



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

METODOLOGIA DE MEDIÇÃO EM PONTOS FIXOS: TORRES DE CELULAR COMO ALTERNATIVA VIÁVEL

Angelina Costa (1); Lucila Labaki (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UNICAMP, Brasil – e-mail:

angelina@fec.unicamp.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNICAMP, Brasil – e-mail:

lucila@fec.unicamp.br (orientadora)

RESUMO

Proposta: Este trabalho é parte de uma tese que analisa o espaço urbano de uma cidade de clima quente e úmido no nordeste do Brasil. Enfoca os procedimentos experimentais (adequação e confiabilidade) aplicados no levantamento de variáveis ambientais para possibilitar a caracterização de microclimas urbanos, por meio de medidas fixas. **Método de pesquisa/ Abordagens:** Apresentam-se aqui os resultados da medição de verão, realizada em fevereiro de 2006, usando como pontos de coleta torres de celular em Natal/RN, cidade situada a 5° de latitude S e 45° de longitude O. O teste ocorreu em 20 pontos, 19 localizados em torres espalhadas pelas 04 zonas administrativas da cidade, e um de referência, no campus da Universidade Federal - UFRN, durante 07 dias consecutivos, registrando temperatura do ar e umidade relativa de 30min/30min. Os equipamentos utilizados foram 03 *Hobos* e 14 *Testor*, e 03 Estações meteorológicas da Davis, livres da radiação solar direta por uma proteção plástica desenvolvida na UNICAMP especialmente para a pesquisa (baseada no modelo de abrigo meteorológico padrão), fixadas na escada das torres a uma altura de 1,5m do piso, em média. **Resultados:** A análise estatística mostrou que os equipamentos de transmissão e recepção de telefonia celular existentes nas torres, que emitem radiação do tipo microondas e radiofrequência, não interferiu nos resultados do teste, já que esses, quando comparados ao de referência são estatisticamente compatíveis. Pela análise estatística, realizada com auxílio do software *Statística*, observou-se que os dados nos pontos variaram de 24,8°C a 37,4°C para a temperatura (média de 28,8°C), e de 39% a 94% para a umidade (média de 71%). Os dados foram associados a imagens dos satélites *Ikonos* e *Quickbird*, definindo a ocupação das áreas em busca de correlação entre os resultados encontrados e o tipo de revestimento existente; e foi identificado que os pontos localizados nas áreas mais densas apresentaram maior temperatura e menor umidade. **Contribuições/ Originalidade:** A metodologia proposta para medição em pontos fixos utilizando-se de torres de celular é inovadora e confere segurança aos equipamentos, possibilidade de padronização na exposição dos mesmos, localização e distribuição estratégicas, além da possibilidade de repetição desse tipo de experimento em outras cidades.

Palavras-chave: variáveis ambientais, torres de celular, imagens de satélite.

ABSTRACT

Propose: This research is part of a thesis that analysis the urban space of a harm-humid climate in Northeast of Brazil. The objective is to verify the air temperature distribution in the town throughout fixed measurements of environmental variables helped by satellite images with high resolution, identifying how the horizontal surfaces can influence microclimatic alterations. **Methods:** It is shown the results of a summer measurement, happened in February/2006, using cellular sites in Natal/RN (5° S - 45° O), in 20 points distributed at the four administrative zones, being 01 as reference (located in University), during 07 days, logging temperature and humidity at even 30minutes. The equipments are: 03 Hobos, 14 Testor, e 03 Metheorological Stations, protected of the sun by a plastic shelter, fixed

in the stairs at 1,5m. **Findings:** The statistical analysis explains that the cellular equipment (that emits microwaves and radiofrequency) do not interfere in the results of the measurements. The software used informs that the temperature in the points changed 24,8⁰C to 37,4⁰C (mean of 28,8⁰C), and 39% to 94% to humidity (mean of 71%). When associated to Ikonos e Quickbird satellite images were defined the use land of each point, correlating the occupation and the variables results. In some density areas were found the highest temperatures and the lesser humidity values, what justify the references. **Originality/value:** The methodology proposed to fixed points using sites of cellular is new and give security to the equipments, turn possible the exposure standardization, have strategic situated and distribution and make easy the repetition of this kind of experience in others cities.

Keywords: environmental variables, cellular sites, satellite images

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de uma tese que analisa o espaço urbano de uma cidade de clima quente e úmido no nordeste do Brasil. Enfoca os procedimentos experimentais (adequação e confiabilidade) aplicados no levantamento de variáveis ambientais para possibilitar a caracterização de microclimas urbanos, por meio de medidas fixas.

A cidade de Natal/RN está situada a 5⁰ de latitude S e 45° de longitude O, e tem um clima quente e úmido, destacando-se pela alta umidade, intensa radiação, pequena amplitude térmica diária e sazonal, temperaturas sempre inferiores à da pele e com ventos variáveis em velocidade mais com direção predominantemente Sudeste. É a capital do estado do Rio Grande do Norte, no litoral oriental do Brasil, às margens do Oceano Atlântico, em uma região de baixa latitude e com topografia pouco acidentada. (Figura 01).

A proximidade com a linha do Equador faz com que as superfícies horizontais sejam as grandes responsáveis pela recepção do calor, advindas da radiação solar; seus materiais de revestimento nos espaços externos abertos têm, portanto, um papel decisivo no processo de transferência desse calor para o meio.

A exemplo de outras cidades de médio porte, a cidade estudada passa por intenso processo de crescimento tanto vertical quanto horizontal, com ocupação cada vez mais densa e emprego de materiais mais impermeáveis no revestimento do solo como o asfalto.



Figura 01 – Mapa do bairro Brasil com localização da cidade de Natal-RN

Natal apresenta duas "épocas características distintas", de acordo com Araújo; Martins; Araújo (1998), com pequena variação climática entre elas: a primeira compreende o período de abril a setembro (chamado aqui de período de inverno), e outra de outubro a março (adotado como período de verão). O período compreendido entre os meses de abril e setembro é o período chuvoso e se caracteriza por: temperaturas mais amenas, umidades relativas mais altas e velocidades dos ventos mais elevadas com predominância no quadrante Sudeste, e variações Sul - Sudoeste, principalmente, nas primeiras horas do dia. Já o período de outubro a março caracteriza-se por temperaturas mais elevadas, umidades relativas mais baixas, velocidades do vento relativamente menores e com predominância Sudeste, apresentando pequenas variações na direção Leste - Nordeste.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi considerada toda a extensão geográfica da cidade, constituindo-se numa área pouco maior que 170km² de uma realidade urbana bastante complexa, com diferentes configurações de uso e ocupação do solo.

A primeira etapa do trabalho de campo foi fundamentada através do levantamento da base cartográfica e de sua análise, complementada com o reconhecimento do local. Combinando dados da base cartográfica, fotos aéreas, imagens de satélite de alta resolução e pesquisa de campo, foram identificados os diferentes padrões de ocupação urbana na região de estudo. Também foi feito um levantamento de vegetação e corpos d'água existentes. A partir daí, foram eleitas as áreas importantes para o levantamento dos dados climáticos.

Foram programadas 02 baterias de medições, que caracterizarão os períodos climáticos de verão e inverno: nos meses de fevereiro e julho de 2006, respectivamente, tendo sido ambas executadas, mas somente a primeira (verão) analisada no presente artigo.

Por 07 dias consecutivos de 02 a 10 de fevereiro de 2006 foram registrados dados de 30min./30min. de temperatura do ar e umidade relativa em 20 pontos distintos (nomeados de A a Q). Vale salientar que os dias de medição apresentaram características compatíveis com o dia climático típico de verão.

A variável velocidade do ar e direção foram registradas de 10min./10min em 03 dos pontos, estrategicamente posicionados em função da segurança para o equipamento (estações) e distribuição espacial com relação aos demais. São eles EST03, EST027 e EST REF.

A coleta de dados das medidas fixas foi realizada por registros contínuos feitos por registradores do tipo loggers, sendo: 03 Testostor175, 11 Testo175-177, 03 Hobo H8, e 03 estações meteorológicas da Davis, livres da radiação solar direta por uma proteção plástica desenvolvida na UNICAMP especialmente para a pesquisa, baseada no modelo de abrigo meteorológico padrão (ver figura 02). As proteções foram fixadas na escada de segurança de torres de celular, a uma altura de 1,5m do piso em média, que é a altura considerada adequada para a pesquisa do conforto térmico humano.

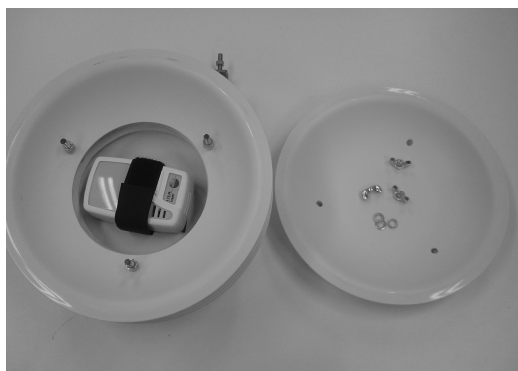


Figura 02 – Detalhes da proteção para equipamento

A figura 03 traz o mapa com a localização de todos os pontos medidos no campo, dividido por zonas administrativas.

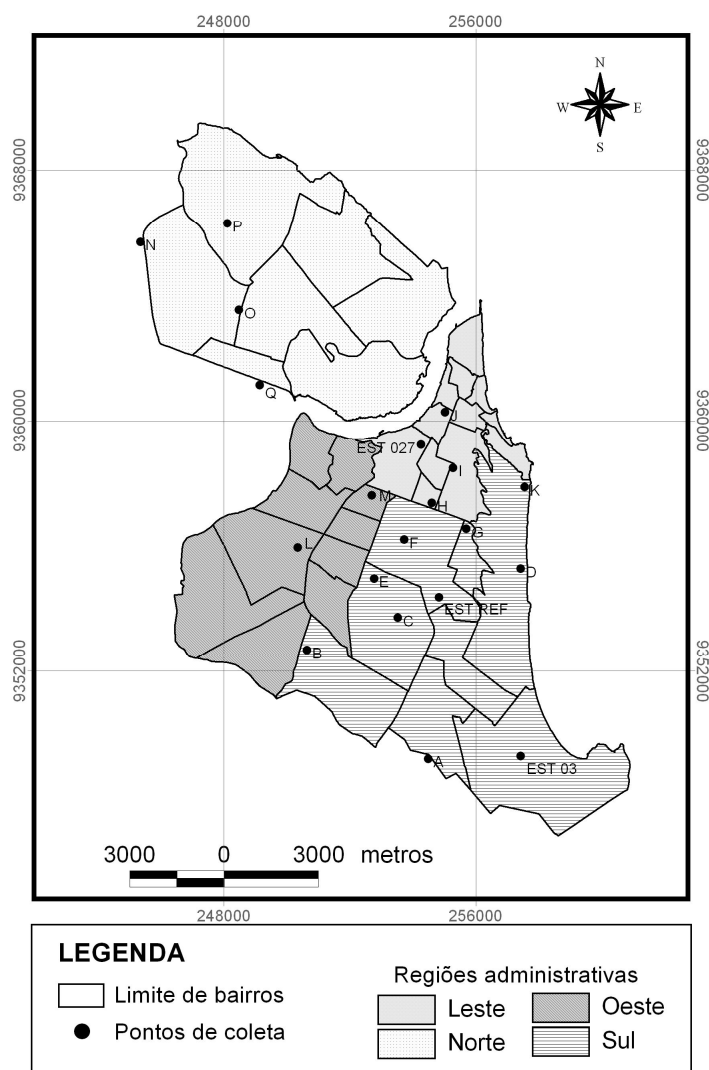


Figura 03 – Localização dos 20 pontos de medição

19 dos 20 pontos medidos são terrenos (chamados pela empresa de *sites*) de torres de celular. Essa escolha se deve a muitos fatores positivos que lhe são associados:

- em primeiro lugar a questão da segurança proporcionada aos equipamentos, necessária nesse tipo de pesquisa (os terrenos cercados com acesso restrito aos funcionários da empresa cedente – BSE CLARO, e os equipamentos muitas vezes não ficaram visíveis aos transeuntes),
- a possibilidade de padronização na exposição dos equipamentos, uma vez que todas as torres têm basicamente a mesma estrutura física (muro ou cerca de até 2,5m de altura, piso em cascalho de pedra, *shelter* com equipamentos e torre)
- a localização (em geral em ruas de fácil acesso) e a distribuição estratégica das mesmas (espalhadas por todas as 04 zonas administrativas da cidade – como se verifica na figura 03),
- a diversidade de tipologias encontradas nos entornos das mesmas,
- a facilidade de contato (dado ao fato de se tratar com uma única empresa), e a rapidez que isso confere à pesquisa, uma vez que não foi necessário localizar e contatar 20 proprietários diferentes, adequados e dispostos a colaborar com a pesquisa.
- a não interferência da atividade humana nos horários de medição, bem como de equipamentos, já que praticamente não há atividade antrópica no *site*.
- a certeza de que os pontos de medição não tiveram suas estruturas físicas alteradas (para a segunda etapa da pesquisa) – o que permitiu na segunda medição a coleta de dados nos mesmos pontos.
- a possibilidade de repetição dessa metodologia em áreas de clima semelhante, dada a presença desse tipo de construção civil e de tecnologia, na maioria das cidades hoje em dia.

Existem, entretanto, alguns aspectos que foram observados quando da escolha de quais dos sites existentes eram adequados para a pesquisa em questão. Eles estão relacionados a 03 aspectos principais, que se inter-relacionam: a ventilação urbana, o tamanho do terreno disponível, e a altura de implantação das torres em relação ao terreno. Esses fatores, juntamente com a limitação em número dos equipamentos disponíveis no primeiro momento da medição (etapa de verão) definiram quantos pontos seriam trabalhados e quais as torres seriam selecionadas, dentre muitas outras existentes e visitadas.

Em se tratando do primeiro aspecto é importante considerar o entorno e o tipo de fechamento (muro ou grade) presente no *site*, de forma que estes não sejam empecilhos ao livre fluxo da ventilação predominante. Para esta pesquisa, cujos equipamentos foram instalados a 1,5m de altura, foram descartados pontos em que os muros fossem maior que 2,60 com terrenos menores que 200m² – para se determinar o tamanho do terreno considerou-se como ideal o lote padrão admitido no parcelamento estabelecido em lei pelo Plano Diretor da cidade que é de 200m² (Art.46 do PDN, 1994). Assim sendo, os sites cujos terrenos apresentam área maior ou igual a 200m² foram considerados adequados para a pesquisa, já os com áreas menores que 100m², foram descartados. E os com área entre 100 e 200m² foram estudados caso a caso.

A opção por se instalar o equipamento na escada se dá pelo fato de existirem basicamente 03 tipos de torre com estruturas distintas: uma tubular, outra triangular e outra quadrada), sendo que todas possuem escada de acesso, o que permitiu a padronização. (ver figuras 04 e 05)



Figuras 04 e 05 – Dois tipos de equipamentos instalados. Uma estação meteorológica e um *testor* com proteção plástica.

Depois da medição de campo, descarregaram-se os dados e se iniciou a análise estatística dos dados (ainda em andamento) em busca de uma caracterização térmica para a cidade. Aliado a isso, vêm sendo utilizadas imagens de satélite obtidas por sensoriamento remoto, a exemplo outros trabalhos recentes (como FARIA, 2005); recurso que permite estabelecer relações dinâmicas sobre a ocupação do solo e o campo térmico, servindo de subsídio e ferramenta para o planejamento urbano.

Vale ressaltar que 02 tipos de teste precederam a tomada das medições de verão, válida para a pesquisa. A partir desse teste foi identificado ainda que o sensor dos equipamentos precisava ser melhor ventilado e foi proposta uma nova proteção para o equipamento, que foi a utilizada.

O segundo aconteceu em Natal/RN em fevereiro de 2006 e estudou o comportamento dos 04 tipos de equipamentos envolvidos na pesquisa. Foram colocados todos os 20 equipamentos com as proteções, em cima de uma laje registrando temperatura e umidade durante 24h, de 30min./30min; de forma a se identificar se há alterações significativas entre os dados. Observou-se que nos registros existe diferença entre os equipamentos, mas que essas não são significativas. Ver figura 06.



Figura 06 – Vista dos equipamentos no teste realizado no INPE

3 ANÁLISE DOS DADOS

O entorno de cada ponto de coleta dos dados foi estudado e caracterizado com a ajuda de imagem do satélite IKONOS de 2003, que em virtude de sua resolução permite o detalhamento do tipo de ocupação. Essa variou desde situações de pontos muito próximos a beira-mar (pontos D e K), como em áreas com lotes muito pequenos (pontos P e Q), em áreas menos densas (pontos E-03 e N), próximo à barreiras a ventilação predominante tanto naturais – Parque das Dunas (ponto G), quanto artificiais (ponto H).

Tomou-se ainda 01 ponto como referência, localizado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE no Campus Universitário da UFRN, o qual acredita-se, estar livre de interferências de ocupação por situar-se em uma área ampla aberta, com o equipamento situado elevado a cerca de 10m do piso (Ver figura 07).

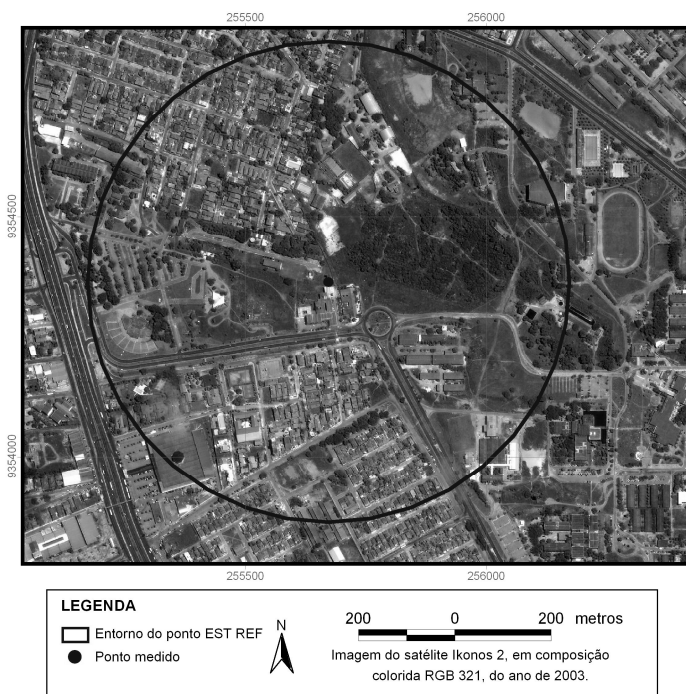


Figura 07 – Imagem do Ponto de Referência INPE – estação meteorológica do Campus UFRN

A análise estatística mostrou que os equipamentos de transmissão e recepção de telefonia celular existentes nas torres, que emitem radiação do tipo microondas e radiofrequência, não interferiu nos resultados do teste, já que esses, quando comparados ao de referência são estatisticamente compatíveis.

Ainda pela análise, realizada com auxílio do software Statística, é interessante observar que a umidade foi alta no ponto próximo a grande massa de água do Oceano Atlântico (ponto D – 80,6%) e que o ponto Est-03 (27,8°C), que apresentou a menor temperatura média, está numa área pouco densa, alta e sem barreiras à ventilação.

As medições de verão ocorreram em dias que podem ser considerados como típicos para a região, sem a ocorrência de chuvas. Abaixo estão apresentados os valores médios para cada ponto, tanto para temperatura (figura 08), quanto para umidade (figura 09). Observa-se que para a temperatura os valores variaram de 27,08°C a 30,01°C e de 80,6% a 65,5% para a umidade relativa. Se isolarmos o ponto de referência, este obteve uma média de 27,14°C para a temperatura e de 72,1% para a umidade.

Os pontos E, K e M são os mais quentes e os pontos EST-03 e o ponto de Referência no INPE são os menos quentes. Já em relação à umidade, pode-se dizer que os pontos O, Q e EST-27 apresentam os menores valores.

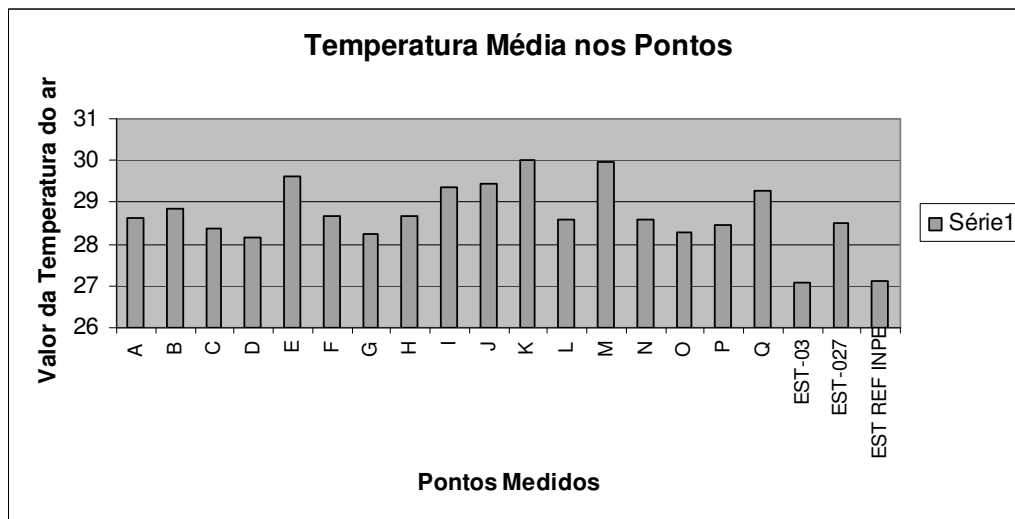


Figura 08 – Gráfico para a temperatura do ar média para todos os pontos, considerando todos os dias e horários medidos

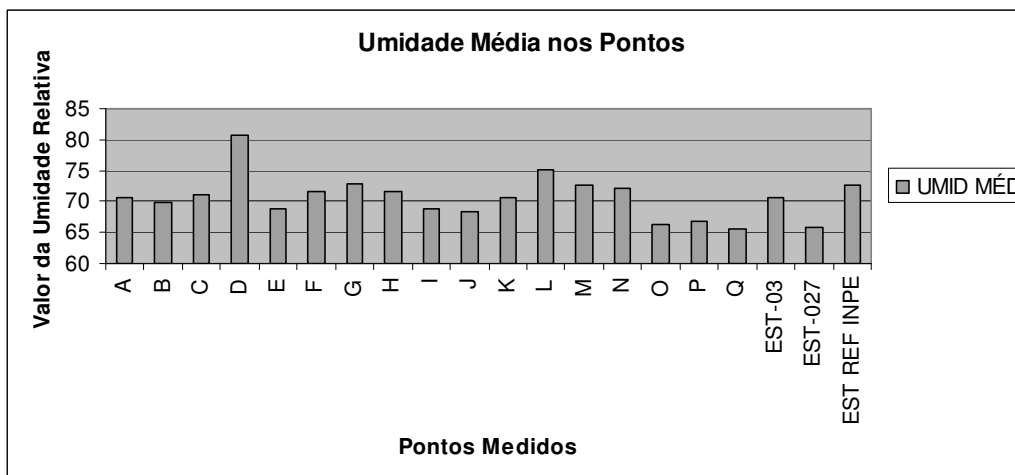


Figura 09 – Gráfico para a umidade relativa média para todos os pontos, considerando todos os dias e horários medidos

Em relação aos valores de velocidade dos ventos os dados variaram enormemente, conforme era esperado. Os 03 pontos nos quais essa variável foi verificada não deixam dúvida quanto a sua importância na amenização climática que ela proporciona a cidade. A tabela abaixo traz os resultados médios máximos e mínimos.

Ponto medido	Veloc. Mín.	Veloc. Máx.
EST REF	1,3	9,4
EST 03	0,0	2,2
EST 027	0,0	3,6

A seguir são apresentadas algumas considerações.

4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O trabalho continua em andamento mas já permite algumas considerações iniciais. A opção por localizar os pontos de medição em terrenos de torres de celular (*sites*) foi acertada e pode permitir a repetição dessa metodologia em outras cidades. Os equipamentos não foram colocados em risco quanto à sua segurança e a diversidade de uso do solo encontrada permitiu cumprir o objetivo da pesquisa em ter áreas estudadas com diferentes tipos de ocupação; além disso, houve controle bastante rigorosa do experimento dada as condições semelhantes de exposição para todos os equipamentos envolvidos.

Assim, a metodologia proposta para medição em pontos fixos localizados em torres de celular mostra-se viável a estudos em climatologia urbana – talvez seja um passo para a padronização de procedimentos de campo, requerida e levantada por OKE (2005) como necessária e urgente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Eduardo H. S., MARTINS, Themis L. F. & ARAÚJO, Virgínia M. D. (1998). Dias típicos para o projeto térmico de edificações em Natal - RN. EDUFRRN. Natal

FARIA, João Roberto Gomes de. (2005) O uso de imagens de satélite em estimativas de Temperaturas do ar na camada intra-urbana. Anais do VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. ENCAC-ENLACAC. Maceió, 2005

OKE, Tim R. Towards better scientific communication in urban climate. In: Theoretical and Applied Climatology. Austria: 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL. Plano Diretor de Natal: Lei Complementar nº 07 de 05 de agosto de 1994. Natal, 1994.

6 AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPq o financiamento da pesquisa e a BSE-CLARO pela autorização em se trabalhar nos *sites* da empresa em Natal/RN