

## ANÁLISE DAS MUDANÇAS MICROCLIMÁTICAS DO CAMPUS CENTRAL DA UFRN NO PERÍODO DE 2004 E 2014

**(1) Rafael Oliveira; (2) Miss Lene Pereira; (3) Ivanize C. S. Silva; (4) Miriam de Farias Panet; (5) Virgínia M. D. Araújo; (6) Bianca C. D. Araújo.**

(1) Arquiteto e Urbanista, mestrando no programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN, rafaelolifer@gmail.com, (84) 9107-9829. (2) Arquiteta e Urbanista, mestranda no programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN, misslenep@gmail.com, (84) 9989-7445. (3) Arquiteta e Urbanista, doutoranda no programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN, ivanize.ssilva@gmail.com, (84) 9659-5443. (4) Arquiteta, doutoranda no programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN. Professora no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFCG. miriampanet@gmail.com, (83) 9984-1960. (5) Arquiteta e Urbanista, professora do programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN, virginiamdaraujo@gmail.com. (6) Arquiteta e Urbanista, professora do programa de pós-graduação em Arquitetura e urbanismo PPGAU/UFRN, dantasbianca@gmail.com.

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar os efeitos das alterações de uso e ocupação do solo no campus central da UFRN, ocorridas no período de 2004 a 2014, sobre as variáveis microclimáticas. O método adotado parte da associação de três métodos complementares desenvolvidos por diferentes autores. A partir da análise espacial dos atributos do sítio e da forma urbana com o uso de mapas temáticos, faz-se a sobreposição desses para a definição da localização de pontos, com características comuns, para a coleta das variáveis climáticas (dados quantitativos) e das características da base, fronteira e entorno (dados qualitativos). Assim, tem-se uma análise do mesmo espaço estudado em escalas distintas. As alterações ocorridas na forma urbana do Campus da UFRN foram constatadas a partir da comparação de mapas temáticos desenvolvidos em 2004 e em 2014. A partir do estudo, e do recorte temporal definido, foi possível identificar espaços construídos com alterações microclimáticas significativas a fim de orientar a tomada de decisões frente às novas construções no Campus da UFRN.

Palavras-chave: análise climática, expansão das universidades federais, ambiente construído.

### ABSTRACT

This study aims to analyze the effects of the use changes and land use in the central campus of UFRN, occurred from 2004 to 2014, on the microclimate variables. The method adopted part of the combination of three complementary methods developed by different authors. From the spatial analysis of the attributes of the site and the urban form with the use of thematic maps, it is the overlap of these to define the location of points, with common characteristics, for the collection of climate variables (quantitative data) and based features, border and surroundings (qualitative data). Thus, there is an analysis the same space studied in different scales. The changes in the urban form of the campus of UFRN were found from the comparison of thematic maps developed in 2004 and 2014. Based on the study, and the set time frame, it was possible to identify spaces built with significant microclimate changes to guide taking forward decisions to the new buildings on the campus of UFRN.

Keywords: Climatic analysis, expansion of federal universities, built environment.

# 1 INTRODUÇÃO

As alterações no clima urbano são causadas pelos processos de urbanização e sua intensidade varia conforme as características físicas do espaço urbano como: *tamanho da cidade, densidade construída, altura dos edifícios e recobrimento do solo* (GIVONI, 1998). Segundo Oke (1981) apud Duarte (2010), o clima urbano é definido como “produto de um fenômeno de transformação de energia a partir da interação entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído”. As características desse clima diferem das encontradas nas zonas rurais ou periféricas às cidades. Segundo Givoni (1998), quando as temperaturas do ar nas cidades são superiores às das zonas rurais em torno de 5°C, há a existência do fenômeno denominado *ilha urbana de calor* - IUC. A diferença na temperatura do ar, que caracteriza esse fenômeno urbano, é percebida geralmente no período noturno.

Na avaliação do clima urbano, Oke (1981) apud Duarte (2010) sugere um modelo empírico que “relaciona o parâmetro *população* com a *intensidade máxima da ilha urbana de calor*, englobando também a *velocidade média do ar e os fluxos por radiação de onda longa para o fundo de céu*”. Analisando o modelo sugerido por Oke, Givoni (1998) substituiu o parâmetro “*população*” por “*densidade construída*”, por apresentar uma relação causal mais forte com o aquecimento urbano, além de ser mais fácil de quantificar.

De acordo com Duarte (2010), observam-se nos estudos internacionais sobre clima urbano, dois tipos de modelos: os *modelos de balanço de energia* e os *modelos empíricos*. Segundo a autora, os *modelos de balanço de energia*, usados até a década de 1980, demonstraram não ser tão eficientes por não considerar o referencial humano. Assim, os *modelos empíricos* como os desenvolvidos por Nakagawa (1996), Katzschner (1997), Givoni (1998), Duarte (2000), Santos et al (2003), Roriz e Barbugli (2005), Steemers et al (2004), Brandão (2009), Duarte (2010), Carvalho (2001), Costa (2003) e Carvalho (2005), passaram a ser mais amplamente aplicados.

Os modelos empíricos, por considerarem o referencial humano, contribuem na avaliação do conforto térmico tanto em espaços livres, como no interior dos espaços construídos. O conforto térmico de ambientes naturalmente climatizados é consequência das características físicas do edifício e de seu entorno imediato. Assim, espaços livres como praças, parques e corpos d’água podem contribuir para a amenização dos rigores climáticos como relatado por Doick *et al.* (2014), onde os autores estudaram o potencial de árvores e espaços verdes como reguladores da temperatura do ar no combate à formação de ilhas urbanas de calor. Os dados de temperatura do ar, medidos durante cinco meses em um grande espaço verde no centro de Londres, foram analisados com o objetivo de verificar a influência dessas áreas em áreas próximas adjacentes (entre 20 a 440 metros). Verificou-se que os efeitos positivos das áreas verdes reduzem conforme o aumento da distância. Com a variação dessas, as temperaturas médias do ar também variaram. A análise dos resultados demonstrou que as áreas verdes são importantes estratégias de mitigação das ilhas urbanas de calor, recorrentes nos grandes centros urbanos.

Nakagawa (1996) e Duarte (2000) investigaram o controle da qualidade do clima urbano através de três elementos do planejamento: *arranjo dos edifícios, áreas verdes urbanas e corpos d’água*. No caso de Duarte, a autora propõe um indicador que relaciona as *variáveis urbanas* (taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento) com a *presença de água, de vegetação* e a *Temperatura do ar* para a região tropical continental brasileira.

Kruger *et al.* (2015) fazem uma revisão de alguns métodos usados na análise do clima urbano correlacionando os padrões de uso do solo, presença de áreas vegetadas, fator de céu visível e temperaturas de superfície. Em geral, os métodos revisados baseiam-se na coleta de dados de variáveis climáticas e psicofisiológicas a partir de estações microclimáticas em áreas de pedestres, transectos móveis, simulações computacionais, modelos preditivos, sensoriamento remoto a partir de imagens de satélite Landsat e aplicação de questionários com transeuntes.

No presente trabalho, utilizou-se as metodologias desenvolvidas por Romero (2001), Oliveira (1993) e Katzschner (1997), que proporcionam a análise de correlações entre as variáveis microclimáticas e os atributos do sítio e forma urbana, a partir dos resultados da sobreposição de mapas.

No método desenvolvido por Katzschner (1997), busca-se derivar classificações espaciais de zonas climaticamente caracterizadas, as quais conduzem a propostas de planejamento específicas. Dessa forma, é necessário o estudo das condicionantes humano-biometeorológicas para que se leve em consideração no processo de planejamento urbano. Essas condicionantes são observadas e apresentadas de forma qualitativa, onde os dados meteorológicos e humano-biometeorológicos devem ser traduzidos em critérios de planejamento a serem combinados com os objetivos de planejamento, sendo caracterizados em três grupos:

(a) áreas que devem ser protegidas ou melhoradas por razões climatológicas; (b) áreas que são importantes para o microclima urbano e as condições de conforto térmico, e para o desenvolvimento de circulações térmicas locais induzidas; e (c) áreas que têm condições climáticas negativas com recomendações para melhoramentos.

Através da metodologia de Oliveira (1993) é possível identificar a importância da análise de atributos do sítio e da forma urbana como essenciais no desenvolvimento de projetos urbanos. Sobre essa ótica, entende-se que o edifício não pode se beneficiar de soluções naturais se a trama urbana não torna seu uso possível. Dessa forma, a metodologia se baseia na análise de critérios relativos ao relevo, solo, formato, rugosidade urbana, porosidade urbana, materiais de piso/teto e vegetação. O levantamento qualitativo destes critérios permite uma avaliação sobre a necessidade de manutenção ou correção de cada um desses atributos e elementos, em função de desenhos ambientalmente e bioclimaticamente corretos.

O método desenvolvido por Romero (2001) respalda a análise ambiental através da inter-relação entre os elementos encontrados no local e a descrição das atividades que nele se desenvolvem, de forma a atuar como guia na elaboração de propostas de projeto para o espaço público. A metodologia compreende a análise do espaço urbano através do preenchimento dos dados em uma ficha bioclimática, que é utilizada para caracterizar os aspectos em três categorias base. Como resultado do preenchimento das fichas, tem-se a caracterização morfológica dos pontos de medição, que é utilizada posteriormente para compreender a relação entre os dados levantados e as características do ponto de medição.

O Campus Central da UFRN, localizado na cidade de Natal/RN, foi selecionado como recorte espacial para a presente pesquisa. A cidade de Natal localiza-se no estado do Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil a 5° 45' 54" Sul de latitude e 35° 12' 05" Oeste de longitude e possui topografia predominantemente plana, com 18 metros de altitude acima do nível do mar e clima quente e úmido. Apresenta temperaturas mínimas de 23°C e máximas de 30,8°C, para os dias típicos de projeto (ARAÚJO et al, 1998). O campus da UFRN está inserido no bairro de Lagoa Nova, com área aproximada de 123 ha. Limita-se a Norte com o conjunto habitacional de Potilândia e o quartel do exército no Bairro de Nova Descoberta; a Sul com o conjunto dos Professores no bairro de Capim Macio; a Leste com o Parque das Dunas e a Oeste com o conjunto habitacional do Mirassol e o Bairro de Candelária.

Tendo como base o estudo desenvolvido por Carvalho (2005) observou-se que entre os anos de 2004 e 2014 ocorreram grandes mudanças físicas no campus da UFRN. A densidade construída aumentou, edifícios acima de dois pavimentos foram erguidos, as áreas verdes foram reduzidas e o tráfego de veículos se intensificou. O estudo atual baseou-se na análise dos mapas desenvolvidos por Carvalho (2005) e reflete as alterações ocorridas em mapas atualizados.

## **2 OBJETIVO**

Analisar os efeitos das alterações de uso e ocupação do solo no campus central da UFRN, no período de 2004 a 2014, sobre as variáveis microclimáticas.

## **3 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para este trabalho foi uma adaptação das metodologias Romero (2001), Oliveira (1993) e Katzschner (1997). Da metodologia de Oliveira (1993) foi utilizada o levantamento qualitativo e análise de critérios relativos ao relevo, solo, formato, rugosidade urbana, porosidade urbana, materiais de piso/teto e vegetação. Do método de Romero (2001) foi utilizada a análise do espaço urbano através do preenchimento dos dados em uma ficha bioclimática para caracterização dos espaços. Por fim, da metodologia de Katzschner (1997) foi utilizado os estudos das condicionantes ambientais para que se leve em consideração no processo de planejamento urbano, apresentados de forma qualitativa.

Dessa forma, os trabalhos realizados foram desenvolvidos em quatro etapas principais: (1) Estudo dos atributos do sítio e da forma urbana; (2) Definição e classificação de pontos de estudo; (3) Levantamento de variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do ar; e (4) Análise dos resultados.

### **3.1 Estudo dos atributos do sítio e da forma urbana**

A caracterização da área de estudo foi feita a partir da análise da topografia, identificação de coberturas verdes, caracterização de uso e ocupação do solo, análise de gabarito das edificações e levantamento dos tipos de revestimentos do solo.

A área de estudo apresenta topografia que varia entre a cota de 33 metros até 54 metros acima do nível do mar, com os pontos de maior cota nas extremidades do terreno e menor cota no centro da área de estudo. Apresenta predominância de distribuição uniforme de áreas verdes em toda a sua extensão. A cobertura do solo se apresenta em sua maior parte em solo natural de areia de duna parcialmente coberto por vegetação rasteira. As edificações possuem gabarito entre um e cinco pavimentos, com predominância de um pavimento e dois pavimentos, com usos predominante de salas de aula e laboratórios de pesquisa. A ventilação predominante no terreno é sudeste, que é reforçada pela topografia linear do parque das dunas, localizadas ao nordeste de todo o terreno (Figura 1).

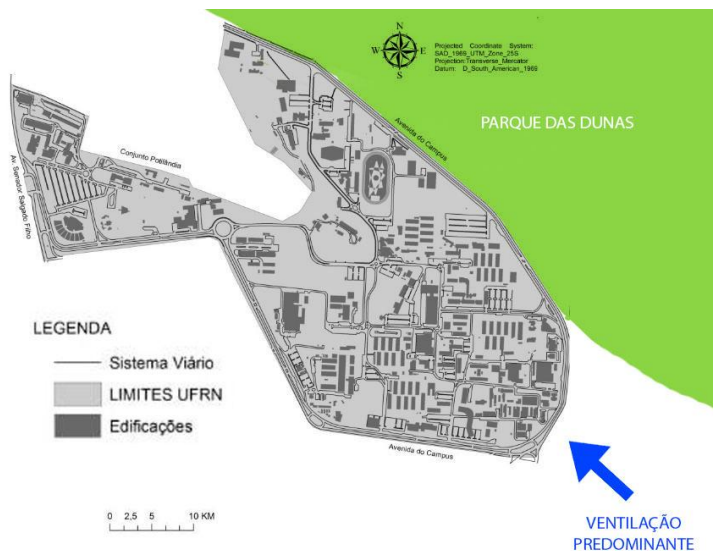


Figura 1 - Mapa com indicação do sentido predominante da ventilação da área de estudo.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

### 3.2 Definição e classificação de pontos de estudo

Em função da área do objeto de estudo, foi necessário sua divisão em setores a fim de facilitar o levantamento e a aferição de dados nos horários e intervalos de tempo estabelecidos. Os estudos teóricos-metodológicos e as análises das características da área de estudo resultaram na delimitação de oito áreas e a classificação de nove pontos para as medições dos parâmetros ambientais (Figura 2 e Figura 3). As áreas foram definidas a partir do reconhecimento de características comuns tais como: densidade construída, topografia, presença de vegetação e uso do solo ou que apresentassem variáveis importantes ao levantamento microclimático. Apesar de delimitadas oito áreas, ficaram estabelecidos nove pontos de medição em função da característica do alto adensamento da Área 4 (Quadro 1). Vale ressaltar ainda, que alguns dos pontos estabelecidos foram inseridos na mesma localização que o indicado no trabalho de Carvalho (2005), para permitir um comparativo dos dados levantados.

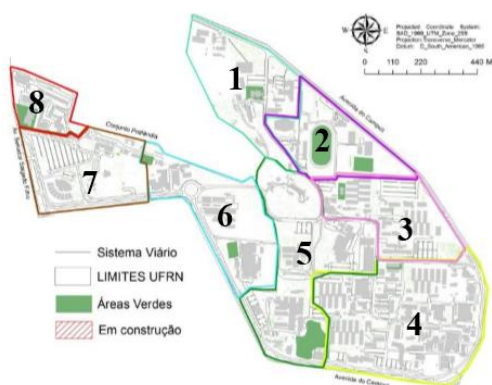


Figura 2 - Mapa do campus central da UFRN com a delimitação das áreas de estudo.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

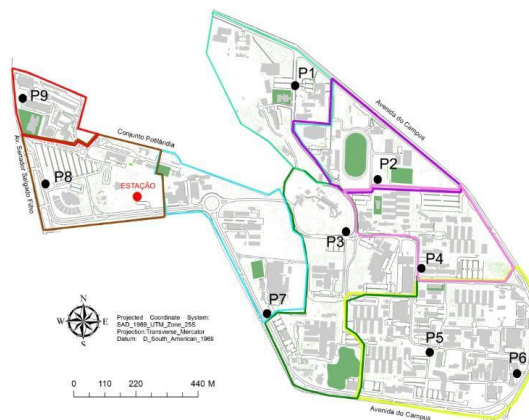










Figura 3 - Mapa do campus central da UFRN com a localização dos pontos de medição.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Após a definição dos pontos, foi realizado o planejamento experimental dos dias e horários das medições-em campo. Dessa forma, as medições das variáveis climáticas foram realizadas nos dias 24, 26 e 27 de novembro de 2014 em três horários distintos (07:00h, 13:00h e 17:00h), de intenso uso dos espaços abertos do Campus.

PONTO	FOTO	CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS
<b>Ponto 01</b>		Altitude entre 52 e 54 metros acima do nível do mar, apresenta maior exposição à radiação solar. Possui tráfego de veículos moderado. Bloco de aulas, de infraestrutura e de serviços.
<b>Ponto 02</b>		Topografia plana, com altitude entre 41 e 45 metros. Apresenta exposição à radiação solar semelhante à maioria dos pontos registrados. Bloco de aulas e de esportes. Campos de futebol e pista de atletismo. Tráfego de veículos reduzido.
<b>Ponto 03</b>		Pouco acidentada, com altitude entre 34 e 38 metros acima do nível do mar. Porção mais baixa do campus e mais protegida da radiação solar. Bloco de administração e uso misto. Tráfego intenso.
<b>Ponto 04</b>		Topografia plana, com altitude entre 41 e 45 metros acima do nível do mar. Biblioteca (serviço), administração, mista e laboratório. Tráfego intenso. Área muito sombreada pela presença da vegetação. Presença de espaços de descanso e convívio, com bancos e mesas, embaixo da sombra.
<b>Ponto 05</b>		Topografia em declive, com altitude entre 38 e 40 metros acima do nível do mar. Laboratórios, administração, áreas verdes e estacionamento. Tráfego de veículos moderado.
<b>Ponto 06</b>		Topografia em declive moderado, com altitude entre 41 e 45 metros acima do nível do mar. Laboratórios. Tráfego de veículos Intenso por parte dos veículos que circulam na avenida externa ao campus. Interno ao campus o tráfego é baixo.
<b>Ponto 07</b>		Topografia em declive moderado, com altitude entre 40 e 45 metros acima do nível do mar. Administração, comercial e estacionamento. Intenso por parte dos veículos que circulam na avenida externa ao campus. Tráfego de veículos interno ao campus o tráfego é moderado.

<b>Ponto 08</b>		Topografia em declive, com variação de 38 e 52 metros acima do nível do mar. Serviço, estacionamento e anfiteatro. Tráfego de veículos moderado considerando as ruas internas ao campus.
<b>Ponto 09</b>		Topografia plana com altitude entre 43 e 45 metros acima do nível do mar. Bloco de aulas, serviço e administração. Tráfego de veículos intenso, considerando a avenida externa à UFRN.

Quadro 1 – Características Espaciais dos Pontos de Medição.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

### 3.3 Levantamento de variáveis climáticas

O levantamento de dados foi realizado em duas etapas: a primeira consistiu na medição das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos) com o uso dos seguintes instrumentos: termohigrômetro, anemômetro, bússola e fita plástica para aferição da direção dos ventos.

Na segunda etapa foram preenchidas as fichas bioclimáticas para cada ponto, a partir da observação das variáveis espaciais e ambientais. Os deslocamentos entre os nove pontos de medições foram realizados em um intervalo máximo de uma hora. Em cada ponto, os dados foram medidos com uma duração máxima de 5 minutos. Para tanto, foi necessário três pessoas capacitadas e o uso de carro para o deslocamento. Os equipamentos utilizados para o levantamento foram apresentados ao grupo em um levantamento teste, onde foram instruídos a sua utilização em campo.

### 3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.4.1 Modificações ocorridas no espaço urbano do Campus da UFRN no período de 2004 e 2014.

Para a análise desses componentes que caracterizam o espaço, ou ambientes climáticos, e a comparação com os dados do estudo realizado por Carvalho (2005), foi elaborada uma composição de mapas, segundo a metodologia de Katzschner (1997). A partir dos mapas elaborados foi realizada a leitura das características das áreas, permitindo um diagnóstico mais preciso quanto às medições climáticas e as análises estatísticas dos dados medidos. Através dos vários métodos, para análise dos espaços construídos, foi possível chegar a um mapeamento de padrões climáticos espacializados e perceber a influência que a área do campus sofre com o seu entorno imediato. Foi possível identificar, por exemplo, a influência na medição de dados climáticos das áreas fronteiriças ao Parque da Dunas<sup>1</sup> em função de suas características físicas e posição estratégica para entrada de ventos (Figura 4).

<sup>1</sup> Criado em 1977 como a primeira Unidade de Conservação do Rio Grande do Norte, o Parque Estadual Dunas do Natal "Jornalista Luiz Maria Alves" está localizado em Natal e possui uma área de 1.172 hectares (Rio Grande do Norte, 2015).



Figura 4 - Imagem aérea expondo a relação topográfica do Parque das Dunas.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Inicialmente, elaborou-se o mapa do uso do solo nos mesmos padrões adotados por Carvalho (2005), para se realizar um estudo comparativo (quantitativo/qualitativo) das modificações dos elementos edificados. Foi possível identificar que ocorreram significativas modificações na configuração de usos e ocupação do espaço edificado, de 2004 para 2014 (principalmente após o REUNI<sup>2</sup>), com considerável aumento do número de construções na porção Leste-Sudeste e Sul, entrada principal do campus (Figura 5 e Figura 6).

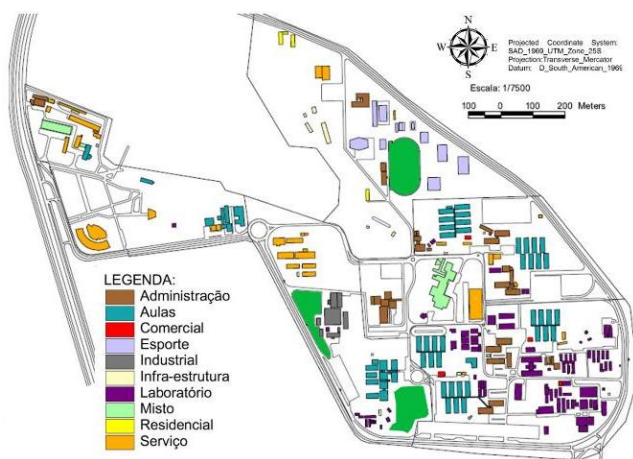


Figura 5 - Mapa de uso do solo do campus central da UFRN em 2004.  
Fonte: Carvalho, 2005.

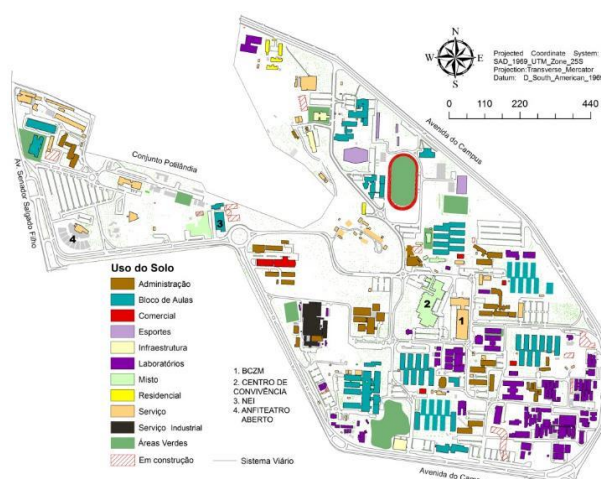


Figura 6 - Mapa de uso do solo do campus central da UFRN em 2014.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

A partir dos levantamentos de campo foi possível identificar também as alterações, ao longo dos dez anos, nos gabaritos das edificações que formam o campus universitário (Figura 7 e Figura 8). Para Romero (2001) e Oliveira (1993) o gabarito das edificações, quanto à análise da rugosidade, contribui para a orientação e reorientação de massas de ar em movimento no espaço urbano gerando microclimas. Até 2004 o gabarito predominante das edificações era de 1 à 2 pavimentos mantendo-se dessa forma até meados de 2009. Após 2009 e com os investimentos advindos do REUNI, apesar da predominância ainda de 1 à 2 pavimentos, surgiram novas edificações com 3, 4 e 5 pavimentos. Nas medições de campo e comparando com o ano de 2004 foi possível identificar que algumas dessas novas construções, com gabaritos que estão além "padrão", contribuem principalmente para alterações nas direções das massas de ar.

<sup>2</sup> Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, instituído em 2007.

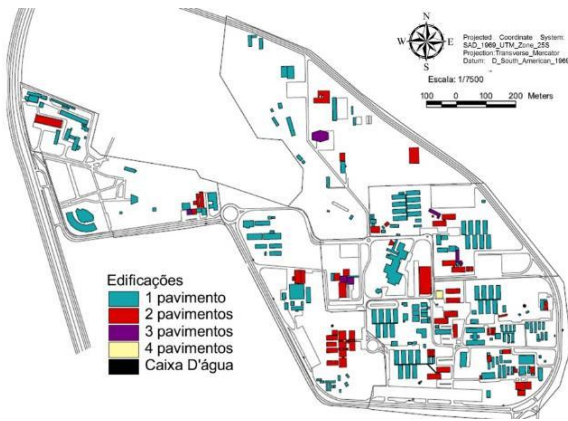


Figura 7 - Mapa de gabaritos do campus central da UFRN em 2004.

Fonte: Carvalho, 2005.

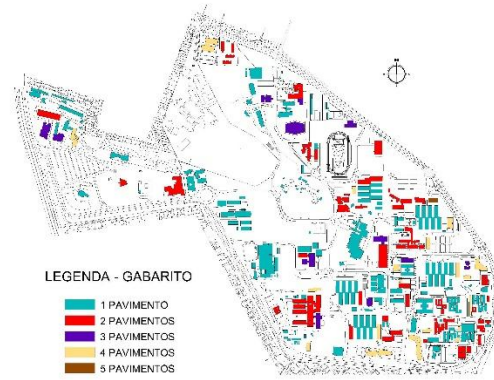


Figura 8 - Mapa de gabaritos do campus central da UFRN em 2014.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Ainda, para subsidiar as medições e orientar a melhor posição para coleta dos dados, foi considerado o revestimento do solo existente no Campus, pois o mesmo interfere, principalmente, nas condições climáticas locais (Figura 9 e Figura 10). Segundo Romero (2000) "materiais de revestimento, não só pavimentação das ruas, mas no nível das edificações, alteram sobremaneira as condições de porosidade e, conseqüentemente, de drenagem do solo, acarretando alterações na umidade do ar e pluviosidade locais". Foi identificado, também, um aumento na superfície de recobrimento do para vias carroçáveis (asfalto e paralelepípedo) entre os períodos de 2004 e 2014.

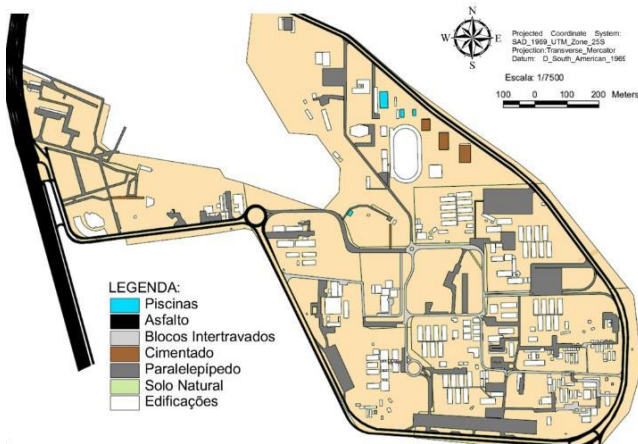


Figura 9 - Mapa de revestimento do solo do campus central da UFRN em 2004.

Fonte: Carvalho, 2005.

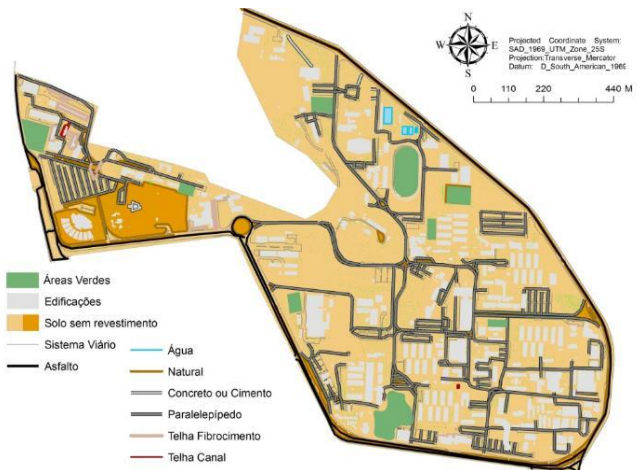


Figura 10 - Mapa de revestimento do solo do campus central da UFRN em 2014.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Para análise do microclima foram consideradas as áreas de sombreamento, destacando principalmente os elementos vegetais para a proteção à radiação solar (Figura 11 e Figura 12). Segundo Givoni (1998), o sombreamento tem significativa função na redução da temperatura dos espaços. Como o número de construções aumentou consideravelmente, buscou-se identificar se a superfície recoberta por forrações vegetais ou espécies arbóreas havia diminuído. Comparando os mapas de períodos distintos, foi possível identificar que o sombreamento por espécies arbóreas aumentou, porém, as superfícies com revestimentos naturais diminuíram em função, principalmente, dos espaços necessários à construção de novas edificações.



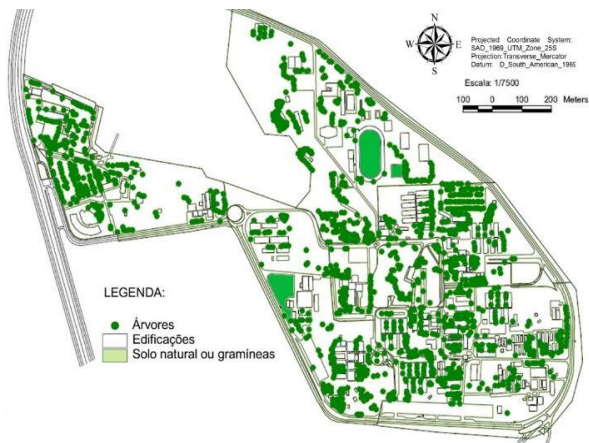


Figura 11 - Mapa de recobrimento vegetal do campus central da UFRN em 2004.

Fonte: Carvalho, 2005.

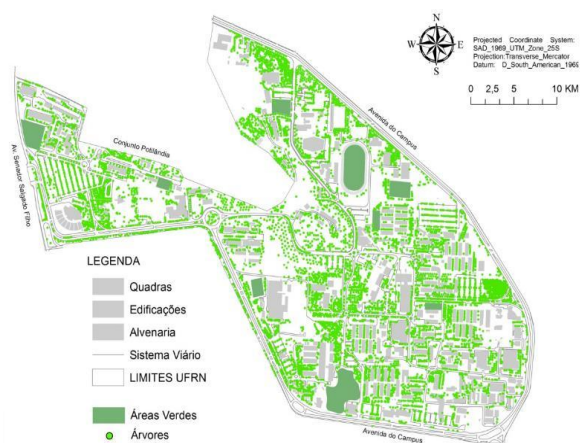


Figura 12 - Mapa de recobrimento vegetal do campus central da UFRN em 2014.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

De modo a verificar a influência do cenário atual do sítio da UFRN sobre o microclima, foi feita uma análise quantitativa dos dados coletados, conforme mencionado anteriormente. Para tanto, contou-se com a colaboração da Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN (CONSULEST), examinando correlações existentes entre os pontos de medição, levando em consideração as variáveis ambientais, os dias e horários de medição.

A análise estatística foi realizada em duas etapas, a saber: (1) Análise exploratória dos dados das variáveis, com o objetivo de verificar a variabilidade dos dados e cálculos das estatísticas descritivas; (2) Análise inferencial, com o objetivo de testar hipóteses de igualdade de médias das variáveis de estudo para testar o efeito isolado e as interações dos fatores: ponto de medição, dia de medição e hora de medição. O teste foi realizado utilizando os resultados da estatística F de Fisher-Snedecor e o nível de significância alfa, conforme apresentado por Magalhães e Lima (2001). As hipóteses foram rejeitadas quando o nível de significância alfa foi menor do que 0,05.

### 3.4.2 Influência dos atributos do sítio e da ocupação do solo sobre as variáveis climáticas.

No que diz respeito à temperatura do ar, o **Ponto 1** apresenta valor mais elevado que os outros pontos no dia 24, no horário das 17h, no dia 26 no horário das 13h e 17h e no dia 27 no horário das 17h. No primeiro horário de medição, o referido ponto obteve os valores mais baixos de temperatura do ar. Esses resultados sugerem uma maior exposição à radiação solar durante o dia, devido à altitude mais elevada. Por essa razão, nos horários da tarde, as temperaturas são mais altas. Durante a noite os ventos resfriam a superfície por convecção. Fato comprovado pelas baixas temperaturas no primeiro horário de medição, às 7 horas da manhã.

A umidade relativa do ar teve seu valor mais alto no **Ponto 2** às 07h no dia 24 de novembro. Esses valores continuaram altos nos horários de 13h e 17h do mesmo dia. Os valores mais baixos de umidade relativa do ar podem ser visualizados nos **Pontos 6, 7 e 10**.

As médias aritméticas que representam os valores das medições são apresentadas na Tabela 1. Foi encontrado o **máximo** valor de média de temperatura do ar no **Ponto 6** e a **mínima** no **Ponto 2**, a máxima umidade relativa no Ponto 02 e a mínima no **Ponto 7**. Comprovando que os valores de temperatura do ar são inversamente proporcionais aos valores de umidade relativa do ar.

Tabela 1: Valores de média aritmética das variáveis ambientais por ponto de medição.

Ponto	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa do ar (%)	Velocidade dos ventos (m/s)
P1	27,6	78	4,1
P2	27,3	80	4,5
P3	27,4	78	4,0
P4	27,5	77	2,8
P5	27,7	78	3,4
P6	28,2	75	2,8
P7	28,1	74	3,5
P8	27,6	77	4,2
P9	27,8	76	3,0
P10	27,6	77	3,7

Considerando a comparação das médias de temperatura e umidade relativa do ar nos pontos, dia e hora de medição, pode-se concluir que é relevante e significativa a diferença das mesmas (Figura 13 e Figura 14), bem como para as interações ponto/dia e ponto/hora (Figura 15 e Figura 16).

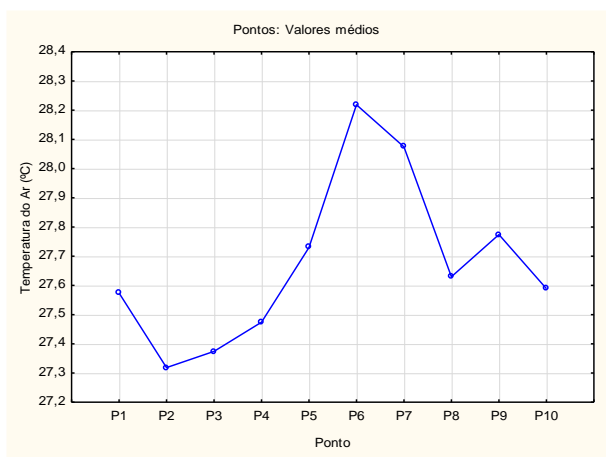


Figura 13 - Gráfico da Média de temperatura do ar, por ponto de medição.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

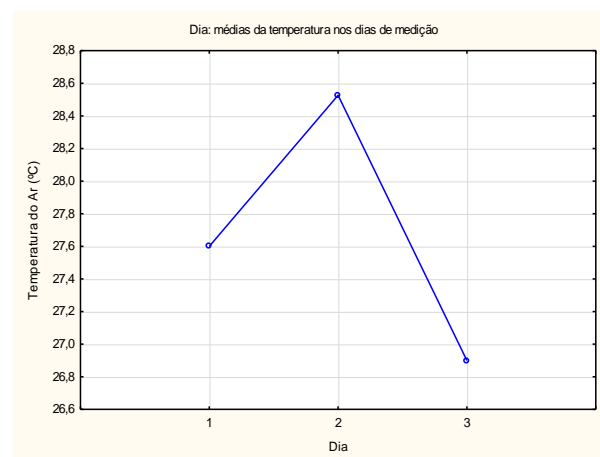


Figura 14 - Gráfico da Média de temperatura do ar, por dia de medição.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

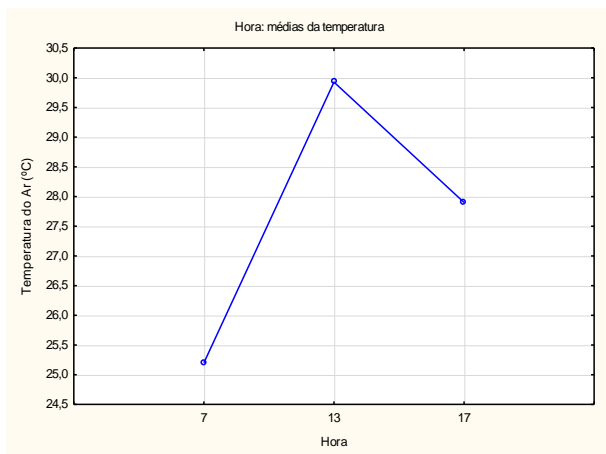


Figura 15 - Gráfico da Média de temperatura do ar, por hora de medição.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

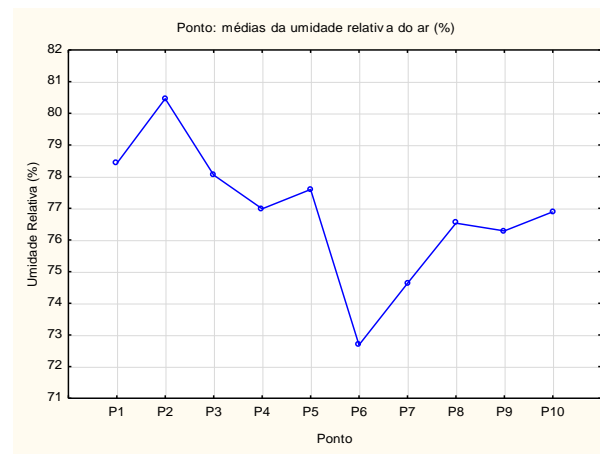


Figura 16 - Gráfico da Média de umidade relativa do ar, por hora de medição.

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

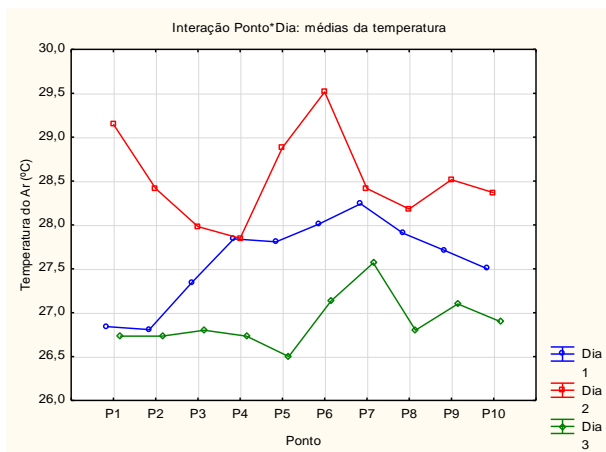


Figura 17 - Gráfico da Interação ponto/dia – média de temperatura do ar.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

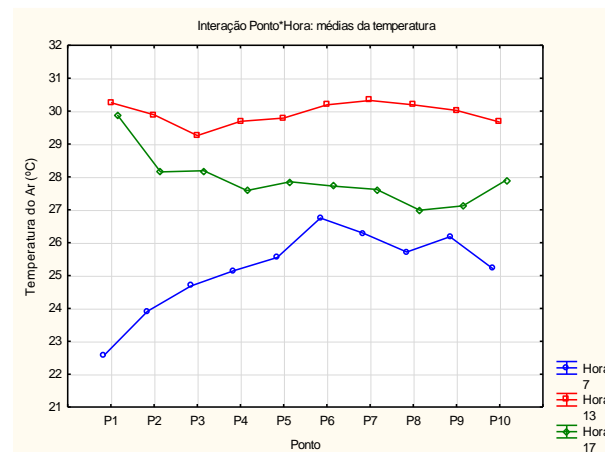


Figura 18 - Gráfico da Interação ponto/hora – média de temperatura do ar.  
Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

É importante mencionar que no caso da média de umidade relativa do ar, as interações ponto/dia e ponto/hora se apresentaram igualmente relevantes (Figura 17 e Figura 18).

No que diz respeito à velocidade dos ventos, o maior valor foi encontrado no **Ponto 3** no dia 24 de novembro de 2014 às 17h. Ainda, no mesmo ponto no dia 26 temos o destaque para o valor mais alto encontrado. Quanto à média dos valores de velocidade dos ventos, encontramos a maior importância no **Ponto 2**, conforme apresentado na Tabela 1. A direção Sul é a predominante neste estudo. Cabe mencionar que a relevância da análise ocorreu quando do estudo do dia, hora e para todas as interações.

## 4 CONCLUSÕES

A partir da comparação dos resultados da presente pesquisa com os obtidos em Carvalho (2005), percebe-se que “nas áreas a serem melhoradas”, recomendadas pela autora, houve novas construções desde 2005, o que explica o fato de se encontrar valores mais altos da temperatura do ar em alguns pontos. Por consequência, essa área foi reconhecida como sendo a de maior densidade construída e identificada como de porta de entrada dos ventos dominantes no campus da UFRN. Visto isso, essa área configura-se como uma zona que necessita de controle tanto na densidade construída como no gabarito de altura dos edifícios, visto que para Natal (clima quente-úmido), recomenda-se que as alturas dos edifícios sejam variadas para facilitar a circulação dos ventos.

Quanto à vegetação, não foram percebidas reduções consideráveis de espécies arbóreas. Entretanto, devido ao aumento da densidade construída, as áreas de solo natural foram reduzidas. Dessa forma foi identificada a necessidade de recomendação de conservação e proteção das áreas permeáveis, de forma a contribuir para o aumento do albedo e consequente redução das temperaturas.

Como resultado, este trabalho demonstra a necessidade de maior atenção no desenvolvimento de projetos que visem a ampliação da infraestrutura da UFRN, no que diz respeito ao conforto ambiental em nível urbano. A partir da comparação com os resultados de Carvalho (2005), foi possível identificar que áreas que já foram caracterizadas como debilitadas foram ainda mais prejudicadas, demonstrando a contínua falta de foco sobre o tema no processo de desenvolvimento do Campus da UFRN. Dessa forma, este trabalho pode servir como base para a reflexão sobre a produção do espaço na UFRN e sua metodologia pode ser adaptada para futuramente a realização de estudos mais aprofundados sobre o tema para integração no processo de planejamento físico da área de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Eduardo Henrique Silveira de; MARTINS, Themis Lima Fernandes; ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas de. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Natal-RN**. EDUFRN - Editora da UFRN, Natal: 1998.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **“Princípios bioclimáticos para o desenho urbano”**. São Paulo, ProEditores, 2000.

- CARVALHO, Márcia Monteiro de. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do parque das dunas em Natal.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Arquitetura. Natal: s.n., 2001.
- CARVALHO, Sheila de Oliveira. **Análise Bioclimática como ferramenta para implementação do Plano Diretor do Campus Central da UFRN.** 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN), Natal: 2005. 174 p
- COSTA, Angelina Dias Leão (2003). **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN .**2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN), Natal: 2003. 179 p.
- DOICK, Kieron J.; PEACE, Andrew; HUTCHINGS, Tony R. **The role of one large greenspace in mitigating London’s nocturnal urban heat island.** Science of the total environment – 493, 2014.
- DUARTE, Denise Helena Silva. **Variáveis urbanísticas e microclimas urbanos: Modelo empírico e proposta de um indicador.** FORUM PATRIMÔNIO: amb . constr. e patr . sust . Belo Horizonte , v . 4 , n . 1 , jan . / jun . 2 0 1 0.
- GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- KATZSCHNER, Lutz. “**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.
- KRUGER, Eduardo; TAMURA, Cintia; ROSSI, Francine. **A review of Urban Climate research in Curitiba, Brazil.** Urban Climate News. Issue N° 56, June 2015.
- MASCARÓ, Juan Luis (org.). **Infraestrutura da Paisagem.**Porto Alegre: Masquatro Editora, 2008. 192 p.
- MAGALHÃES, M. N. e Lima, A. C. P. de. **Noções de Probabilidade e Estatística.** 3 edição, Editora USP, 2001.
- OLIVEIRA, Paulo Marcos 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, 2003.
- TRINTA, Patrícia Vieira. **Análise Bioclimática Do Bairro Do Renascença II- São Luís - MA: realidade e perspectiva do conforto térmico em espaços externos.** 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN).199 p. Natal: 2007.