



## FERRAMENTAS DE ANÁLISE PARA IMPLEMENTAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE PLANO DIRETOR DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO

**Sheila O. Carvalho (1); Virgínia M. D. Araújo (2); Eduardo H. S. Araújo (3)**

- (1) Departamento de Arquitetura – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil - e-mail: sheila@ufrn.net.br
- (2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil - e-mail: virginia@ufrn.br
- (3) Departamento de Estatística – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil - e-mail: ehsa@ccet.ufrn.br

### RESUMO

**Proposta:** O presente trabalho trata da investigação do microclima e dos atributos da morfologia do Campus Central da UFRN, em Natal/RN, utilizando ferramentas de análise para subsidiar a implementação e acompanhamento do Plano Diretor do mesmo. Realiza um diagnóstico da evolução e crescimento do espaço em estudo, com apreciação do plano inicial, morfologia e tipologias utilizadas.

**Método de pesquisa/Abordagens:** Elabora uma análise qualitativa do microclima local utilizando metodologias apropriadas para tal e classifica a área em zonas com características bioclimáticas semelhantes. Seleciona pontos representativos destas zonas e executa uma avaliação espacial e ambiental com base nos registros das variáveis climáticas nos dois períodos característicos da região de estudo (chuvisco e seco) através de uma análise quantitativa dos dados coletados. **Resultados:** A análise bioclimática realizada identifica diferenças microclimáticas entre os ambientes analisados e os classifica em áreas a serem preservadas, a serem protegidas e a serem melhoradas.

**Contribuições/Originalidade:** Análise bioclimática como ferramenta para constatação da representatividade da influência dos atributos da forma urbana nas diversas escalas de abordagem, e como forma de contribuição na implementação e acompanhamento de Plano Diretor de Campus Universitário.

Palavras-chave: Análise microclimática, plano diretor, Campus Universitário.

### ABSTRACT

**Propose:** The actual work tries to investigate the UFRN Campus Central in Natal/RN microclimate and morphology, using analysis tools attributes in order to assist implementation and to attend its Master Plan. To accomplish a studied evolution and space expansion diagnosis, taking into consideration the initial plan and applied morphology and typology. **Methods:** Work out the local microclimate quantitative analysis making use of proper methodologies for such, and classifies the area into zones with similar bioclimatic characteristics. Selects representative points in these zones and executes an environmental and spatial evaluation in basis of climatic variables within the two typical periods in the studied region (rainy and dry) through a collected data quantitative analysis. **Findings:** The accomplished bioclimatic analysis identifies microclimatic differences between the analyzed environments and classifies them in areas to be preserved and areas to be improved. **Originality/value:** Bioclimatic analysis as a tool to evidence the representative influence of urban form attributes in the various approach scales and also as a form of contribution to the Campus Master Plan establishment and attendance.

**Key words:** Microclimate analysis, Master Plan, University Campus.

## 1 INTRODUÇÃO

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, agravam ainda mais a situação 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.

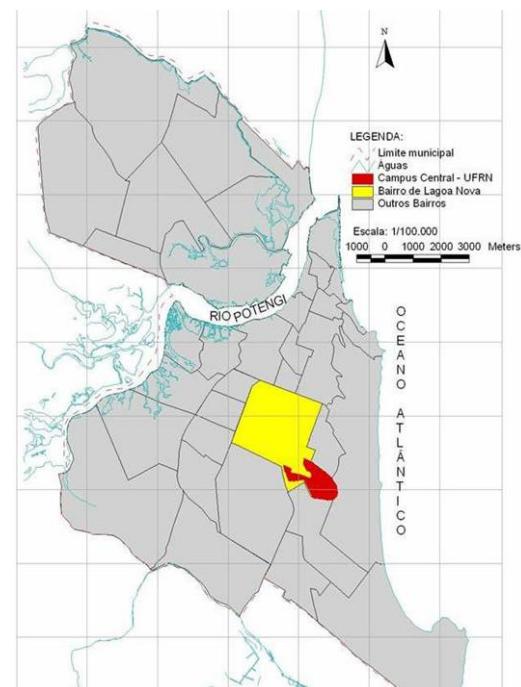
Apropriando-se do projeto bioclimático que envolve o clima, o homem e o habitat, num processo de otimização entre o meio no qual se projeta, o habitante e a própria edificação (EVANS; SCHILLER, 1994), pretende-se alcançar, portanto, uma arquitetura que busca utilizar, por meio de seus próprios elementos,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

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 localiza-se na cidade de Natal-RN, na Zona Intertropical Sul. Suas coordenadas geográficas são: latitude 5°45'54" S, longitude 35°12'05" W e altitude 18m acima do nível do mar. O sítio é caracterizado por dunas e tabuleiros e o entorno constitui-se de área predominantemente residencial. Está situado a sotavento do Parque das Dunas, numa região de sombra de vento, que vem sofrendo significativo adensamento urbano nos últimos anos. (Figura 1 e figura 2).



**Figura 1: Localização de Natal/RN**



**Figura 2: Mapa de Natal com a localização do Campus no Bairro de Lagoa Nova.**

O clima da região de estudo é do tipo quente-úmido com duas estações bem definidas (chuvisco e seca), a temperatura do ar é sempre elevada (min. 23,0°C e máx. 30,8°C) e a umidade relativa é alta (min. 66% e máx. 97%), com intensa radiação solar e pequena amplitude térmica. A perda de calor por evaporação é dificultada, embora amenizada pelo movimento do ar. Os ventos são variáveis em velocidade, mas quase constantes na direção sudeste. (ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO, 1998).

## 2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo um estudo do microclima e dos atributos da forma urbana, numa perspectiva bioclimática para o Campus Central da UFRN, visando estimular a Comunidade Acadêmica para uma solução bioclimática na implementação do seu Plano Diretor.

Para atingir o objetivo realizou-se uma caracterização da evolução urbana da área objeto de estudo com aplicação de métodos de análise bioclimática e medições das variáveis ambientais; a fim de propor diretrizes que subsídiam o Plano Diretor do Campus, em fase de implementação.

Pretende-se com esta pesquisa instigar a comunidade acadêmica para uma solução bioclimática e sustentável no planejamento urbano do Campus, que, além de satisfazer os 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 melhorando a qualidade de vida de seus usuários, isto é, atingindo o desenvolvimento urbano sustentável.

## 3 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPUS CENTRAL - UFRN

Na caracterização do Campus observa-se que o traçado urbano da área (123ha.) foi definido de acordo com as condições morfológicas do sítio. O plano inicial afiliado a um estilo Brutalista<sup>1</sup> de arquitetura propunha a utilização abundante de concreto armado aparente, com materiais inadequados ao clima da região. O plano praticamente não levava em consideração as características climáticas locais, o que tornou o ambiente urbano dependente de condicionamento de ar para controlar e amenizar o clima no interior das edificações.

O problema é que o partido adotado e a forma urbana utilizada nas 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.

Atualmente, está sendo implementado o Plano Diretor do Campus (PDCampus). Instrumento básico de política e ocupação da área, que vem regulamentar o território, visando seu adequado desenvolvimento urbano, bem como a orientação aos responsáveis pela gestão desse espaço. A partir de maio de 2005 o PDCampus passou a regulamentar e orientar as construções, ampliações e gerenciar toda e qualquer intervenção na área.

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.

A implementação do PDCampus 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.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

A pesquisa baseou-se na aplicação de três métodos de análise bioclimática. O primeiro método utilizado orienta uma investigação do clima urbano, como ferramenta para a arquitetura e o planejamento, buscando a classificação espacial de zonas climaticamente caracterizadas, visando propostas de planejamento específicas. Objetivando alcançar as metas propostas para o clima urbano ideal, o método de Katzschner (1997) orienta 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

---

<sup>1</sup> 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).

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

O segundo método proposto por Oliveira (1993) sugere a 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. Ciente que a forma urbana e as atividades antrópicas introduzem modificações no clima urbano, Oliveira (1993), conduz à identificação dos atributos da forma urbana, que a tornam condicionante do ambiente climático urbano, fraca, mediana ou fortemente.

Concluída a análise qualitativa, partiu-se para a identificação das áreas com características climáticas semelhantes: áreas a serem protegidas, áreas a serem preservadas e áreas a serem melhoradas. Nestas áreas foram escolhidos pontos de medição que as representassem melhor. Posteriormente foi realizada a investigação e apreciação de cada ponto, baseada no terceiro método.

O terceiro método, proposto por Bustos Romero (2001), 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.

Tendo como variáveis ambientais apreciadas: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, chuva, radiação solar, realizou-se a coleta de dados para os dois períodos climáticos característicos da região. A primeira coleta 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. Os instrumentos utilizados na pesquisa de campo foram estações meteorológicas portáteis do modelo Vantage Pro2. (Figura 4).



**Figura 4: Fotos da estação meteorológica portátil e rádio receptor (console).**

Foram utilizadas três estações portáteis que coletaram dados horários das variáveis para o primeiro período, e 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. (Figura 5).



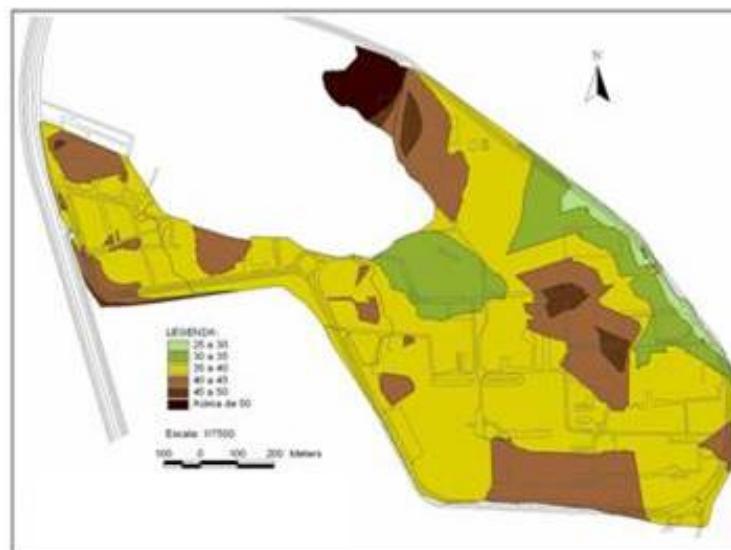
**Figura 5: Mapa de localização dos pontos de medição.**

Sendo assim, o ponto 01 está localizado no limite leste do Campus, numa área densamente construída e impermeável. O ponto 02 caracteriza a Estação do INMET localizada no Campus, área privilegiada pelo sítio e entorno. O ponto 03 está situado numa área mais densamente construída e com pouca vegetação no entorno e o ponto 04 está localizado na sombra de vento do Parque das Dunas.

## 5 ANÁLISE QUALITATIVA

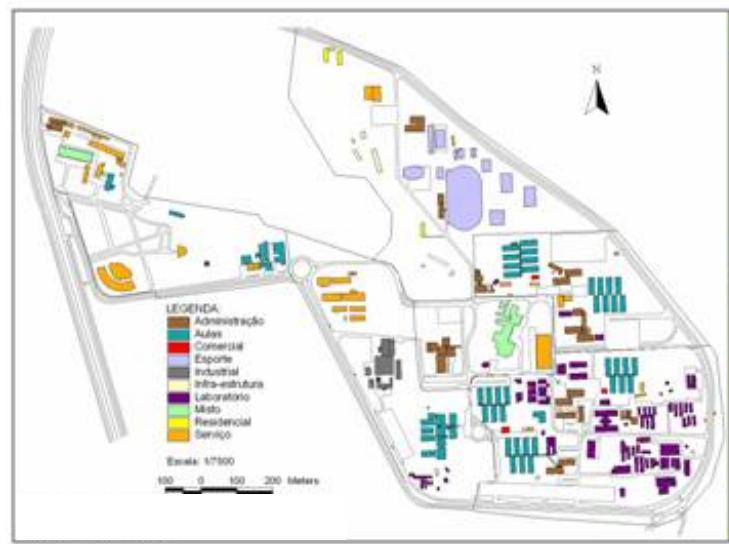
Nesta etapa foram confeccionados mapas de acordo com levantamento *in loco* para a investigação do clima urbano (KATZSCHNER, 1997); e apreciados os atributos bioclimatizantes da forma urbana de acordo com Oliveira (1993).

Quanto ao relevo o Campus apresenta situação de vale na fronteira leste, devido à presença do Parque das Dunas; e relevo plano e pouco acidentado nas fronteiras, norte, sul e oeste. (Figura 6).



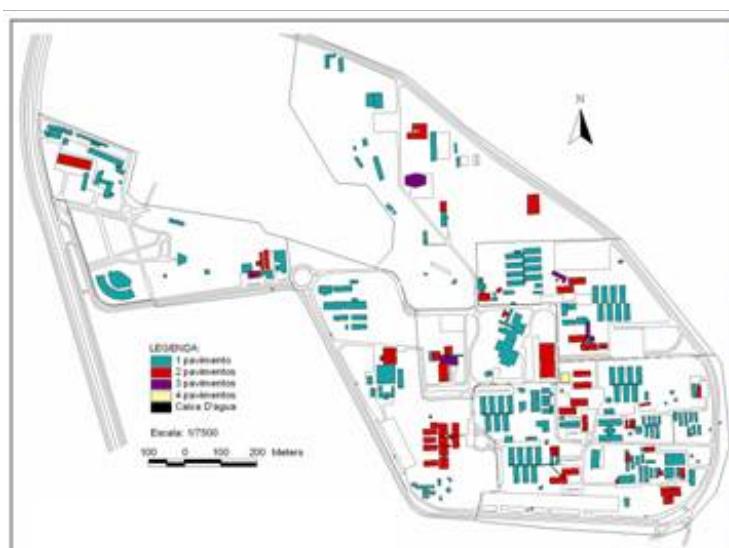
**Figura 6: Mapa da topografia do Campus.**

A área apresenta uso eminentemente institucional, por se tratar de uma instituição de ensino, onde se destacam as funções pedagógicas - ensino, pesquisa e extensão. Entretanto, nela destacamos a ocorrência de vários setores como: administração; comércio; esportes; industrial; infra-estrutura; laboratórios; misto; residencial; serviços. (Figura 7).



**Figura 7: Mapa de uso do solo.**

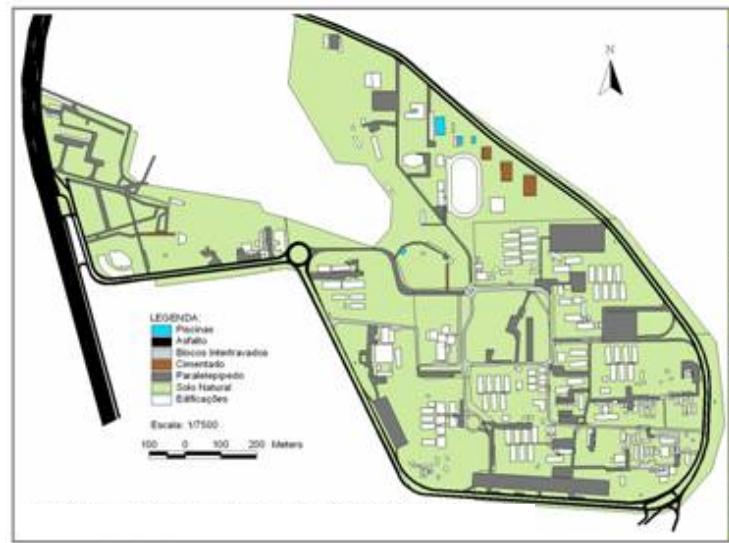
Limitado pelo Plano Diretor da Cidade de Natal, bem como pela própria tipologia e partido adotados para a maioria das edificações, desde sua fundação, o Campus apresenta pouca diversidade de altura. Predominam edificações com um ou dois pavimentos, e algumas exceções com três ou quatro pavimentos. As edificações terreas são maioria e estão distribuídas por toda a área, as de dois pavimentos são freqüentes, mas as de três e quatro são raras. (Figura 8).



**Figura 8: Mapa de gabarito das edificações.**

Quanto ao solo natural, observa-se a presença de grandes superfícies com solo natural e cobertura vegetal. Analisando-se o recobrimento das vias de circulação no Campus, observa-se que o anel viário

é pavimentado com asfalto e as vias secundárias são revestidas por blocos intertravados ou por paralelepípedos, impermeáveis às águas pluviais, e grandes emissoras de calor, pois absorvem a radiação solar durante o dia e reirradiam para a atmosfera durante a noite, tornando o ambiente quente e desagradável (Figura 9).



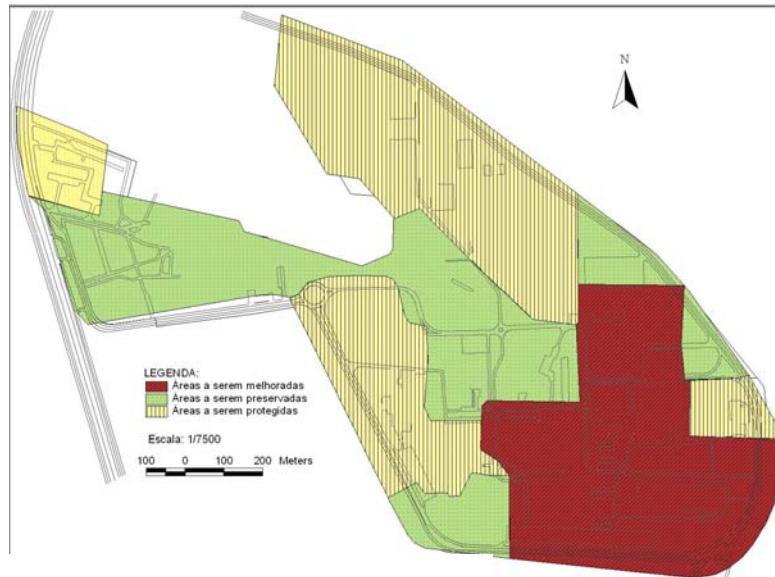
**Figura 9: Mapa de recobrimento do solo.**

Quanto às áreas verdes observa-se a presença de pequenos bosques com árvores de médio porte. Na Estação de Tratamento de Esgoto, onde o verde é mais intenso e as árvores mais frondosas, localiza-se uma verdadeira ilha de frescor. Ainda se verificam resquícios de Mata Atlântica, com alguns Ipês e Paus-Brasil, bem como na área de criação das cobaias, o verde permite a sensação de habitat aos animais. No entanto, em muitas áreas o cenário oferece a sensação de abandono. (Figura 10).



**Figura 10: Mapa de áreas verdes.**

Finalizando a análise bioclimática observaram-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, ou serem melhoradas por apresentarem condições climáticas negativas (Figura 11).



**Figura 11: Mapa das zonas climaticamente caracterizadas.**

Conclui-se que, de modo geral, as três áreas delimitadas possuem clima urbano satisfatório, sendo que as áreas a serem protegidas são privilegiadas em termos bioclimáticos, devido à abundância em áreas verdes e baixa impermeabilização do solo e devem ser consideradas como área de preservação ambiental e proibida a construção de novos edifícios. As áreas a serem preservadas apresentam condições térmicas satisfatórias e ao se planejar novas edificações, devem-se manter intactas as áreas verdes existentes e as trilhas de canalização da ventilação. A área a ser melhorada 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 estudo sobre o conforto e o impacto ambiental de novas edificações.

## 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Realizou-se uma análise estatística descritiva dos dados e foram elaborados gráficos das médias aritméticas sobre três parâmetros de comparação: 1) Para comparar os dados dos pontos entre si; 2) Para comparar as médias horárias em todos os pontos; e 3) Comparando as médias das máximas e mínimas por hora em cada ponto. Foram assim analisados dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade dos ventos e radiação solar (tabela 1 e tabela 2).

**Tabela 1. Média aritmética das variáveis em cada ponto de medição (período chuvoso).**

| PONTO/<br>VARIÁVEL | TEMP.DO AR<br>°C | UMID.<br>REL. % | VEL.VENTOS<br>m/s | RAD.SOLAR<br>W/m <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| PONTO 01           | 25,3             | 81,0            | 1,76              | 200,43                        |
| PONTO 02           | 25,6             | 84,1            | 3,85              | -                             |
| PONTO 03           | 24,9             | 82,8            | 1,39              | 201,65                        |
| PONTO 04           | 24,8             | 80,9            | 1,95              | 203,55                        |
| MÉDIAS             | 25,2             | 82,4            | 2,23              | 201,87                        |

**Tabela 2. Média geral das variáveis em cada ponto de medição (Período seco).**

| PONTO/<br>VARIÁVEL | TEMP.DO AR<br>°C | UMID.<br>REL. % | VEL.VENTOS<br>m/s | RAD.SOLAR<br>W/m <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| PONTO 01           | 26.87            | 70,6            | 2,66              | 291,91                        |
| PONTO 02           | 27,6             | 76,0            | 4,79              | -                             |
| PONTO 03           | 26.93            | 70,3            | 1,45              | 295,12                        |
| PONTO 04           | 26.90            | 68,5            | 1,97              | 298,76                        |
| MÉDIAS             | 27,08            | 71,4            | 2,72              | 295,26                        |

Após a análise descritiva pode-se afirmar que, no período chuvoso, o ponto 04 apresentou melhores condições climáticas com intensa ventilação, e o ponto 03 foi o mais prejudicado, porque apresenta ventilação precária, quesito fundamental para o conforto ambiental em climas quente-úmidos. Observa-se também, um aumento na temperatura em direção a área mais densamente construída e principalmente mais impermeabilizada; e uma diminuição em direção a área mais ventilada. Constatase uma maior umidade nas áreas mais arborizadas e com pouca ventilação. Conclui-se portanto, que as áreas mais ventiladas, sejam adensadas ou não, apresentaram melhores condições climáticas para a região em estudo. Quanto ao período seco conclui-se que, em termos gerais, o ponto 01 foi o mais favorável para o clima da região, e o ponto 03 foi o menos favorável. Apesar do ponto 01 ser densamente construído e impermeabilizado foi privilegiado pela canalização da ventilação e apresentou melhores condições bioclimáticas.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa 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.

Nas áreas a serem protegidas, representadas pelo ponto 01, verificaram-se condições ambientais regulares, pois se constitui com 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.

Na Estação Climatológica da UFRN, ponto 02, que representa áreas a serem preservadas, constatou-se condições ambientais ideais, 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 outras estações, pois utiliza instrumentos diferentes e realiza apenas três registros diários das variáveis ambientais.

No ponto 03, que representa áreas a serem melhoradas, verificam-se as piores condições ambientais da pesquisa, porque está localizado a sotavento de uma 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 em sua proximidade.

O ponto 04, que também representa áreas a serem melhoradas, pois se localiza na sombra de vento do Parque das Dunas, apresentou as melhores condições ambientais, visto que, está localizado numa área de canalização dos ventos dominantes. Nesta área deve-se limitar o gabarito das edificações, tanto para preservar a paisagem cênica do parque, como para evitar barreiras arquitetônicas na entrada dos ventos dominantes para o Campus.

Como diretrizes para implementação do PDCampus , sugerimos a seguir algumas recomendações para a área em estudo:

- Criar uma comissão técnica para avaliação dos novos empreendimentos e/ou reformas, visando seguir as diretrizes do PDCampus , 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.

- Criar alamedas para pedestres nos caminhos informais existentes, utilizando espécies arbóreas adequadas à região, visto que o solo arenoso e o clima da região impossibilitam o crescimento de árvores não adaptadas.
- Estabelecer áreas de convivência com 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.

É importante que esta pesquisa e suas propostas sirvam de instrumento de discussão pelos técnicos da Superintendência de Infra-estrutura do Campus, responsáveis pela elaboração dos projetos e implementação do Plano Diretor. Outra recomendação trata-se da participação e conscientização da comunidade universitária, incentivando soluções bioclimáticas e energéticas para manutenção do meio ambiente urbano agradável na área.

Conclui-se, portanto, que a implementação do PDCampus deve atender as diretrizes nele estabelecidas, 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, enfim utilizando soluções bioclimáticas como requisito primordial para amenização do clima quente-úmido da região.

## 8 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.
- BUSTOS ROMERO, M. A. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Universidade de Brasília. 2001.
- EVANS, J. M.; SCHILLER, S. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. 3. ed. Buenos Aires: UBA. 1994.
- 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.
- LIMA, P. de. **Arquitetura no Rio Grande do Norte: uma introdução**. Natal: EDUFRN. 2002.
- 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.