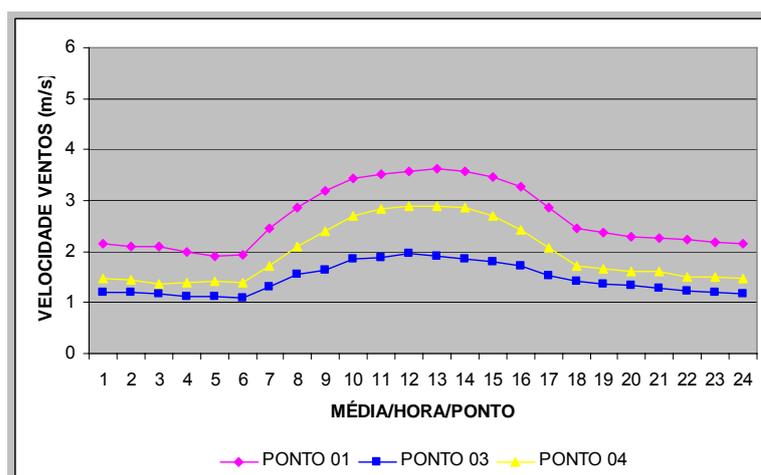


Fig. 102. Gráfico das médias da velocidade dos ventos, por ponto de medição no período seco.

Observando mais detalhadamente, ainda pode-se perceber que a maior média de temperatura do ar no período seco ocorreu no ponto 03, às 13h, sendo de 29,9° C, e a menor média da temperatura do ar foi no ponto 04, às 5h, sendo de 25,1°C. Quanto à umidade relativa do ar, a maior registrada foi 77,1%, no ponto 03, às 5h e a menor foi 59,5%, no ponto 04, às 13h. A média da velocidade dos ventos atingiu seu valor máximo (3,6 m/s) no ponto 01 às 13h, e valor mínimo de 1,1m/s, no ponto 03, às 6h.

Observa-se que o ponto 04 apresenta maior evapotranspiração, com exceção do período entre 09h e 13h, e o maior valor registrado foi no ponto 01. A menor



evapotranspiração ocorreu no ponto 03, mas, coincidindo com os outros pontos praticamente em todas as médias horárias (Fig. 103).

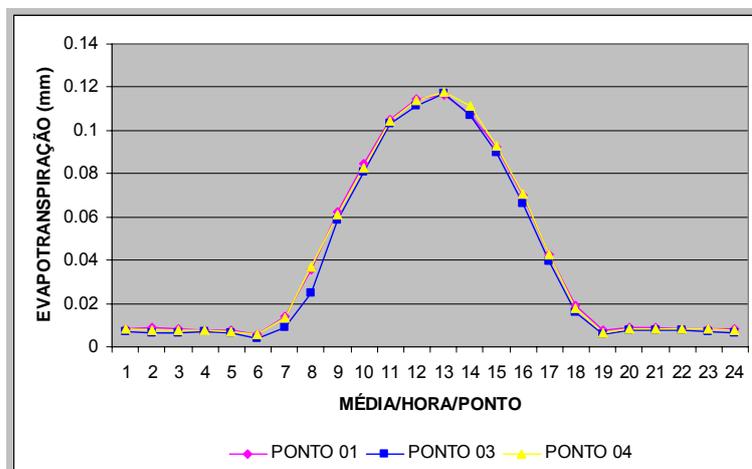


Fig. 103. Gráfico das médias da evapotranspiração, por ponto de medição no período seco.

A radiação solar apresenta pequenas diferenças entre os pontos medidos no período seco, sendo no ponto 03 mais alta das 9h às 12h, e no ponto 04 mais alta das 13h às 18h (Fig. 104).

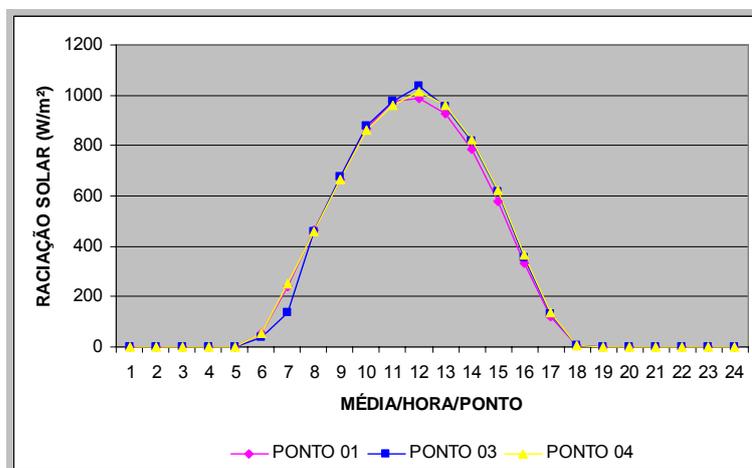


Fig. 104. Gráfico das médias da radiação solar, por ponto de medição no período seco.

No que diz respeito ao índice de ultravioleta no período seco, observou-se que os dados registrados apresentaram problemas em todos os pontos coletados, o que inviabilizou a análise desta variável no período seco, bem como o estudo comparativo entre os dois períodos microclimáticos considerados.



Analisando-se a direção dos ventos no período seco, percebe-se que o ponto 01 e o ponto 03 apresentaram a maior frequência de ventos no quadrante sudeste, enquanto que, no ponto 04 os ventos permaneceram na direção sudoeste (Fig. 105).

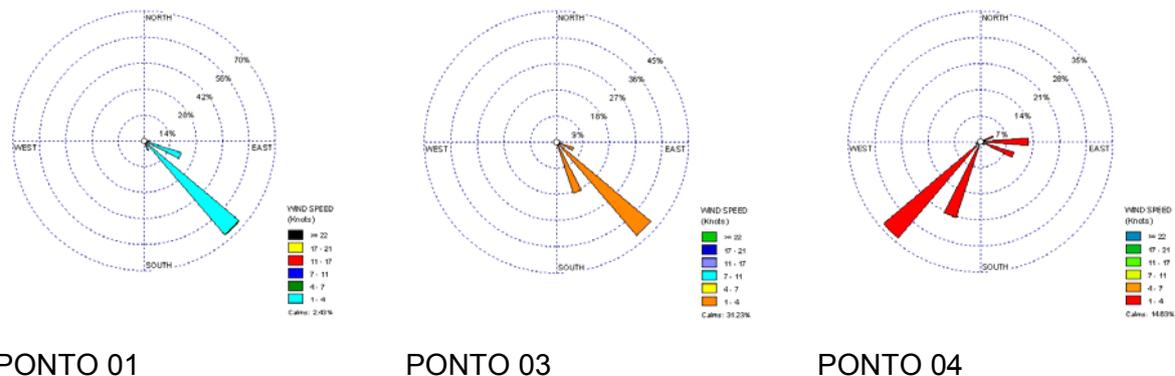


Fig. 105. Gráfico da rosa dos ventos, por ponto de medição no período seco.

Finalizada a análise descritiva e a discussão dos dados do período seco conclui-se que o ponto 01 foi o mais favorável em termos microclimáticos, mediante os parâmetros analisados, e o ponto 03 foi o menos favorável. Apesar do ponto 01 ser densamente construído e numa área predominantemente impermeabilizada, no mesmo ficou constatada a canalização dos ventos, possivelmente pela distância do Parque das Dunas, onde os ventos voltam a percorrer nas cotas mais baixas, fora da sombra de vento, constatadas nos pontos 03 e 04.

No período seco, a temperatura do ar foi mais alta no ponto 01 a partir das 18h, comprovando a influência da inércia térmica dos materiais do entorno, já constatado no período chuvoso.

Com relação à umidade relativa do ar, o ponto 03 apresentou maior média, devido ao registro das maiores temperaturas do ar e a presença de árvores em sua proximidade. Constatou-se a menor média das umidades do ar no ponto 04, que apesar da proximidade com o Parque das Dunas localiza-se numa área de canalização dos ventos, e neste período seco, a vegetação rasteira apresenta-se praticamente inexistente. Já o ponto 01 apresentou umidade relativa do ar muito próxima do ponto 04, devido à presença de árvores em suas imediações e ao efeito de canalização onde foi localizada a estação meteorológica portátil.

O ponto 03 apresentou menores médias de velocidade dos ventos devido à sua localização, ou seja, a sotavento do prédio administrativo do CCHLA, numa área com muitas barreiras arquitetônicas e naturais. O ponto 01 apresentou as maiores



médias devido ao efeito de canalização que incrementa essa variável nesse ponto, e o ponto 04 apresentou velocidades intermediárias neste período seco, mesmo estando na canalização de entrada dos ventos para o Campus através do escoamento da Rua Solon de Lucena Galvão, entre o Conjunto dos Professores e o Parque das Dunas.

Quanto à evapotranspiração, diminuiu consideravelmente em relação ao período chuvoso, devido à falta de chuvas e conseqüente diminuição da cobertura vegetal.

Conclui-se que no período seco a situação do ponto 03 agravou-se com a falta de chuvas, enquanto que o ponto 01 melhorou com o incremento da velocidade dos ventos, comprovando a importância dessa variável para climas quente-úmidos.

✓ Comparação entre os períodos de medição

Nesta fase da análise descritiva e discussão dos dados foram processadas as médias aritméticas horárias das variáveis ambientais nos dois períodos de medição: período 1 (chuvoso) e período 2 (seco).

Quanto à temperatura do ar, apresentou valores mais altos no período seco, alcançando a máxima média de 29,5°C, e apresentou os valores mínimos médios no período chuvoso de 22,6°C (Fig. 106).

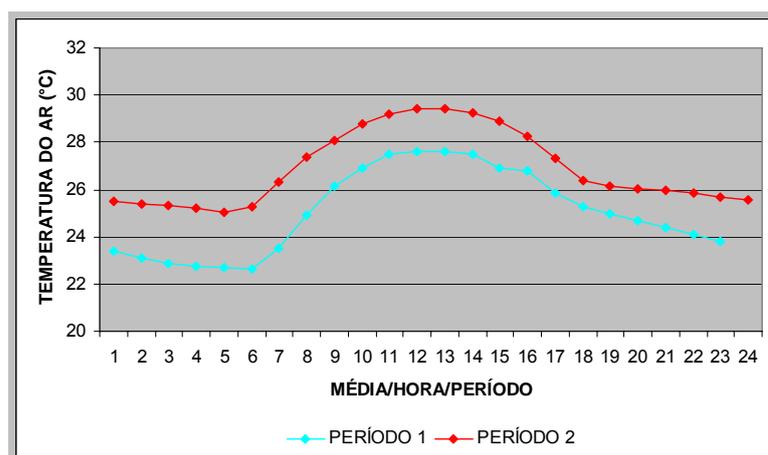


Fig. 106. Gráfico das médias de temperatura do ar nos dois períodos de medição.

Conforme gráfico, a umidade relativa do ar apresenta valores entre 60% e 91%, comportando-se, como era de se esperar, como o inverso da temperatura do ar, com registros mais altos no período chuvoso, dado correlacionado ao índice pluviométrico de 307mm nesse período (Fig. 107).

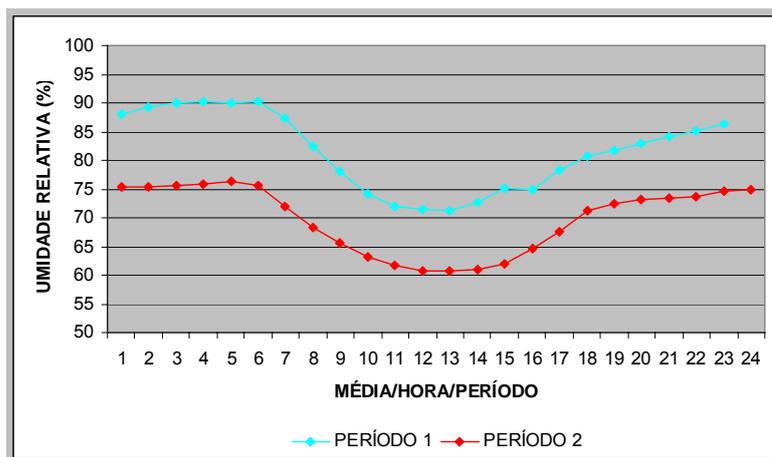


Fig. 107. Gráfico das médias de umidade relativa nos dois períodos de medição.

Ao analisar o gráfico da velocidade dos ventos na área em estudo nos períodos chuvoso e seco, verificaram-se situações atípicas para os dados climáticos de Natal-RN, onde Araújo, Martins, Araújo (1988) constataram maiores velocidades dos ventos no período chuvoso (período de abril a setembro). Atribui-se a essa ocorrência a maior pluviosidade no período de registro e a localização das estações meteorológicas no Campus em termos microclimáticos. Além disso, os pontos que apresentaram maiores velocidades localizaram-se em áreas privilegiadas pela canalização dos ventos, e as maiores ocorrências de velocidade dos mesmos ocorrem no mês de agosto e setembro (Fig. 108).

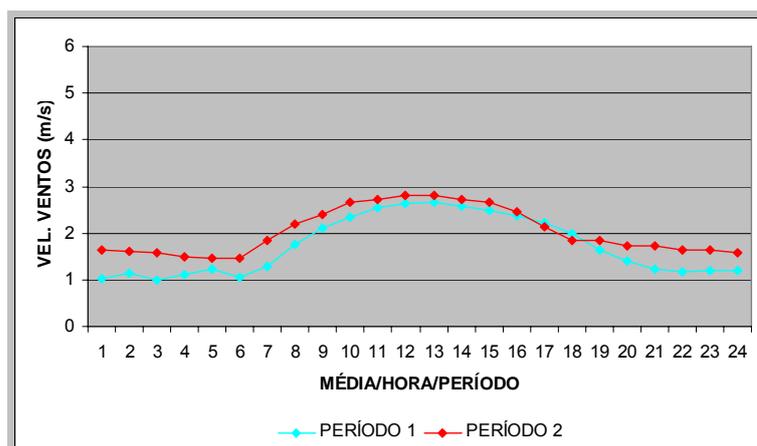


Fig. 108. Gráfico das médias de velocidade dos ventos nos dois períodos de medição.

O gráfico da variável que retrata a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo, por uma cultura verde, não submetida a quaisquer restrições d'água, representa as diferenças significativas do período chuvoso e seco. Verifica-



se portanto, que a evapotranspiração do período chuvoso alcançou 0,48mm e no período seco 0,12mm (Fig. 109).

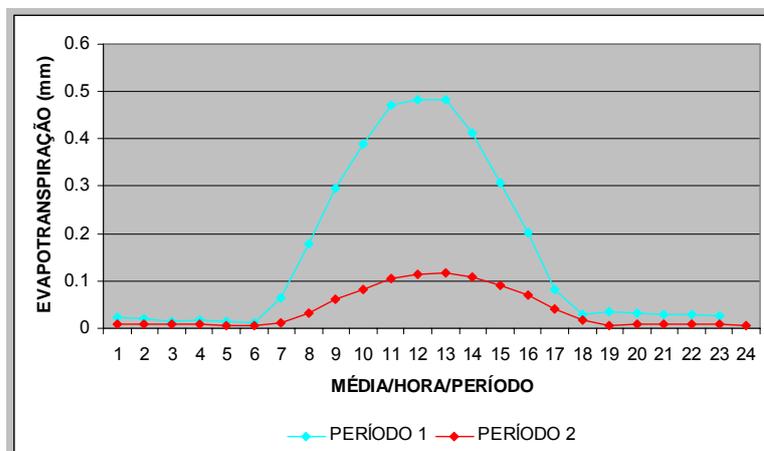


Fig. 109. Gráfico das médias de evapotranspiração nos dois períodos de medição.

Pode-se observar no gráfico da radiação solar que o período seco apresentou maiores valores, alcançando 1011W/m², e o período chuvoso valores menores, 779W/m², como era de esperar. Esta análise comprova que a maior nebulosidade do período chuvoso intercepta a radiação solar (Fig. 110).

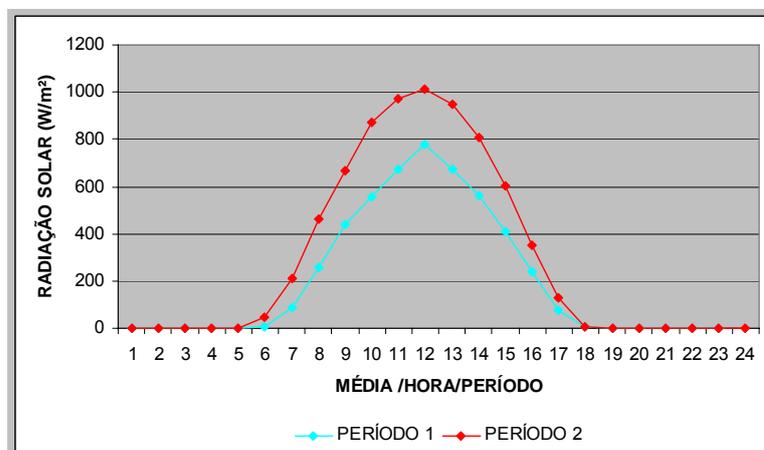


Fig. 110. Gráfico das médias de radiação solar nos dois períodos de medição.

✓ Testes Estatísticos

Após a análise descritiva das variáveis ambientais registradas, foram realizados testes estatísticos relacionando as variáveis ambientais com os pontos de medição.



Dando continuidade a análise estatística, procurou-se identificar o efeito do ambiente construído em estudo nas variáveis ambientais. Para atingir os objetivos utilizou-se a estatística inferencial, através do teste de hipóteses científicas e estatísticas, com base na amostra pesquisada.

Na realização dos trabalhos, testa-se o efeito do fator do ambiente construído sobre o comportamento das seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar (V_1), umidade relativa do ar (V_2), velocidade dos ventos (V_3), radiação solar (V_4), índice de ultravioleta (V_5), evapotranspiração (V_6), segundo os fatores estabelecidos:

F₁ – Período de medição: representado por 02 níveis - caracterizam as dois períodos de medição (chuvoso e seco).

F₂ – Ponto de medição: representado por 03 níveis – caracterizam os pontos de medição das estações meteorológicas portáteis, excluindo-se o ponto 02, correspondente à Estação Climatológica da UFRN.

O modelo estatístico utilizado pretendeu verificar o efeito dos fatores (F_1 , F_2) e suas interações na variabilidade dos dados das variáveis ambientais (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5), sendo V = variável aleatória (respostas), aqui representada por y . Portanto, se y varia em função de F e suas interações, considera-se que os fatores isolados ou conjuntamente, têm efeito sobre as respostas.

Para que se possa aceitar ou rejeitar a suposição estabelecida, levantam-se hipóteses que foram elaboradas de acordo com os objetivos da pesquisa, a saber:

Hipótese H_0 – Hipótese nula ou verdadeira (descrição da hipótese científica),
ou seja, não existe efeito do fator F_i sobre a resposta V_i .

Hipótese H_A – Hipótese alternativa: existe efeito do fator F_i sobre a
resposta V_i .

A hipótese estatística da descrição é elaborada para cada variável resposta, como segue:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

H_A : pelo menos um par $\mu_i \neq \mu_j$, onde $i \neq j$, sendo:

μ_1 = média das variáveis no período;

μ_2 = média das variáveis no ponto;



A hipótese foi testada com base nas estatísticas F-Fisher/ Snedecor para cada fator e para cada interação entre eles, em função dos dados. Posteriormente, de acordo com a técnica de inferência estatística, compararam-se estes fatores com os valores da tabela de Fisher para o nível de significância α fixado.

A regra inferencial diz que a hipótese H_0 acima mencionada será rejeitada se o valor das estatísticas F calculadas for maior que o valor da estatística F tabelada, para um nível de significância α fixado. Nesta etapa foi utilizado o *software* *STATÍSTICA*, para o cálculo das estatísticas.

Nesta etapa, a análise estatística pretendeu identificar quais fatores F_i exerceram efeitos sobre as respostas V_i . Com isso serão abordadas as hipóteses a seguir:

Após a aplicação do teste, pode-se observar que os fatores Período (F_1) e Ponto (F_2), isoladamente, têm efeito significativo sobre a temperatura e umidade relativa do ar, como também as interações Período x Ponto têm efeito sobre as variáveis respostas.

Apresentam-se a seguir alguns gráficos com suas interações.

Exemplo da Hipótese: Efeito do fator (F_i) sobre a variável (V_i).

H_0 : Não existe efeito do fator sobre a variável.

H_A : Existe efeito do fator sobre a variável.

✓ **Temperatura**

Conforme visualização (Fig. 111 e Fig. 112) e cálculos realizados verifica-se que a hipótese H_0 foi rejeitada, ou seja, existe efeito do ponto (F_2) sobre a variável temperatura do ar (V_1), nos dois períodos analisados. Essa afirmação é dada para o nível de significância $\alpha < 0,01$ (α = erro).

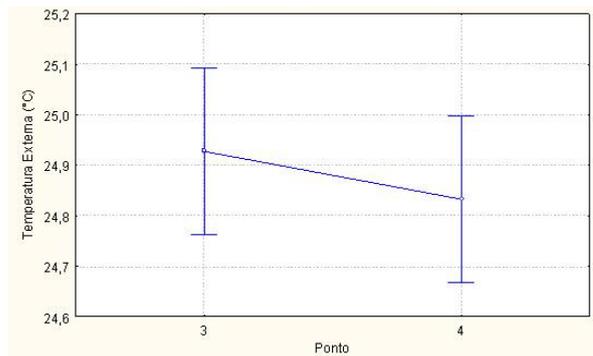
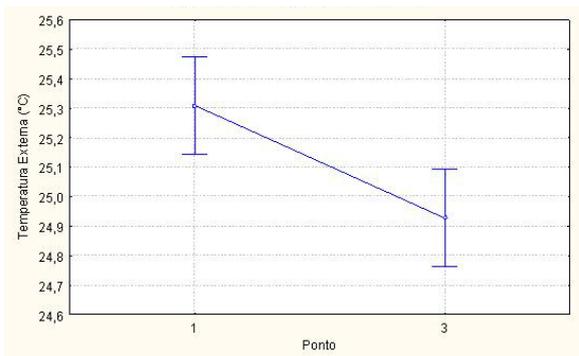


Fig. 111. Gráfico do efeito ponto sobre a variável temperatura do ar no período chuvoso.

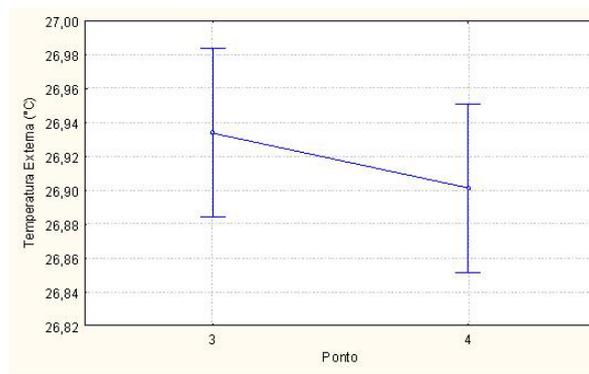
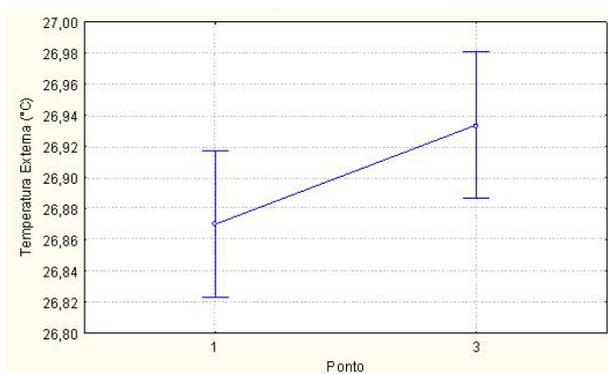


Fig. 112. Gráfico do efeito ponto sobre a variável temperatura do ar no período seco.

✓ **Umidade relativa do ar**

Conforme visualização (Fig. 113 e Fig. 114) e cálculos realizados verifica-se que a hipótese H_0 foi rejeitada, ou seja, existe efeito do ponto (F_2) sobre a variável umidade relativa do ar (V_2), nos dois períodos analisados. Essa afirmação é dada para o nível de significância $\alpha < 0,01$ ($\alpha =$ erro).

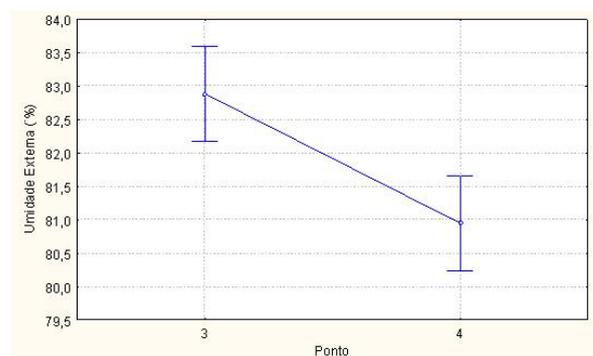
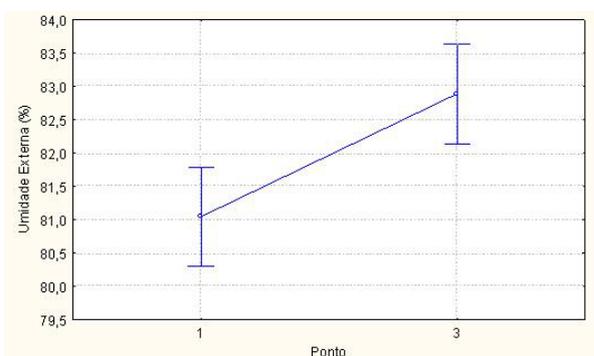


Fig. 113. Gráfico do efeito ponto sobre a variável umidade relativa do ar no período chuvoso.

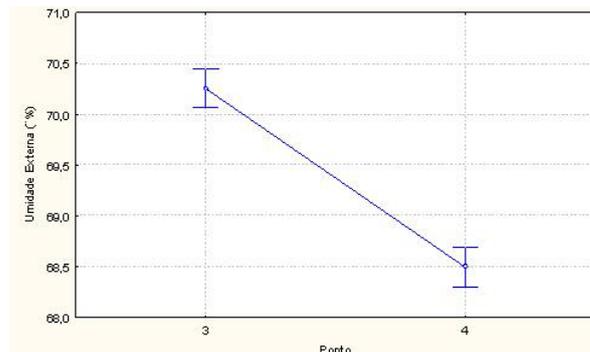
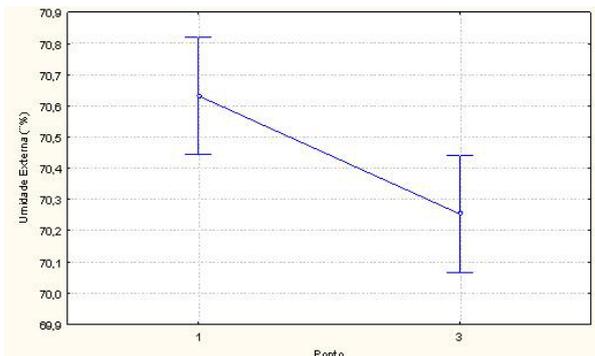


Fig. 114. Gráfico do efeito ponto sobre a variável umidade relativa do ar no período seco.

✓ **Velocidade dos ventos**

Conforme visualização (Fig. 115 e Fig. 116) e cálculos realizados, verifica-se que a hipótese H_0 foi rejeitada, ou seja, existe efeito do ponto (F_2) sobre a variável velocidade dos ventos (V_3), nos dois períodos analisados. Essa afirmação é dada para o nível de significância $\alpha < 0,01$ ($\alpha =$ erro).

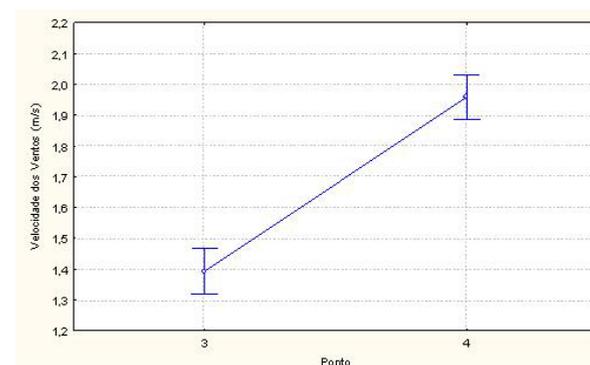
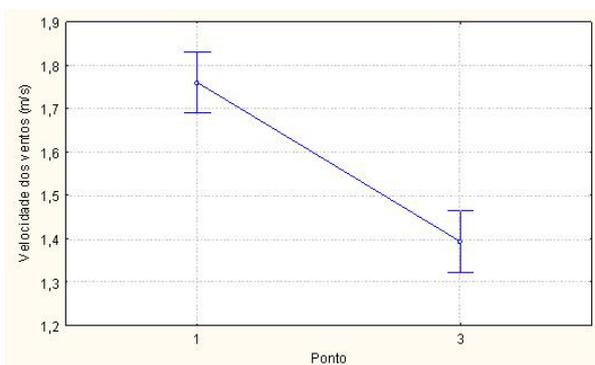


Fig. 115. Gráfico do efeito ponto sobre a variável velocidade dos ventos no período chuvoso.

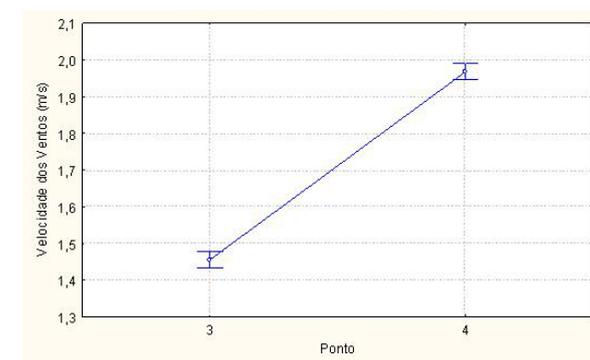
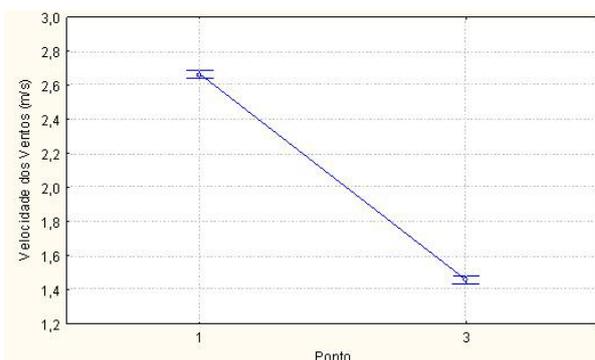


Fig. 116. Gráfico do efeito ponto sobre a variável velocidade dos ventos no período seco.



✓ Evapotranspiração

Conforme visualização (Fig. 117 e Fig. 118) e cálculos realizados, verifica-se que a hipótese H_0 foi rejeitada, ou seja, existe efeito do ponto (F_2) sobre a variável evapotranspiração (V_6), nos dois períodos analisados. Essa afirmação é dada para o nível de significância $\alpha < 0,01$ ($\alpha =$ erro).

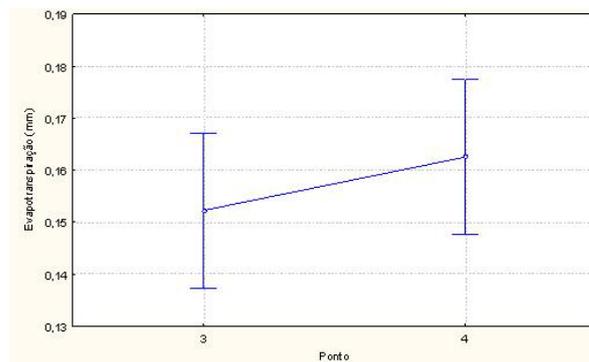
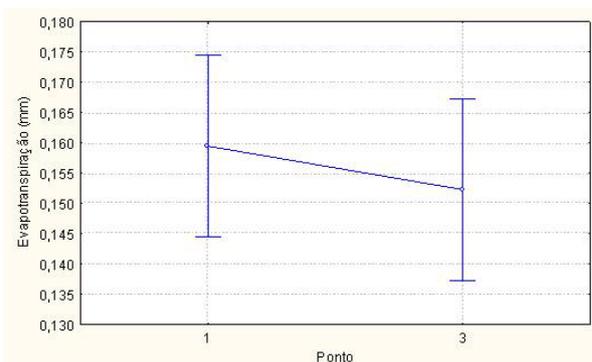


Fig. 117. Gráfico do efeito ponto sobre a variável velocidade dos ventos no período chuvoso

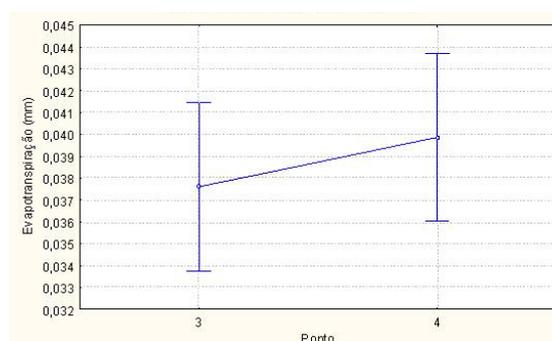
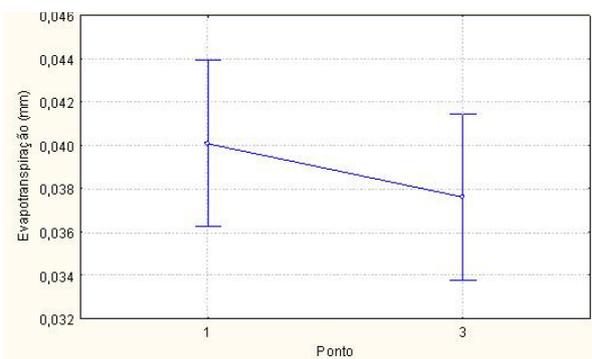


Fig. 118. Gráfico do efeito ponto sobre a variável velocidade dos ventos no período seco

As variáveis ambientais, radiação solar e índice de ultravioleta não foram apreciadas nessa análise; primeiro, porque as duas variáveis continham valores nulos no período da noite, o que modificaria o resultado, além dos valores da variável índice de ultravioleta apresentarem problemas de registros no período seco.

Concluindo-se a análise e discussão dos dados das variáveis ambientais, verifica-se a existência de microclimas diferenciados entre os pontos medidos, bem como se constatou significativa diferença entre elas nos períodos climáticos característicos analisados.

Baseado na literatura pesquisada atribuem-se os resultados encontrados às modificações provocadas no ambiente construído que podem modificar o microclima



de determinada área, através das tipologias construtivas, dos materiais utilizados, da morfologia, bem como dos ecossistemas naturais, como é o caso do Campus Central da UFRN.

O próximo capítulo traz diretrizes e recomendações da pesquisa para a implementação do Plano Diretor do Campus Central da UFRN e considerações finais.



7.0 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se, na presente pesquisa, a relevância das fases iniciais do projeto e o partido adotado para um ambiente construído, cabendo aos projetistas as responsabilidades de utilizar métodos e ferramentas com vistas à concepção adequada em termos bioclimáticos e energeticamente eficiente.

Verificou-se nesta pesquisa uma preocupação em analisar o microclima e a morfologia do Campus Central da UFRN, através de ferramentas de análise bioclimática, visando identificar microclimas diferenciados na área objeto de estudo e sugerir diretrizes para a implementação do Plano Diretor.

Pode-se afirmar que a pesquisa alcançou seus objetivos, visto que na investigação do microclima e da morfologia do Campus Central da UFRN, realizada por meio da análise bioclimática e registro das variáveis ambientais desenvolvidas, constatou-se a existência de microclimas diferenciados entre os diversos ambientes analisados, que foram climaticamente caracterizados como áreas a serem melhoradas, a serem preservadas e a serem protegidas de acordo com os pontos de registro das variáveis ambientais e, portanto, propõe-se um Mapa Síntese da Pesquisa (Fig. 119).

O ponto 01 representa áreas a serem protegidas, no qual verificaram-se condições ambientais regulares, pois encontra-se em sua proximidade uma massa bastante edificada, impermeabilizada e próximo à via asfaltada e de tráfego intenso; entretanto, sua ventilação não sofre influência da barreira natural do Parque das Dunas e esta localizado numa área de efeitos de canalização dos ventos, o que amenizou suas condições ambientais.

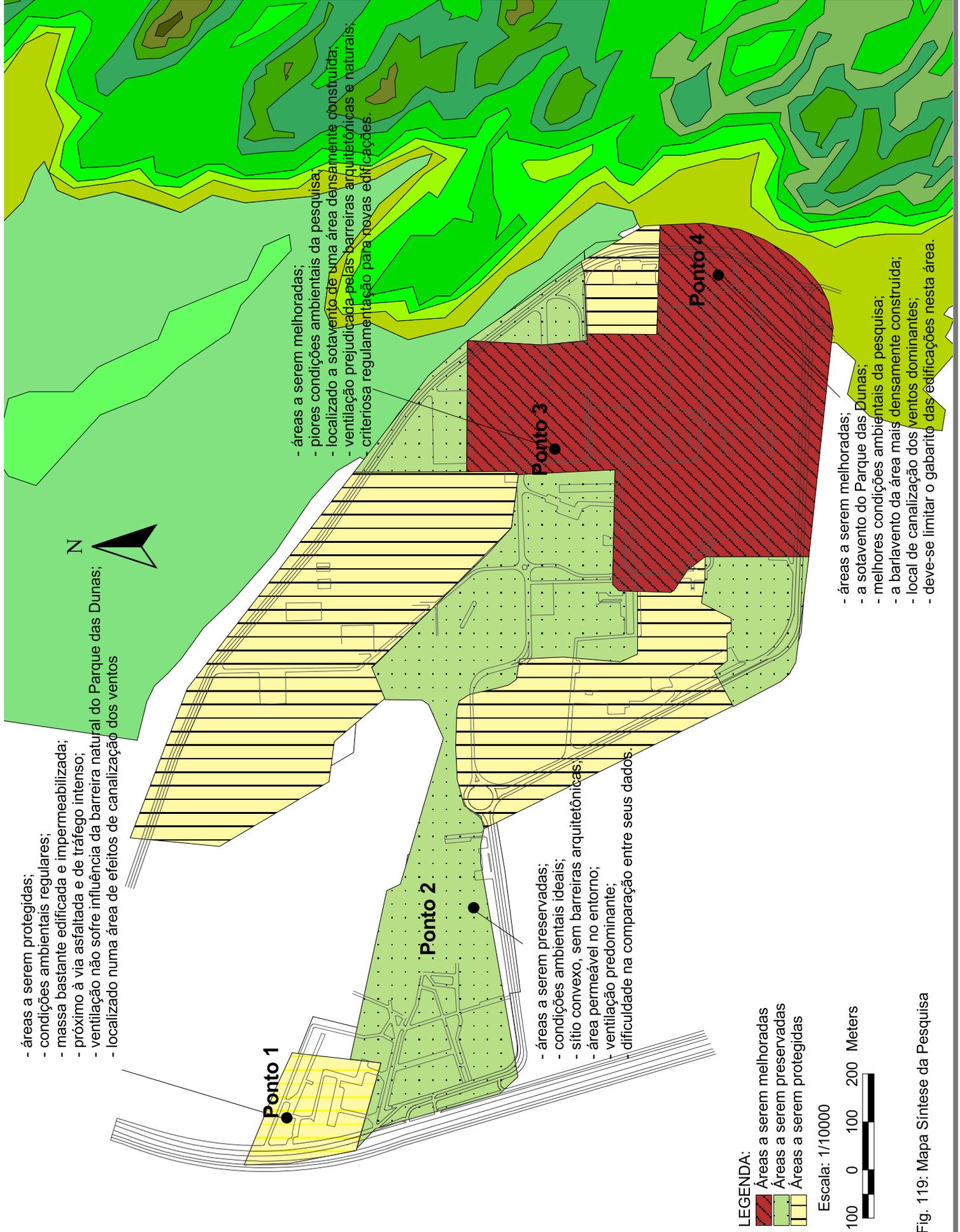


Fig. 119: Mapa Síntese da Pesquisa



O ponto 02, constituído pela Estação Climatológica da UFRN, e representando áreas a serem preservadas, apresentou condições ambientais satisfatórias, sítio convexo, sem barreiras arquitetônicas, área permeável no entorno e ventilação predominante. No entanto, as incertezas experimentais constataram a dificuldade na comparação entre seus dados e os dados coletados nas demais estações meteorológicas portáteis, pois utiliza instrumentos diferentes e apenas três registros diários de algumas das variáveis ambientais estudadas.

O ponto 03 representa as áreas a serem melhoradas, onde se constataram as piores condições ambientais da área em estudo, e está localizado a sotavento de área densamente construída, cercado por barreiras arquitetônicas, que utilizam materiais inadequados ao clima da região. Portanto, precisa de criteriosa regulamentação para as novas construções e/ou reformas a serem realizadas.

O ponto 04 representa também áreas a serem melhoradas, pois localiza-se na sombra de ventos do Parque das Dunas; entretanto apresentou condições ambientais satisfatórias, já que está localizado a barlavento da área mais densamente construída, num local de canalização dos ventos. Nesta área deve-se limitar o gabarito das edificações, tanto para preservar a paisagem cênica, como para evitar barreira arquitetônica na entrada dos ventos canalizados para o Campus.

Com a análise estatística e discussão dos dados registrados das variáveis ambientais, observou-se a existência de diferenças em determinadas áreas microclimáticas da área objeto de estudo, decorrentes do aquecimento das estruturas construtivas existentes e pela falta de escoamento dos ventos, além das áreas microclimáticas com ventilação natural e porosidade na massa edificada.

Atualmente o Campus Central se configura com 14% da área edificada, alguns trechos bastante adensados, mas, a maior parte com alto índice de porosidade na massa edificada. Ainda encontram-se resquícios de área verde, apresentando um potencial bioclimático elevado, desde que, mantidas as trilhas de ventilação e incrementadas essas áreas verdes. Entretanto, é fundamental a implementação do Plano Diretor para gerenciar as futuras reformas e/ou novas construções.



Como diretrizes para implementação do Plano Diretor do Campus, sugerimos a seguir algumas recomendações para a área de estudo:

- Criar uma comissão técnica para avaliação dos novos empreendimentos e/ou reformas, visando seguir as diretrizes do Plano Diretor do Campus, atendendo aos critérios de recuos, gabarito, equilíbrio da infra-estrutura, sistema viário, preservação de áreas não edificáveis e manutenção do conforto ambiental no ambiente a ser construído;
- Reutilizar os grandes estacionamentos, com praças arborizadas ou mesmo com novas edificações, visto que, mediante a literatura técnica os estacionamentos configuram-se como as áreas mais aquecidas das áreas construídas;
- Propor a utilização de telhas em cor clara para a cobertura das novas edificações e/ou reformas, e a substituição das telhas constituídas por amianto, que subsistem ainda em grande área nas edificações da área em estudo;
- Realizar estudo do sistema viário interno, visando disciplinar e adequar seus usos aos fluxos existentes e ao projeto de cercamento recente da área privada do campus, adequando-o aos acessos propostos;
- Desativar as vias secundárias sem utilização, com o intuito de diminuir as áreas impermeabilizadas e a emissão de calor para o ambiente do entorno imediato;
- Criar alamedas para pedestres nos caminhos informais existentes, utilizando espécies arbóreas adequadas à região, visto que o solo arenoso e o clima da área em estudo impossibilitam o crescimento de árvores não adaptadas;
- Realizar levantamento e manutenção das espécies vegetais existentes em toda a área do Campus, com tratamento contra pragas e disciplinamento das podas, no intuito de preservar as áreas verdes e criar novas áreas vegetadas;
- Estabelecer áreas de convivência em espaços arborizados e permeáveis nas proximidades dos setores de aula, visando amenizar o microclima local;



- Aumentar a rugosidade da área em função da mudança de gabarito, visando criar permeabilidade aos ventos, através do controle dos recuos entre as edificações;
- Incentivar a realização de outros estudos dessa natureza para a área do Campus, como por exemplo, a investigação do comportamento da ventilação nas áreas edificáveis, contribuindo para a definição do gabarito em função de simulações computacionais. Este estudo pode ser realizado através de modelos computacionais da dinâmica dos fluidos (CFD – Computer Fluid Dynamics) ou de realidade virtual, utilizando os recursos dos laboratórios existentes na própria UFRN;
- Criar a conscientização na Comunidade Universitária, incentivando soluções bioclimáticas e energéticas para manutenção do meio ambiente urbano agradável na área em estudo;
- Por fim, atender às diretrizes constantes na proposta do Plano Diretor do Campus, como evitar o adensamento urbano, regulamentando novas construções, implantando um projeto de arborização, preservando as áreas de canalização da ventilação natural, preservando as áreas não edificáveis, utilizando soluções bioclimáticas como requisito primordial para amenização do clima quente-úmido da região.

Portanto, é importante que esta pesquisa e suas propostas sejam instrumento de discussão pelos técnicos da Superintendência de Infra-estrutura do Campus, responsáveis pela elaboração dos projetos e implementação do Plano Diretor, bem como seja utilizado como referência para subsidiar o processo de gestão do planejamento e implementação do Plano Diretor do Campus Central da UFRN.



8.0 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. H. S.; MARTINS, T. L. F.; ARAÚJO, V. M. D.. *Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal/RN*. Natal: EDUFRN, 1998.

ARAÚJO, B. C. D. *Aplicação de método de análise bioclimática como ferramenta para intervenções em centros históricos: Estudo de caso no bairro da Ribeira em Natal/RN*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

BITTENCOURT, L. S. *Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos*. 2 ed. Maceió: EDUFAL, 1998.

BLESSMANN, J. *Aerodinâmica das construções*. 2 ed. Porto Alegre: Sagra, 1990.

BRAGA, A. F. R. A. et al. *Análise morfológica e ambiental da sub-área 2 do Campus Universitário da UFRN*. Trabalho acadêmico – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

BUSTOS ROMERO, M. A. *Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: PROJETO, 1988.

BUSTOS ROMERO, M. A. *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. Brasília: Universidade de Brasília, 2001.

CARVALHO, H. L. et al. *Análise morfológica e ambiental da sub-área 5 do Campus Universitário da UFRN*. Trabalho acadêmico – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

COSTA, A. A. *A verticalização e as transformações do espaço urbano urbano de Natal*. 358 p. Tese (Doutorado em Geografia pela UFRJ), Rio de Janeiro, 2000.

COSTA, A. D. L. *A influência da forma de ocupação do solo urbano no microclima: uma fração do bairro de Petrópolis em Natal-RN*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

COSTA, F. J. M. *Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

DEL RIO, V. *Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento*. São Paulo: Pini, 1990.

EVANS, J. M.; SCHILLER, S. *Diseño bioambiental y arquitectura solar*. 3. ed. Buenos Aires: UBA, 1994.

FARIA, J. R. G. *Ventilação na camada intra-urbana: o caso de Bauru*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo: EESC, 1997.



FANGER, P. O. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineers*. USA; Kingsport Press, 1972, 243 p.

FERREIRA, A. B. H. *Novo dicionário da língua portuguesa*. 2 ed. São Paulo: Nova Fronteira, 1986.

GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. London: Applied Science Publishers, 1976.

GIVONI, B. *Climate considerations in building and Urban design*. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GRIMM, A. M. *Meteorologia básica*. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2004.

IDEMA. *Base cartográfica de topografia*. Natal: [s.ed.]. 1 mapa. Escala: 1:10.000, 1997.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, IV, 1997, Salvador. *Anais...* Salvador. p. 49-58, 1997.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. *Ozônio e Radiação UV-B*. São José dos Campos: Transtec, 1995.

KOENIGSBERGER, O. et al. *Viviendas y edificios em zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1997.

LAMAS, J. R. G. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian / Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1989.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW, 1997.

LIBERALINO, C. C. et al. *Análise morfológica e ambiental da sub-área 3 do Campus Universitário da UFRN*. Trabalho acadêmico – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

LIMA, P. *Arquitetura no Rio Grande do Norte: uma introdução*. Natal: EDUFRN, 2002.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles – o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

MAGNOLI, D. *Geia: fundamentos da geografia*. São Paulo: Moderna, 2002.

MARTINS, T. L. F. *Avaliação de Desempenho Térmico dos Setores de Aulas da UFRN*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1995.



MARTINS, A. T. et al. *Análise morfológica e ambiental da sub-área 1 do Campus Universitário da UFRN*. Trabalho acadêmico – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

MASCARÓ, L. *Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo*. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.

MASCARÓ, L. *Ambiência Urbana*. Porto Alegre: Sagra, DC Luzzatto, 1996.

MASCARÓ, L., MASCARÓ, J. *Vegetação Urbana*. . ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

MIGUEL, A. F. S. et al. *Análise morfológica e ambiental das sub-áreas 0 e 4 do Campus Universitário da UFRN*. Trabalho acadêmico – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

MONTEIRO, C. A. F. *Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil*. Florianópolis: Geosul, 1990.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto. 2003.

NOBRE, P. J. L. *Relatório das atividades da comissão especial do plano diretor do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. Natal: UFRN. (mimeo), 2005.

OKE, T. R. *Boundary layer Climates*. New York Metheun & Co. Ltd, 1987.

OLGYAY, V. *Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New Jersey: Princeton University Press, 1973.

OLIVEIRA, P. M. P. *Cidade apropriada ao clima e a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano*. Dissertação (Mestrado) – UNB, Brasília. 1985.

OLIVEIRA, P. M. P. *Metodologia de desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais*. Brasília: Universidade de Brasília, 1993.

PIETROBON, C. E. *Luz e calor no ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo : conflito ou compromisso com a conservação de energia?*. Tese (Doutorado) – UFSC, Florianópolis, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. *Plano Diretor de Natal*. Lei Complementar n. 07 de 05 de agosto de 1994. Natal: Prefeitura Municipal de Natal, 1994.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. *Perfil dos Bairros de Natal*. Natal: Instituto de Planejamento Urbano/IPLANAT/GERINT. 1 CD Rom, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. *Natal 400 anos depois*. Natal: Secretaria especial do meio ambiente e urbanismo/SEMURB; Banco do Nordeste, 1999.



PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. *Conheça melhor o seu bairro*. Natal: Secretaria especial do meio ambiente e urbanismo/SEMURB, 2003.

SANTAMOURIS, M. *Energy and indoor climate in urban environments – Recent trends*. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, IV, 1997, Salvador. *Anais...* Salvador, p. 15-24, 1997.

SARAIVA, J. A. G. *Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos*. In: Encontro de Professores de Conforto Ambiental – NE, 2. João Pessoa: *Anais...* João Pessoa: UFPB. p. 23-31, 1994.

SIMIELLI, M. E. R. *Geoatlas*. São Paulo : Editora Ática, 2003.

SORRE, M. *Traité de climatologie biologique et médicale*. M. Piery Masson et Cie Editeurs. Paris: Vol. 1, p. 1-9. Tradução de José Bueno Conti, 1934.

SOUZA, C. F. *Natal e o significado das últimas enchentes*. Geofolha. Natal: ago. v.1, n.1, 2000.

SOUZA, I. *Nova história de Natal: Lagoa nova, um bairro nobre*. Natal: SPOSITO, 1988.

SOUZA, I. *Nova história de Natal: Lagoa Nova, um bairro nobre*. Natal: Diário de Natal, 16p. Fascículo 19. Projeto Ler, 1999.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. *Os climas na cidade de São Paulo*. São Paulo: GEOUSP, 2001.

TRIGUEIRO, E. B. F. *Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. In: Newton Junior, C. (Org) *Portal da memória: UFRN, 45 anos da federalização*. Brasília: Senado Federal, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. *Plano diretor do campus central da UFRN*. Natal: UFRN. Disponível em: <http://www.darq.ufrn.br/pd-campus/MINUTA>. Acesso em 01/09/2005.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 2000.

VIDAL, R. D. M. *Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal*. Brasília. Dissertação (Mestrado em Arquitetura pela Universidade de Brasília), Brasília:UNB, 1991.

VIDAL, R. D. M. *Análise bioclimática do Campus Universitário* - In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, IV, 1997, Salvador. *Anais...* Salvador, p. 107-110, 1997.