

# ANÁLISE AMBIENTAL: ESTUDO BIOCLIMÁTICO URBANO EM CENTRO HISTÓRICO

**Bianca Carla Dantas de Araújo (1); Rosana Caram (2);**

(1) Arquiteta Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da EESC/USP, e-mail:

[bdantas@sc.usp.br](mailto:bdantas@sc.usp.br)

(2) Profa. Dra. Departamento de Arquitetura da EESC/USP, e-mail: [rcaram@sc.usp.br](mailto:rcaram@sc.usp.br)

## RESUMO

As cidades estão crescendo, expandindo suas fronteiras e população. O aumento indiscriminado da industrialização e urbanização nos últimos anos tem afetado o número de construções urbanas e, conseqüentemente, provocado degradações e impactos ambientais. Desta forma, a cidade introduz modificações climáticas, sendo portanto, o clima urbano um exemplo da modificação do clima local pelo homem. Repensar tal questão hoje é refletir sobre a qualidade de vida na cidade permitindo o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais. Os centros históricos são objetos de discussão neste contexto, pois passam por processos de revitalização sem considerar as condições de conforto, fato que pressupõe a análise ambiental como alternativa para estudo. Desta forma, a pesquisa estuda as condições de conforto ambiental sob um enfoque bioclimático no bairro da Ribeira, o qual guarda a história da cidade de Natal/RN. Ainda pouco se estabelecem estudos de caso sobre a questão da bioclimatologia em centros urbanos no Brasil, assim propõe-se discutir e analisar dados das variáveis ambientais registrados no bairro, como forma de adicionar o estudo do conforto ambiental à preocupação de revitalização e preservação do centro histórico que ali se encontra, buscando o desenvolvimento urbano sustentável.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática; Centro Histórico; Conforto Urbano.

## 1. INTRODUÇÃO

O grande desafio das grandes cidades é o crescimento e desenvolvimento urbano que proporcione geração de riqueza, qualidade de vida e qualidade ambiental para seus atuais e futuros habitantes. Esse é o princípio do Desenvolvimento Sustentável, o qual estabelece o meio ambiente como ponto comum e de equilíbrio entre a tecnologia e o progresso, na escala onde a vida acontece: o espaço urbano. A qualidade ambiental contribui para a qualidade de vida nas cidades, portanto, repensar tal questão é refletir sobre o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais.

Salubridade e higiene públicas são conceitos que procuraram relacionar o bem-estar dos usuários ao meio ambiente urbano. Estes termos ao longo dos tempos assumiram novas abordagens e conotações. Hoje, não basta relacionar o meio urbano e suas interações com as necessidades humanas, pois a qualidade de vida está atrelada ao comprometimento com as gerações futuras.

Na segunda metade do século XX, de maneira não prevista, o homem colocou a ciência a serviço da tecnologia e esta a seu próprio serviço, o que produziu crescimento industrial e muito rápida urbanização que aumentou o número de construções urbanas e, conseqüentemente, provocou impactos ambientais. Agora, a visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento é reafirmado, ressaltando os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas.

O ecossistema da cidade envolve variáveis ambientais que modificam - e também são modificadas - as características físicas desse espaço urbano. Estes termos referem-se ao clima e a forma urbana que definem uma infinidade de combinações no espaço e no tempo. As inter-relações se verificam em múltiplos níveis; por exemplo, o clima afeta diretamente espaços construídos e o homem, e estes, por sua vez, modificam o clima. Portanto, o clima urbano é a modificação do clima local pelo homem (UNGER, 1995).

LAMAS (1989), afirma que a forma urbana, corpo ou materialização da cidade, é capaz de determinar a vida humana em comunidade. OLIVEIRA (1988) completa esse conceito ao apresentar a forma urbana como produto das relações estabelecidas pelo homem, e como um dos instrumentos de controle climático para obter condições de conforto e salubridade do espaço citadino.

A cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, localizada no litoral oriental do estado, em região de baixa latitude ( $5^{\circ}45'54''$  - sul), define sua posição intertropical, muito próxima à linha do equador (Figura 1), vem passando por um acelerado crescimento urbano nos últimos anos, caracterizado tanto pela criação de estruturas verticais em alguns bairros, quanto pela expansão horizontal de sua malha urbana em direção às cidades vizinhas, acarretando muitas vezes a ocupação de dunas e devastação de sua vegetação. Este fato acarreta alterações no comportamento térmico dos espaços microclimáticos do ambiente urbano e das edificações, uma vez que os atributos da forma urbana estão sendo modificados.

**Figura 1 – Mapa com localização de Natal****Figura 2 – Mapa de Natal com localização da Ribeira**

Suas características climáticas são bastante constantes, sendo o clima quente e úmido, com uma umidade relativa do ar alta, radiação solar intensa, temperaturas do ar sempre inferiores à da pele e amplitude térmica pequena, tanto diária quanto sazonal. Possui duas épocas características anuais com pequena variação entre elas, sendo uma de abril a setembro, e outra de outubro a março (Tabela 1). A perda de calor por evaporação é dificultada, embora possa ser amenizada pelo movimento do ar. Os ventos são variáveis em velocidade, mas quase constantes na direção sudeste (ARAÚJO et alli, 2000).

**Tabela 1 - Variáveis ambientais nas épocas características**

<b>VARIÁVEIS AMBIENTAIS</b>		<b>abril-setembro</b>	<b>outubro-março</b>
<b>Temperatura do ar</b>	Máxima	28,7° C (13h)	30,8° C (13h)
	Mínima	23° C (5h)	24,8° C (5h)
<b>Velocidade dos ventos</b>	Máxima	5,0 m/s (13h)	5,2 m/s (13h)
	Mínima	2,2 m/s (5h)	3,7 m/s (5h)
<b>Umidade do ar</b>	Máxima	94 % (6h)	87% (6h)
	Mínima	74% (13h)	66% (13h)
<b>Direção dos ventos (predominante)</b>		170° S	130° S

Fonte: COSTA (2003).

A Ribeira, localizada em Natal/RN (Figura 2), é um bairro antigo que está à margem do crescimento da cidade, isto no que se refere a alterações na configuração urbana do mesmo, sendo localizado em uma região baixa de Natal cercado por bairros com cotas mais altas e banhado pelo rio Potengi. Por se inserir em uma área portuária e por promover, basicamente, atividades de comércio e serviço, além de abrigar galpões e pequenas fábricas, revela, atualmente, uma imagem de degradação e abandono. Nele as alterações no comportamento térmico dos espaços microclimáticos do ambiente urbano são advindas de uma estrutura urbana já existente e de modificações nos atributos dessa forma urbana, como por exemplo, tipos de materiais, vegetação, densidade, recobrimento do solo, dentre outros. Constata-se no bairro uma implantação compacta em uma área baixa da cidade com relação ao nível do mar, com ruas estreitas e transversais, edificações e elementos morfológicos característicos da

cidade de fins do século XIX e início do século XX, ausência de vegetação, de praças e áreas verdes.

Ainda há poucos estudos bioclimáticos em centros urbanos no Brasil. Os processos de revitalização adotados neste país pouco atribuem como ferramenta o estudo do conforto ambiental, essencial para preservação da qualidade de vida nos centros, detentores do patrimônio histórico, arquitetônico e sócio-cultural da cidade.

Este trabalho propõe-se, portanto, realizar uma análise ambiental através do estudo bioclimático do centro histórico da Ribeira em Natal/RN buscando a aplicação de metodologias próprias e, conseqüentemente, o conceito de desenvolvimento sustentável.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O desenvolvimento da pesquisa baseou-se nas seguintes etapas:

- Caracterização do bairro da Ribeira - objeto de estudo (infra-estrutura, condições ambientais, características físicas, legislações, evolução urbana);
- Desenvolvimento da análise bioclimática da área em estudo através de aplicação da metodologia desenvolvida por KATZSCHNER (1997);
- Aplicação das metodologias de OLIVEIRA (1989) e BUSTOS ROMERO (2001) como forma de complementar a análise proposta pela metodologia de KATZSCHNER (1997);
- Desenvolvimento da análise estatística dos dados obtidos através das medições das variáveis ambientais;
- Proposição de diretrizes de conforto para adequações urbanas, a fim de subsidiar os atuais estudos de revitalização com a melhoria do conforto ambiental da área estudada.

O primeiro referencial teórico-metodológico que fora aplicado, diz respeito a um método de análise do espaço urbano desenvolvido pelo professor Lutz Katzschner da Universidade de Kassel na Alemanha (KATZSCHNER, 1997). Nele é definido um método de estudo que avalia as condições do clima urbano através de uma descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos do clima urbano, em relação à sua topografia, ao uso do solo, áreas verdes e à altura dada às edificações, seguido por uma descrição quantitativa do espaço. Assim, de acordo com a metodologia, foi necessário a elaboração de 4 mapas do bairro em estudo, um para cada atributo da forma urbana a ser detalhado. Eles foram divididos da maneira que segue: *Topografia* (de 0-10m; 10,1-20m; 20,1-30m; 30,1-40m; e acima de 40m); *Uso do Solo* (residencial, comercial,

serviço, industrial, institucional, misto e terrenos baldios); *Altura das edificações* (até 04 pavimentos, de 05 a 11 pavimentos, mais de 11 pavimentos); e *Áreas Verdes*.

Depois da elaboração desses mapas foi realizada uma análise qualitativa a partir do método proposto para cada mapa. Em cada um é verificado o que a área representa para o clima (referencial), como ela se apresenta na fração (análise) e qual a relação entre a situação encontrada e o referencial (cruzamento das informações). Em seguida, é realizada uma análise geral de como se comporta o bairro diante das informações colhidas nos mapas, e assim identificadas áreas com características relevantes para o estudo, assim como pontos críticos e a discussão dos pontos de medição.

O segundo referencial utilizado, o qual auxilia o primeiro, é o de OLIVEIRA (1989) que desenvolveu um trabalho onde foram redefinidos os atributos bioclimatizantes da forma urbana quanto ao sítio e quanto à tipologia urbana. A metodologia descrita tenta auxiliar o planejador e o projetista no processo decisório, pois de certa forma trata com a questão morfológica da fração urbana, seja para a concepção de uma cidade nova, seja simplesmente para uma expansão urbana ou para uma intervenção com objetivo de renovação urbana em áreas degradadas.

O terceiro método de análise qualitativa dos espaços adotado foi proposto por BUSTOS ROMERO (2001). Essa metodologia trata das constantes bioclimáticas quanto à conjugação dos elementos formais do edifício e do espaço urbano, sob enfoque do espaço público. É uma proposta de concepção bioclimática que, em escala urbana, visa obter o que a arquitetura bioclimática consegue com o edifício: transformá-lo em mediador entre o clima externo e o ambiente no interior do espaço público emoldurado.

O planejamento experimental para a coleta de dados de campo forneceu os subsídios necessários à análise estatística. O objeto de estudo bairro da Ribeira teve como parâmetros medidos variáveis ambientais, a saber: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos.

A medição dessas variáveis foi dividida em duas baterias ocorridas nos dois períodos climáticos característicos da região objeto de estudo. A primeira foi em fevereiro de 2003, representando o período compreendido entre os meses de Outubro a Março; a segunda ocorreu no mês de julho de 2003, que representa o período compreendido de Abril e Setembro.

As medidas foram tomadas simultaneamente às 7:00, 13:00 e 17:00, equivalendo conforme ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO (1998) aos horários próximos de menor temperatura e maior

umidade (5:00) e maior temperatura e menor umidade (13:00) durante o dia<sup>1</sup>, sendo o horário das 17:00 um período intermediário entre os máximos e mínimos.

Foram medidos 6 pontos dentro dos limites do bairro, os quais foram estabelecidos segundo a aplicação das metodologias. Foi mensurado mais um ponto, nesse mesmo limite, com um outro equipamento (HOBO) que ficou instalado em uma edificação e realizou leituras de 5 em 5 min, da temperatura do ar e umidade relativa do ar, em julho. Outra referência foram os dados da Estação do Aeroporto Internacional Augusto Severo que serviu de base como uma estação fora da área urbana.

Os instrumentos utilizados nas medições nas duas baterias de medição foram dois termo-higro-anemômetros digitais de marca *Lutron*, que permitiram medir os valores das variáveis: temperatura e umidade relativa do ar, e velocidade dos ventos. A direção dos ventos foi verificada com o auxílio de pequenas bússolas e fitas plásticas presas a elas. As medições foram realizadas com os equipamentos a uma altura de aproximadamente 1,20 m, sempre protegidos da radiação solar direta – na sombra.

Outro equipamento utilizado nas medições foi o HOBO H8 *loggers* da marca *ONSET*, para registrar a temperatura e umidade relativa do ar ao longo dos 7 dias em que foram medidas as variáveis ambientais no trabalho de campo, em julho. O equipamento foi instalado em uma área externa, protegido das intempéries por um beiral, a uma altura de aproximadamente 8m do solo, em uma edificação localizada na área central do centro histórico.

Para análise dos dados obtidos no trabalho de campo, a primeira etapa caracterizou o espaço urbano da Ribeira pela comparação dos dados de dois ambientes de estudo:

- *Os pontos*, através das médias das variáveis obtidas nos pontos medidos - foram 3 medições por dia, durante 5 e 7 dias<sup>2</sup>, em 2 períodos e em 6 pontos, totalizando 216 dados para cada variável<sup>3</sup>;
- *A “estação fixa” do equipamento HOBO*, que foi localizada em um ponto fixo, considerado como crítico do bairro através da análise qualitativa, e que estabeleceu medições de 5 em 5 min durante 10 dias no mês de julho, enquanto se fazia o trabalho de campo, totalizando 2880 dados para cada variável<sup>4</sup>.

A segunda etapa caracterizou o bairro pela comparação dos dados dos dois ambientes de estudo acima descritos com os da estação do aeroporto, situado em uma área distante

---

<sup>1</sup> Vale salientar que o horário de menor temperatura do ar e maior umidade relativa ocorre nos dois períodos por volta das 5:00 da manhã; mas por disponibilidade esta medição ocorreu sempre às 7:00, o que entretanto, não modifica significativamente os resultados.

<sup>2</sup> No primeiro período, o mês de fevereiro, foram medidos 5 dias, enquanto no segundo período, o mês de julho, 7 dias.

<sup>3</sup> Os dados foram colhidos pela autora com equipamentos móveis.

aproximadamente 15 km do bairro. Foram obtidos os dados dos mesmos 5 dias em que foi realizado o trabalho de campo no mês de fevereiro, e durante 10 dias no mês de julho, por hora, totalizando 362 dados.

A análise estatística, do tipo Fatorial Multivariada e teste de hipóteses *F-Fisher/Snedeco*, teve como objetivos averiguar as inter-relações existentes entre os pontos dentro do bairro, e entre eles e o ponto externo, no que diz respeito às variáveis medidas.

### **3. ANÁLISE AMBIENTAL**

#### **3.1 Características gerais da Ribeira**

A análise bioclimática do bairro da Ribeira foi desenvolvida em um primeiro momento através da caracterização da área. Na Ribeira destaca-se que, de forma maciça, a ocupação somente ocorreu no século XX, e em especial, com as obras de reforma do Porto da cidade que está inserido no bairro (1902). Esta obra, além de impulsionar o comércio local - por representar relação direta com os mercados estrangeiros - estimulou o povoamento da Ribeira, por abranger toda a cidade de Natal com os reflexos da modernidade.

O bonde que na ocasião era "puxado a burro" surgiu em Natal em 1908 e seu percurso original ia da Ribeira à Cidade Alta<sup>5</sup>. Esse veículo de transporte público durou pouco tempo, logo substituído pelo "bonde elétrico", que surgiu na capital potiguar em 1911. O trecho inicialmente percorrido também tinha início na Ribeira e ia em direção à Cidade Alta. Assim, o bairro se destacava até tornar-se, no decorrer da primeira metade do Séc. XX, a zona comercial da cidade por excelência. Era o ambiente freqüentado por políticos, intelectuais e damas da sociedade. Ao longo dos anos ele passou a abrigar hotéis, sedes de jornais, repartições públicas e lojas de moda, mas ali também surgiram inúmeros prostíbulos que, até o seu declínio, passaram a caracterizar a área.

Segundo observações *in loco*, pode-se observar que as edificações na Ribeira, em sua maior parte, ocupam toda a extensão dos lotes e, portanto, não apresentam recuos laterais nem frontais. Os registros mais antigos, por volta de 1603, revelam lotes com aproximadamente 10 a 20 ha, na forma de quadrados ou retângulos e "registros de aforamentos posteriores mostram lotes 5 X 10 braças, o que equivale a 200m<sup>2</sup>" (QUEIROZ e CARVALHO, 1993, p.43). As ruas apresentam pouca largura, assim como os passeios, ausência de vegetação e de recuos das edificações, com uniformidade de altura, a maioria com dois pavimentos, com uso de platibandas e ausência de beirais. Apesar de ser área banhada pelo rio Potengi, os edifícios

---

<sup>4</sup> Os dados foram registrados por equipamento fixo instalado no local mensurado, e foram registrados dados apenas no mês de julho.

<sup>5</sup> A Cidade Alta foi o primeiro bairro da cidade e fica contíguo ao bairro da Ribeira.

não podem aproveitar a massa de água que atuaria como efeito estabilizador para reduzir as temperaturas extremas, porque na lindeira do rio estão implantadas algumas indústrias de pequeno porte, constituídas através de remembramentos que provocaram a substituição das antigas e estreitas fachadas por prédios destinados à indústria pesqueira e aos armazéns<sup>6</sup>, cujos usos não são compatíveis com a configuração urbana existente, bem como passou a desconfigurá-la.

O bairro da Ribeira possui 60,5 ha correspondendo a aproximadamente 0,4 % da área da cidade de Natal (MINEIRO, 1998). A Ribeira possui uma população de 1.839, localizando-se na região administrativa leste da cidade (NATAL, 1999).

Em relação à infra-estrutura pública, a Ribeira é bastante beneficiada, com rede de transporte coletivo, rede de água, energia e telefone. É um dos poucos bairros de Natal completamente saneado, com 871 ligações de água e 871 ligações de esgoto<sup>7</sup>. A limpeza pública é realizada diariamente. Todas as vias do bairro são pavimentadas e drenadas.

Essa breve descrição demonstra haver, no bairro, fértil potencial de atividade urbana subutilizado, o que mostra estarem dadas as condições para firme intervenção que o reintegre a dinâmica do resto da cidade<sup>8</sup>.

Atualmente existem algumas leis de preservação que regulamentam o universo de estudo:

- Lei de Preservação e tombamento

Lei nº 5.191/2000, de 16 de maio de 2000 – Possibilita o tombamento de imóveis no âmbito municipal.

- Zona Especial de Preservação Histórica - ZEPH

Lei nº 3.942/1990, de 09 de julho de 1990 - Instituiu a Zona Especial de Preservação Histórica, alterando o zoneamento de uso do solo, definido pela Lei 3.175/84 (Plano Diretor Físico-Territorial da Cidade), de 29 de fevereiro de 1984.

- Zona Especial Portuária - ZEP

Lei nº 4.069/1992, de 21 de maio de 1992 – Regulamentada a Zona Especial Portuária nos termos da Lei 3.175/84 (Plano Diretor Físico-Territorial da Cidade)

- Operação Urbana Ribeira – OUR

Lei nº. 4.932/1997, de 30 de dezembro de 1997 – Definiu a Ribeira, assim como o bairro da

---

<sup>6</sup> No bairro da Ribeira está inserido o Porto da cidade de Natal, desta forma esses usos são reflexo da atividade.

<sup>7</sup> Informações segundo SILVA (2002)

Cidade Alta, oficialmente como áreas de Operação Urbana no Plano Diretor de 1994.

O *Projeto Ribeira: reabilitação urbana*<sup>9</sup>, parte integrante da OUR, prevê “a revitalização do bairro, através do incentivo ao uso residencial, e do estímulo às atividades turísticas, culturais, artísticas e de lazer, além da recuperação do patrimônio histórico-estrutural local e da qualidade ambiental da área” (NATAL, 1999, p.118).

### 3.2 Análise bioclimática

Nesta etapa foram analisados os atributos da forma urbana segundo as metodologias propostas. Definem assim, um instrumento para análise qualitativa do espaço que busca derivar classificações espaciais de zonas climaticamente caracterizadas, revelando-se como ferramenta climática para possível intervenção no bairro.

A metodologia proposta por KATZSCHNER (1997), identifica como se comportam os atributos da forma urbana: uso do solo, topografia, altura das edificações e áreas verdes. Esses atributos foram identificados pela confecção de mapas cartográficos, de acordo com observação *in loco*, além de foto aérea do bairro, principalmente para identificação das áreas verdes intralotes e de quintais, e analisados baseando-se na comparação com as conceituações apresentadas no referencial teórico montado.

O uso do Solo da Ribeira (Figura 3) é bastante diversificado, porém em algumas áreas há concentração de usos, fato que facilita a sua caracterização. O uso de serviços privados concentra-se em um quadrilátero na qual são encontradas as mais antigas edificações do bairro. Nessa mesma área há, também, concentração de estabelecimentos comerciais, além de imóveis desocupados. Na parte norte do bairro, concentra-se uma pequena área residencial a favela comunidade do Maruim.

A topografia do bairro da Ribeira apresenta o relevo compreendido em três faixas. É um bairro de topografia predominantemente plana situado a praticamente 10m do nível do mar, porém, cercada de elevações por todos os lados, uma vez que os bairros vizinhos apresentam relevo de cotas mais altas, fato este que condicionou a Ribeira denominar-se “Cidade Baixa“, a qual por todos os lados é cercada pela “Cidade Alta”. Essa declividade constatada na parte sudeste do bairro possui orientação noroeste-oeste (Figura 4).

---

<sup>8</sup> SILVA (2002) afirma que a infra-estrutura disponível com pouca arrecadação dos poderes públicos permite deduzir que, no contexto atual, a área se revela como onerosa para o Município.

<sup>9</sup> De acordo com SILVA (2002), as ações pré-estabelecidas na OUR foram interrompidas e não tiveram continuidade. Porém, há três anos o Departamento de Planejamento Urbanístico (DPU) da Secretaria Especial do Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB) da Prefeitura Municipal do Natal criou o Setor de Patrimônio Histórico, Arquitetônico e Arqueológico (SPH) que vem desenvolvendo estudos e projetos urbanísticos objetivando compor o que ficou denominado *Projeto Ribeira: reabilitação urbana*. Têm-se pleiteado a inclusão desse projeto em programas federais que patrocinam intervenções preservadoras do patrimônio e revitalização de sítios.

A Ribeira é pouco influenciada pelo processo de verticalização observado na cidade, pois há apenas 6 edificações com mais de 4 pavimentos, conforme constatado *in loco*. Essa pequena verticalização está concentrada na parte sudeste do bairro, a sua maioria de uso residencial (Figura 5).

No ecossistema de estudo constata-se concentração de áreas verdes representadas apenas por duas praças na parte Sul do bairro, e também, por canteiros centrais com arborização, porém sem cobertura vegetal no solo. Na parte sudeste da Ribeira apresenta uma pequena concentração de área verde representada apenas por quintais. Nas demais áreas do bairro não se observa concentração vegetal significativa (Figura 6).

**Figura 3 – Mapa de uso do solo da Ribeira**

**Figura 4 – Mapa de topografia da Ribeira**

**Figura 5 – Mapa de gabarito da Ribeira**

**Figura 6 – Mapa de áreas verdes da Ribeira**

**Figura 7 – Mapa da Ribeira com divisão em áreas com características específicas**

Foram caracterizados e cruzados os resultados das análises anteriormente desenvolvidas. Para este cruzamento foram observadas as características gerais de todo o bairro segundo os atributos bioclimatizantes da forma urbana e, a seguir, o mesmo foi dividido em 4 áreas distintas que possuem características comuns e específicas (Figura 7).

A área 01 (em vermelho) é caracterizada por ser menos favorecida em termos bioclimáticos, pois possui uma topografia com um declive, onde sua projeção horizontal revela uma grande superfície de contato, sendo maiores as trocas térmicas; revela uma conformação geométrica côncava devido a este declive, característica que define uma altura negativa do relevo, quando para o clima quente e úmido deveria ser positiva; possui a maior concentração de superfícies verticais; além disso, apresenta uma ausência de áreas verdes significativa e uma trama

irregular, descontínua; esta seria a área menos propícia para o uso de habitação, entretanto este uso é predominante nesta área;

A área 02 (em azul) é a área correspondente ao Centro Histórico, sendo também considerada desfavorecida em termos bioclimáticos. Esta é uma área que possui maior concentração de comércios e serviços, além de edificações desocupadas, sendo também a que possui ausência de áreas verdes, com exceção das árvores da av. Tavares de Lira. Possui topografia plana, o que facilita a circulação dos ventos, mas esta característica é confrontada com a não diversidade de altura das edificações, ruas estreitas e a falta de recuos das mesmas, fatores que impedem a boa circulação das massas de ar;

A área 03 (em verde) compreende a mais favorável em termos bioclimáticos, pois é a que apresenta única concentração de algumas áreas verdes do bairro, que como já fora explicado, é muito favorável principalmente em relação à temperatura do local, sendo representada por apenas duas praças e algumas árvores nos canteiros centrais. Nesta área há uma maior diversidade de altura das edificações sendo de 3, 4 até 6 pavimentos, possui uma trama regular e alongada, com ruas mais largas com canteiros centrais, porém o índice de ocupação do solo ainda é considerado alto;

A área 04 (em amarelo) é onde se observa uma concentração do setor de indústrias e também de serviços públicos, como o Porto de Natal, e também a comunidade do maruim, favela existente, na qual as pessoas vivem em condições precárias. Estas características são desfavoráveis em termos bioclimáticos, mesmo contando com a presença de canteiros que em contrapartida não são devidamente arborizados ou gramados. Esta área possui parcelamento e ocupação bastante irregular. A volumetria é bastante variada aparecendo recuos frontais e laterais, além disso o traçado apresenta trechos radiais e sinuosidades aleatórias que o diferenciam de todo o bairro.

Como se pode constatar, a área mais favorável em termos bioclimáticos, segundo os atributos da forma urbana, os quais revelam em suas análises os aspectos morfológicos da forma urbana, é a área 03, sendo esta a mais propícia à adequação do bairro diante das perspectivas de mudança de uso do solo. A área 02, em contrapartida, em se tratando de um local onde estão inseridas grande parte das edificações que constituem um centro histórico para a cidade, é uma das mais desfavorecidas bioclimaticamente, fato que não entra em conformidade com toda a preocupação e perspectiva de mudança no uso do solo, prevendo sua preservação e revitalização.

Realizada parte da análise qualitativa do bairro da Ribeira, foram identificados 6 pontos (Figura 7) para medições de variáveis ambientais – trabalho de campo - que representassem as

áreas identificadas com características específicas, segundo aplicação das metodologias explicitadas, a fim de subsidiar a análise estatística.

### 3.3 Análise estatística

A análise preliminar dos dados registrados no trabalho de campo buscou a representação geral do comportamento da curva do dia típico<sup>10</sup>. Para o desenvolvimento da análise desse comportamento, primeiramente foram encontradas medidas de tendência central do dados coletados. Para a representação dessas medidas optou-se por trabalhar com a média aritmética uma vez que se observou uma boa estatística de representação central. Esta estatística foi utilizada para todas as variáveis. Foram calculadas as médias aritméticas para cada variável ambiental, a saber, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, a fim de comparar os dados de hora e ponto. Em seguida, fez-se a média aritmética por pontos em todas as horas e por hora em todos os pontos, encontrando também média geral das épocas estudadas (meses de fevereiro e julho).

Foram delimitados três parâmetros de interpretação e análise, procurando comparar principalmente os pontos trabalhados: um das médias aritméticas dos pontos e das horas; outra das máximas e mínimas encontradas nessas médias aritméticas de cada ponto em cada hora; e os dados de variáveis ambientais máximos e mínimos encontrados nas medições.

A umidade relativa do ar acompanhou nos três parâmetros a oscilação da temperatura do ar, uma vez que apareceu mais alta nos pontos onde as temperaturas apareceram mais baixas, assim como inversamente, sendo sempre registradas as máximas às 07:00 e as mínimas às 13:00. Apresentou (a umidade relativa) numa média geral de 67% em fevereiro, e 75% em julho, em todos os pontos e em todas as horas, não mostrando influência da modificação do clima urbano da Ribeira por parte direta da umidade do ar. Este fato pode ser explicado pela proximidade do bairro como um todo com o rio Potengi. Os pontos 5 (em uma praça) e 6 apresentaram umidades altas por possuírem muita vegetação no entorno.

As médias aritméticas dos pontos em relação à temperatura do ar apresentaram uma característica crescente em direção à massa edificada, sendo confirmada pelo aumento da média do ponto 1 ao 4, onde encontrou-se a maior média (33,2<sup>o</sup>C em fevereiro e 30,5<sup>o</sup>C em julho) e a maior densidade construída observada no bairro, decaindo quando chega ao ponto 5 numa praça e o ponto 6, o qual mostra uma particularidade em relação aos outros pontos por estar em uma área limítrofe do bairro em uma região de alta topografia. A média geral da

---

<sup>10</sup> Pelo fato de ser analisado apenas três horários, 7h, 13h e 17h.

temperatura do ar em fevereiro foi de  $30,3^{\circ}\text{C}$ , enquanto em julho foi de  $26,8^{\circ}\text{C}$ , chegando a temperaturas máximas de  $34^{\circ}\text{C}$  em fevereiro e  $31,2^{\circ}\text{C}$  em julho, ambas no ponto 4, às 13:00.

Os pontos 1, 3 e 5 apresentam as maiores médias aritméticas de velocidade dos ventos. Isto é devido ao primeiro encontrar-se numa área do bairro que não possui influência de bairros vizinhos de cotas mais altas como o restante da Ribeira (este é o único ponto que não sofre influência direta dessas cotas mais elevadas). O ponto 3 está situado em uma rua que está implantada com direção aos ventos dominantes no sentido sudeste, que foi o sentido predominante, com ressalva ao ponto 5, o qual encontra-se na praça e pouco influenciado pelo espaço construído. A média geral da velocidade dos ventos foi de 1,18 m/s em fevereiro e 1,58 m/s em julho, revelando uma média muito baixa se comparada com média mínima da cidade nos dois períodos (Tabela 1).

A segunda etapa da análise estatística teve como objetivo identificar o efeito dos fatores e suas interações nas respostas das variáveis de estudo (ambientais). Para tal, foi utilizada a análise de variância uni e multivariada. Os objetivos foram atingidos quando da aplicação da estatística inferencial através da técnica de teste de hipóteses. Os objetivos descritos foram transformados em hipóteses científicas e estatísticas e testados com base na amostra pesquisada. A partir daí foram elaborados gráficos que identificaram os efeitos dos fatores (período, ponto, dia e hora) sobre as variáveis ambientais. Estes testes foram realizados para os dados dos pontos medidos, da estação fixa, e da estação do aeroporto, respeitando os fatores e variáveis estudados em cada um.

Nos pontos medidos foram identificadas as seguintes interações:

- a) Efeito do período sobre a temperatura do ar;
- b) Efeito da hora sobre a temperatura do ar;
- c) Efeito de interação do período e da hora sobre a temperatura do ar;
- d) Efeito de interação do período do dia e da hora sobre a temperatura do ar;
- e) Efeito da hora sobre umidade relativa do ar;
- f) Efeito de interação do período e do dia sobre umidade relativa do ar;
- g) Efeito de interação do período e da hora sobre umidade relativa do ar;
- h) Efeito de interação do dia e da hora sobre umidade relativa do ar;
- i) Efeito de interação do período do dia e da hora sobre umidade relativa do ar;
- j) Efeito do período sobre a velocidade do vento;
- k) Efeito do ponto sobre a velocidade do vento;
- l) Efeito da hora sobre a velocidade do vento;
- m) Efeito de interação do período e do ponto sobre a velocidade do vento;

- n) Efeito de interação do período e do dia sobre a velocidade do vento;
- o) Efeito de interação do ponto e da hora sobre a velocidade do vento;
- p) Efeito de interação do período do ponto e da hora sobre a velocidade do vento;

Na estação fixa foram identificadas as seguintes interações:

- a) Primeira hipótese: Efeito do dia ( $F_1$ ) sobre a temperatura do ar ( $v_1$ ).
- b) Segunda hipótese: Efeito do turno ( $F_2$ ) sobre a temperatura do ar ( $v_1$ ).
- a) Terceira hipótese: Efeito do dia ( $F_1$ ) e do turno ( $F_2$ ) sobre a temperatura do ar ( $v_1$ ).

Na estação do aeroporto foram identificadas as seguintes interações:

- a) Primeira hipótese: Efeito do período ( $F_1$ ) sobre a temperatura do ar ( $v_1$ ).
- b) Segunda hipótese: Efeito da hora ( $F_3$ ) sobre a temperatura do ar ( $v_1$ ).
- d) Terceira hipótese: Efeito do período ( $F_1$ ) sobre a velocidade do vento ( $v_3$ ).
- e) Quarta hipótese: Efeito da hora ( $F_3$ ) sobre a velocidade do vento ( $v_3$ ).

Como se pode perceber nas análises supracitadas, a variável temperatura do ar foi a única diretamente registrada em todos os ambientes. A velocidade do vento, um das principais variáveis nos climas de regiões litorâneas, somente não foi mensurada na “estação fixa”, pois o equipamento não registra esse dado. De certa forma, os dados obtidos no trabalho de campo são capazes de caracterizar a área objeto de estudo, pois foi registrada ao longo de todo o bairro, e assim, pode ser comparada com os dados do aeroporto (Figura 8 e 9). Pode-se perceber que o período 1 (fevereiro) apresenta menores médias de velocidade dos ventos, enquanto o período 2 (julho) as maiores, porém percebe-se que a média encontrada nos pontos são sempre inferiores às da cidade tomadas como parâmetros as da estação meteorológica do aeroporto, sendo nos pontos 1,16 m/s e 1,73 m/s nos períodos 1 e 2 respectivamente, e 3,46 m/s e 4,92 m/s no aeroporto.

Na figura 10 pode-se observar os pontos 2, 3 e 4 como os desfavoráveis quanto à ventilação do ar, pois independente do período (fevereiro e julho) do ano estes apresentam comportamentos semelhantes e com baixas médias de velocidade dos ventos (ponto 4, 0,58 m/s), comprovando a sua inserção na massa edificada do centro histórico.

**Figura 8 - Gráfico do efeito do período sobre a velocidade dos ventos nos pontos**

**Figura 9 - Gráfico do efeito do período sobre a velocidade dos ventos no aeroporto**

**Figura 10 - Gráfico do efeito da interação dos períodos e dos pontos sobre a velocidade dos ventos**

#### **4. DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O bairro da Ribeira como um todo apresenta uma carência em relação às áreas verdes, portanto seria necessário uma maior preocupação com a implantação de canteiros mais arborizados e com cobertura vegetal – grama ou plantas rasteiras, além da implantação de árvores de pequeno porte em ruas mais estreitas que não apresentam nenhum vestígio de áreas verdes, como as ruas do Centro Histórico, por exemplo. Esta iniciativa contribuiria para amenizar o microclima do bairro e especificamente das áreas mais prejudicadas, como o ponto 4, que foi comprovado nas análises quantitativas e qualitativas, e conforme se tinha como hipótese na análise qualitativa, como sendo a área (que representa o centro histórico) mais desconfortável em termos bioclimáticos.

O ponto 4 revelou as maiores médias de temperatura do ar, menores médias de velocidade dos ventos e a configuração urbana que menos condiz com a realidade climática da cidade, com ruas e passeios estreitos, não diversidade de alturas dos edifícios, ausência de recuos, ruas pavimentadas e principalmente ausência de áreas verdes (Figura 11).

**Figura 11 – Foto do entorno do ponto de medição 4**

Como se pode perceber ao longo do trabalho, o microclima do bairro, representado principalmente pelos pontos 2, 3 e 4, não é condizente com as condições de conforto, pois apresenta temperaturas muito altas nas áreas de maior densidade construída e baixas velocidades dos ventos, além de uma umidade constantemente alta.

A implantação do bairro e a trama em xadrez, apenas no Centro Histórico, são as únicas características do mesmo que são bioclimatologicamente, segundo os atributos analisados, corretas. Os demais atributos, como porosidade e rugosidade, por exemplo, revelam que o bairro, assim como as medições das variáveis ambientais, em termos bioclimáticos, deve ser melhor adequado para o conforto dos usuários, independente do uso a que se propõe a perspectiva de mudança do uso do solo ali vigente, sendo o processo de revitalização tão importante para a preservação da história da cidade e da aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável.

As discussões das diretrizes ainda se encontram em andamento, face ao tratamento dos dados ter sido concluído recentemente, e por se tratar de uma pesquisa acadêmica com vistas ao título de mestre em arquitetura e urbanismo, pretende-se chegar a algumas propostas de intervenções no bairro objeto de estudo com base na análise bioclimática realizada e nos princípios de espaço urbano sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAÚJO, Virgínia M.D. et alli. (2000). **Análise bioclimática da forma urbana de Natal. Relatório de pesquisa**. Natal: DARQ/PPPg/UFRN.

COSTA, Angelina D. L. (2003). **A influência da forma de ocupação do solo urbano no microclima: uma fração do bairro de Petrópolis em Natal-RN**. Dissertação (Mestrado) - UFRN, Natal.

KATZCHNER, Lutz. (1997). Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: **Anais do IV ENCAC**. Jussara M.F.G. Nery, Tereza M.M. Freire, Roberto Lamberts (edits.). Salvador, FAUFBA, ANTAC; 1997, p. 49-58.

LAMAS, José Ressano Garcia. (1989). **Morfologia Urbana e desenho da cidade**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian / Junta Nacional de Investigação Científica e tecnológica.

MINEIRO, F. (1998). **Natal em perfil: por uma cidade cidadã 1998**. Natal, Ver e Atual.

NATAL. Prefeitura Municipal do Natal. (1999). Secretaria especial do meio ambiente e urbanismo. **Natal 400 anos depois**. Natal, Prefeitura Municipal; Banco do Nordeste.

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

QUEIROZ, L. A. P. C. de; CARVALHO, N. G. G. de. (1993). **Ribeira: Permanência e Renovação**. Monografia (Graduação) – UFRN, Natal, DARQ.

ROMERO, Marta Adriana B. (2001). **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília, Editora Universidade de Brasília.

SILVA, H. de A. (2002). **Revitalização urbana de centros históricos: uma revisão de contextos e propostas: a Ribeira como estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) - UFRN, Natal.

UNGER, J. (1995). Some aspects of the human bioclimate of a medium-sized town and its surroundings. In: **Proceed. Climatology and Air Pollution Conference**. Mendoza, Argentina, 1995, p. 41-49.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo apoio concedido para desenvolvimento da pesquisa.