



ENTAC2006

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

CONTRIBUIÇÃO PARA A DEFINIÇÃO DE FAIXAS-LIMITE DE CONFORTO TÉRMICO PARA AMBIENTES EXTERNOS

Angelina Costa (1); Virgínia Araújo (2)

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

angelina@fec.unicamp.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbannismo – UFRN, Brasil – e-mail:

virginia@ufrnet.br (orientadora)

RESUMO

Proposta: A pesquisa é resultado de uma dissertação que estudou como a forma urbana influencia nas alterações microclimáticas, e sua relação com a sensação térmica do usuário do ambiente externo, a fim de determinar faixas-limite de conforto térmico para as variáveis ambientais pesquisadas: temperatura do ar e umidade relativa; e ambientou-se em Natal/RN, que tem um clima do tipo quente e úmido. **Método de pesquisa/ Abordagens:** A metodologia baseou-se em KATZSCHNER (1997) que relaciona a elaboração de mapas e a medição de variáveis ambientais em pontos fixos; a aplicação de entrevistas sobre a sensação térmica com os usuários do ambiente externo; aliada a técnicas estatísticas de correlação. Foram levantados dados em 10 pontos distintos (08 no bairro e 02 em estações meteorológicas de referência), durante 03 períodos climáticos característicos (sendo 02 de inverno e 01 de verão), por 04 dias consecutivos, nos horários de menor e maior temperatura para a cidade (06h e 13h), utilizando-se termo-higro-anemômetros digitais. Simultaneamente foram realizadas entrevistas totalizando 171 formulários válidos com a população do local. **Resultados:** Verificou-se que o bairro é mais quente e menos ventilado que áreas menos urbanizadas na cidade, além disso, 56,2% dos usuários sentiu-se desconfortável com as condições ambientais locais sendo o metabolismo, a massa corporal e o sexo, os fatores fisiológicos que mais influenciaram nesta resposta. **Contribuições/ Originalidade:** O bairro foi zoneado quanto à sua ocupação em áreas a serem melhoradas e áreas a serem protegidas; e foram levantadas discussões sobre parâmetros de conforto térmico no ambiente externo, com proposição de faixas-limites de temperatura a partir da análise estatística, sendo considerado o intervalo de 24,20°C a 30,40°C para os usuários em conforto (considerando a variável temperatura) e 67% a 89%, (considerando a umidade) para o clima local.

Palavras-chave: conforto térmico, variáveis ambientais, faixas-limite.

ABSTRACT

Propose: This article presents master study results that investigate how the urban form influence in microclimatic alterations, and your relation to user thermal sensation in open spaces, to determine limits of thermal comfort to air temperature and relative humidity. It happens in a district of Natal/RN that has a warm-humid climate. **Methods:** The methodology is based in Katzschner (1997) when correlate maps and environmental variables measurements at fixed points; in addition to formularies about thermal sensation with open space users. It was collected dates in 10 points (being 08 in the district and 02 in meteorological stations of reference, during 03 climatic periods (02 for spring and 01 for summer), per 04 consecutive days, at the highest and lesser temperature time (and humidity also, 6 a.m. and 1 p.m.) using digital thermo-higro anemometers. Simultaneously 171 formularies were applied to local population. **Findings:** It was verified that the district is heater and unless ventilated than areas not so urbanized. 56,2% of the users felt uncomfortable with the environmental conditions and the metabolism, the weight and the sex were the physiological factors that influences the answers. **Originality/value:** The district was zoned in areas to be improved and areas to be protected; besides

discussions about thermal parameters were take in account fixing limits to air temperature (24,20⁰C to 30,40⁰C) and relative humidity (67% to 89%) to the users in thermal comfort in the local climate.

Keywords: thermal comfort, environmetal variables, limits

1 INTRODUÇÃO

A construção dos ambientes urbanos ocorre diariamente pela ação antrópica, através da substituição do ecossistema natural por estruturas artificiais, processo que ocasiona impactos ambientais em vários níveis, principalmente em função da modificação na qualidade do ar e do clima, e que pode representar uma diminuição na qualidade de vida da população.

A principal evidência desse processo é o aumento da temperatura do ar nas cidades, que vem sendo estudado pela climatologia urbana e tem atraído a atenção de especialistas e da própria sociedade, que vive hoje em ambientes urbanizados. Assim, o homem é ao mesmo tempo autor e ator dessas mudanças - sentindo na própria pele as conseqüências de suas ações, uma vez que o ambiente externo tem ficado cada vez mais desconfortável termicamente.

Ao estudar um exemplo com clima do tipo quente e úmido o enfoque deste trabalho pode ser considerado inovador e abrangente uma vez que existem poucos trabalhos na área de conforto térmico desenvolvidos no meio externo associados aos usuários desses espaços.

1.1 A cidade objeto de estudo

A cidade estudada, Natal, está localizada no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, às margens do Oceano Atlântico, em uma região de baixa latitude; apresenta clima do tipo quente e úmido, com topografia pouco acidentada e altitude média de 18m (Figura 01).

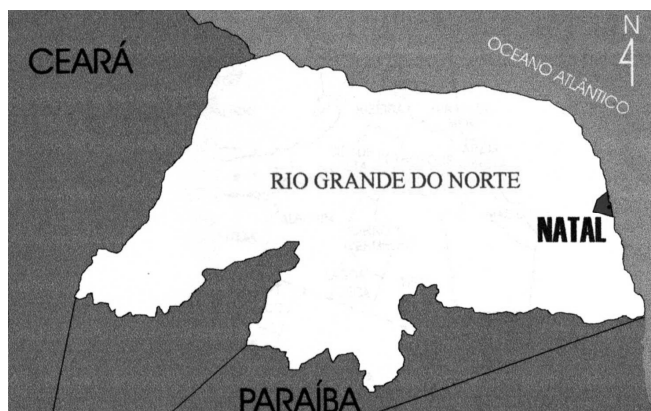


Figura 01 – Mapa do Estado do Rio Grande do Norte, destacando Natal.

Como conseqüência do crescimento a que está submetida a cidade ocorre uma alteração no comportamento térmico dos espaços microclimáticos dentro do ambiente urbano e das edificações, já que os atributos da forma urbana (especialmente o relevo, a vegetação, o recobrimento do solo, a densidade, os tipos de materiais e as edificações -condicionantes do clima) são modificados.

O bairro de Petrópolis, área onde se desenvolveu este estudo, representa para a cidade um dos exemplos deste processo de crescimento, muito embora tenha sido criado como bairro-modelo, abrangendo algumas preocupações com o conforto ambiental decorrentes principalmente da relação saúde x clima. A figura 02 localiza o bairro na cidade.

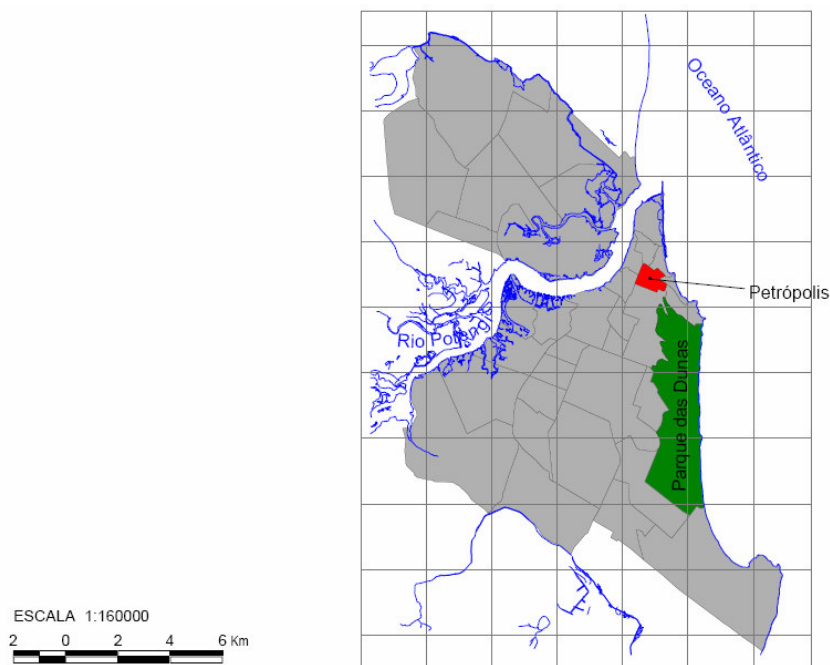


Figura 02 – Mapa de Natal localizando o bairro estudado.

O Perfil dos Bairros de Natal, documento elaborado pela Prefeitura (PMN, 1998), apresenta o bairro de Petrópolis como uma área de 77,63 hectares e, à época, uma densidade demográfica de 67,26 habitantes por hectare, dispondo de infra-estrutura básica, e um alto índice de oferta de serviços e equipamentos voltados para o lazer e turismo, o que predisponha o bairro a grande capacidade de adensamento.

Hoje a ocupação de Petrópolis está em parte consolidada e, mesmo que tenha havido uma preocupação inicial de dar conforto a seus habitantes, o bairro encontra-se exposto a diversos problemas ambientais, como o aumento de áreas impermeáveis devido à ocupação quase que total dos lotes e o conseqüente alagamento em alguns trechos em dias de chuva, carência de área verde tanto pública quanto privada, aumento da área exposta à radiação (em virtude da crescente verticalização), esgotamento da estrutura viária (em função da falta de estacionamento dentro dos lotes e a ocupação indevida dos canteiros centrais), entre outros.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar parte de uma dissertação de mestrado que objetivou caracterizar a forma urbana e as variáveis ambientais em um bairro de Natal/RN, em períodos climáticos característicos, investigando o conforto térmico no ambiente externo, e gerar faixas limites de conforto.

3 METODOLOGIA

3.1. Planejamento experimental para a pesquisa de campo

Tendo como universo de estudo o próprio bairro de Petrópolis e como população as variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos) e variáveis humano-biometeorológicas, foi realizado um detalhado planejamento experimental para a coleta de dados de campo que forneceram os subsídios necessários à análise estatística.

As medidas foram tomadas simultaneamente às 6h e às 13h, equivalendo conforme ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO (1998) aos horários de menor temperatura e maior umidade (5h) e maior temperatura e maior umidade (13h) durante o dia.

Foram medidos 10 pontos distintos, sendo 08 pontos dentro dos limites do bairro de Petrópolis e 02 outros, localizados em estações meteorológicas, um no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, portanto fora do bairro mas dentro da zona urbana da cidade do Natal; e outro no Aeroporto Internacional Augusto Severo, na cidade vizinha de Parnamirim (Figura 03).



Os instrumentos utilizados nas medições nas três baterias de medição foram 04 termo-higro-anemômetros digitais de marca Lutron, pertencentes ao LABCON da UFRN, que permitiram medir os valores das variáveis: temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos. A direção dos ventos foi verificada com o auxílio de pequenas bússolas e fitas plásticas.

Considerando o número de equipamentos disponíveis e o número de pontos de medições no bairro (oito), foram necessários dois pontos por instrumento, o que implicou num certo intervalo de tempo para deslocamento de pessoal de um ponto a outro entre a tomada das medidas. No entanto, GARCIA (1999) afirma que em cidades costeiras, como é o caso de Natal, onde a influência marinha com seu efeito termo-regulador torna reduzidas às amplitudes diárias, as medições efetuadas durante um certo intervalo de tempo podem ser consideradas simultâneas.

Simultaneamente a tomada de cada medição foram realizadas entrevistas com os usuários que transitavam nas proximidades de cada ponto. Objetivava-se averiguar (para posterior comparação) a sensação térmica das pessoas, e a opção em se questionar o “passante” foi uma forma de se evitar vícios de resposta continuada.

O número de entrevistas a serem realizadas foi discutido e aprovado, pelo consultor estatístico da Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN – CONSULEST, como suficiente para caracterizar a amostra, uma vez que os dados foram colhidos ao longo de um intervalo de quatro dias seguidos, em dois horários distintos. Sendo um formulário piloto aplicado em cada medida da segunda bateria (janeiro/ 2002) e dois formulários em cada medida da terceira bateria (junho/ 2003).

A elaboração destes formulários foi baseada no modelo proposto por Lutz Katzschner durante o minicurso “Conforto térmico em espaços urbanos externos” no VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, num total de 189 formulários, sendo 171 válidos. Está dividido em duas partes; uma que traz a caracterização do usuário questionado e outra que apresenta suas sensações térmicas. Este formulário está vinculado ainda à planilha de medição onde são anotados os dados das variáveis ambientais aferidas no mesmo horário das entrevistas (Figura 04).

PLANILHA DE MEDIÇÃO
 PONTO: _____ HORA: _____ DATA: _____
 MEDIÇÃO REALIZADA: () Na Sombra () No Sol
 CONDIÇÕES DE CEU: () Limpo () Parcialmente Encoberto () Encoberto

VARIÁVEL MEDIDA	VALOR ENCONTRADO
Temperatura do ar (°C)	
Umidade relativa (%)	
Velocidade dos ventos (m/s)	Min.: _____ Máx.: _____
Direção dos ventos (graus)	

FORMULÁRIO
PARTE I – CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO
 1) SEXO DO ENTREVISTADO: () Masculino () Feminino
 2) FAIXA ETÁRIA DO ENTREVISTADO:

Criança	Adolescente	(18-24)	(25-34)
(35-44)	(45-54)	(55-64)	>65

 3) O ENTREVISTADO É: () Magro () Normal () Gordo
 4) O ENTREVISTADO ESTÁ VESTINDO:

Meia calça	Meia fina	Calcinha/sutiã	Cueca	Camiseta, camisa camiseta camisa
Camiseta	Camisa curta	Camisa comprida, camisa camisa camisa	Vestido leve	Blusa fina
Blusa grossa	Jaqueta/paleto	Calça fina	Calça grossa	Sapato

 5) ELE ESTÁ:

Sentado/relaxado	De pé/parado	Atividade leve/andando
Atividade média de pé	Andando com peso	Correndo

PARTE II – SENSACÕES
 6) PARA VOCE NESTE MOMENTO O TEMPO ESTÁ:

Muito Frio	Frio	Confortável	Quente	Muito Quente
------------	------	-------------	--------	--------------

 7) INDIQUE AS SENSACÕES ASSOCIADAS A SUA RESPOSTA ANTERIOR:

Cond. Térmica	Insuportável	Adequada	Insuportável
Transpiração	Não	Pouco	Muito
Necess. Abanar-se	Não	Pouco	Muito
Necessidade de Encolher-se	Sim	Não	

 8) VOCE ESTÁ NO EXTERIOR HÁ MAIS DE 5 MINUTOS: () Sim, () Não

Figura 04 – Modelo de planilha de medição

O objetivo final das investigações neste campo bioclimatológico é de quantificar as sensações térmicas e estabelecer escalas que permitam determinar as respostas das pessoas ante uma condição climática específica, estabelecendo faixas de conforto térmico para os usuários dos ambientes externos. Isso foi possível através de uma análise estatística, do tipo fatorial multivariada, onde foi utilizado o aplicativo *Statística*. Os parâmetros adotados englobaram simultaneamente as temperaturas e umidades do ar encontradas; aliadas às entrevistas realizadas.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Perfil do usuário em conforto térmico

Analisando-se, separadamente, os usuários que responderam estar em conforto no momento da entrevista, a fim de traçar seu perfil, verificou-se que todos os percentuais máximos (de cada característica fisiológica dos entrevistados) apontam para a comprovação das afirmações levantadas no referencial teórico.

Foi encontrado que 56% dos entrevistados são do sexo masculino, 64% dos usuários tem massa corporal normal, o que também reafirma a idéia de que os magros sentem mais frio e os gordos mais calor; 42,7% das pessoas estavam sentadas/ relaxadas, o que também enfatiza que o metabolismo em desenvolvimento era baixo; a vestimenta do usuário em conforto variou de 0,2 a 0,7 clo – adequada, portanto, ao clima quente e úmido, e 64% deles encontram-se na sombra no momento da entrevista. Por fim, 36% dos usuários em conforto têm entre 25 e 34 anos (não sendo considerados idosos, que tendem a sentir mais frio). Vale ressaltar ainda que se entende que todos estes fatores atuaram em conjunto. Outro tipo de análise relacionou o dia e o ponto de medição com o usuário em conforto térmico a fim de encontrar alguma interação. Nos dois casos observou-se que a frequência se distribuiu de forma equilibrada, como se observa nas tabelas 01 e 02.

Tabela 01 – Relação dia de medição x quantidade de pessoas em conforto térmico

Dia	Nº pessoas	%
Domingo	17	22,7
Segunda	18	24
Terça	19	25,3
Quarta	21	28

Tabela 02 - Relação ponto de medição x quantidade de pessoas em conforto térmico

Ponto	Nº pessoas	%
01	11	14,7
02	10	13,3
03	08	10,7
04	07	9,3
05	10	13,3
06	09	12
07	09	12
08	11	14,7

Observa-se que não houve influência direta do dia ou do ponto de medição na resposta do usuário em conforto. Isso aparentemente pode contrariar o que vem sendo colocado em relação à existência de áreas no bairro mais quentes que outras, mas pode ser rebatido pela natureza da entrevista, que entrevistou pessoas que “passavam” nas proximidades dos pontos de medição, indo de algum lugar a outro, sem necessariamente permanecer ali, nem ter obrigatoriamente qualquer relação com o ponto no qual foi entrevistado.

Analisando-se a hora de medição confirma-se o esperado, ou seja, já que às 6h a temperatura do ar na cidade é mais amena que às 13h, esperava-se realmente que um maior número de pessoas em conforto térmico estivesse concentrado no início da manhã, e não mais tarde (tabela 03).

Tabela 03 – Relação hora de medição x quantidade de pessoas em conforto térmico

Hora	Nº pessoas	%
6h	46	61,3
13h	29	38,7

4.2. Parâmetros de conforto térmico para o bairro

Em relação à adoção de parâmetros de conforto térmico para o bairro, devem-se fazer inicialmente algumas considerações importantes, no que diz respeito ao método adotado para preenchimento e análise dos formulários, que influenciaram tanto no preenchimento dos dados quanto em sua análise:

1) A escala de cinco pontos adotada (muito frio – frio – confortável – quente – muito quente) sugerida pela metodologia, não se mostrou a mais adequada pois dificultou a análise estatística na medida em que, acredita-se, diminuiu a quantidade de pessoas “confortáveis” já que não constava uma opção intermediária (levemente quente ou levemente fria);

2) A representação de um ciclo de trabalho (atividade) por uma taxa de metabolismo é uma tarefa difícil já que a solicitação física, o método utilizado na execução da tarefa (além de outros fatores individuais), é muito particular (RUAS; LABAKI, 1999). Além disso, os tipos de atividades constantes no formulário restringiram-se aos existentes no programa adotado (*Analysis 1.5*), o que de certa forma já se constituiu numa “pré-seleção” dos entrevistados;

3) A composição do índice de resistência térmica resultou do somatório dos isolamentos das peças que compunham a vestimenta que o entrevistado usava, observada pelos pesquisadores e “enquadradas” numa lista fornecida pelo programa *Analysis 1.5*, o que pode também ter sido uma fonte de erro;

4) A resposta sensação térmica é muito complexa já que nela influenciam além das características fisiológicas dos usuários e fatores ambientais, valores sócio-culturais pessoais difíceis de precisar;

Outro aspecto a ressaltar é que a definição de parâmetros térmicos de conforto para o meio externo é bastante difícil pela grande quantidade de variáveis envolvidas – de impossível controle muitas vezes e, neste caso específico, pelo tamanho da amostra de dados válidos disponíveis, o que não permite adotar os resultados desta pesquisa como regra; mas tão somente como estudo de caso e contribuição metodológica para a aquisição da mesma em outros estudos.

Cruzando as informações acerca das pessoas que responderam estar em conforto térmico e das temperaturas e umidades medidas no momento das entrevistas, tem-se que a média da temperatura do ar foi de 27,3°C, com um desvio padrão de 3,1, uma mínima de 22,5°C e uma máxima de 34,5°C. Esses dados geram uma faixa de limite médio de conforto para a temperatura do ar entre 24,2°C e 30,4°C. A tabela 04 mostra os valores encontrados para cada ponto.

Esses dados foram encontrados através das estatísticas descritivas, e os limites máximo e mínimo foram definidos em função da distribuição normal percebida pela variável contínua temperatura do ar. Em função dessa distribuição, identificou-se que 95% dos dados da amostra pesquisada da temperatura estão entre os limites 24,2°C e 30,4°C. Esses valores foram obtidos pela subtração e adição do valor encontrado para o desvio padrão sobre a média da temperatura para cada um dos pontos. Portanto,

criou-se uma faixa limite de conforto térmico de 24,2^oC a 30,4^oC para a temperatura do ar. O mesmo método foi aplicado para os dados da umidade relativa e forneceu como resultado uma faixa limite de conforto térmico de 67% a 89% para os usuários do ambiente externo pesquisados (tabela 05).

Tabela 04 – Valores estatísticos de temperatura do ar em todos os pontos para as medições cujos entrevistados estavam em conforto térmico

Ponto	N^o ocorrências	Média da Temp.	Desvio Padrão	Temp. Mín. (°C)	Temp. Máx.(°C)	Intervalo (faixa de conforto) (°C)
01	11	27,5 ^o C	3	23	32,5	24,5 – 30,5
02	10	27,2 ^o C	3,6	23,1	32,6	23,6 – 30,8
03	08	28,6 ^o C	3	24,6	33,3	25,6 – 31,6
04	07	26,4 ^o C	2,6	22,5	28,4	23,8 – 28,4
05	10	28,3 ^o C	2,5	23,6	31,8	25,8 – 30,8
06	09	25,8 ^o C	2,6	23	29,8	23,2 – 28,4
07	09	27,3 ^o C	4	23,1	34,5	23,3 – 31,3
08	11	27 ^o C	3,5	22,7	34	23,5 – 30,5
Média	75	27,3^oC	3,1	22,5	34,5	24,2 – 30,4

Tabela 05 – Valores estatísticos de umidade relativa em todos os pontos para as medições cujos entrevistados estavam em conforto térmico

Ponto	N^o ocorrências	Média da Umid.	Desvio Padrão	Umid. Mín.	Umid. Máx.	Intervalo (faixa de conforto)
				(%)	(%)	(%)
01	11	79%	10,8	63	92	68 - 90
02	10	80%	12,6	61	95	67 – 93
03	08	73%	8,5	57	84	82 – 65
04	07	78%	8	67	90	70 – 86
05	10	76%	9,2	60	90	67 – 85
06	09	81%	9,5	67	93	72 – 91
07	09	79%	12,8	61	94	66 – 92
08	11	81%	14	48	94	67 – 95
Média	75	78%	10,8	48	95	67 - 89

Em se tratando de velocidade do vento é impreciso se determinar um intervalo significativo já que os dados variaram de 0,14m/s a 2,99m/s. Por outro lado, a direção predominante dos ventos é de aproximadamente 177 graus, dentro do quadrante Sudeste.

Vale destacar aqui que tanto a variável velocidade quanto direção dos ventos são muito suscetíveis a variações. A velocidade sofre influência de muitos fatores e a sua direção é modificada localmente por barreiras físicas naturais e/ou artificiais, o que implica em sugerir que não se adote um padrão, mas se façam observações *in loco* quando se necessitar utilizar alguma dessas variáveis.

Verificou-se ainda que a margem superior da faixa de conforto térmico estipulada como válida se enquadra no intervalo determinado para o período 1 – de verão, mais quente; bem como a margem inferior da mesma se enquadra no intervalo determinado para o período 2 – de inverno, mais frio (Tabela 06 e 07).

Tabela 06 – Valores estatísticos de temperatura do ar divididos por período de medição

Período	Média da Temp.	Desvio Padrão	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Intervalo (faixa de conforto)
	(°C)		(°C)	(°C)	(°C)
Verão (1)	29	2,3	25,5	34,5	27,3 – 31,3
Inverno (2)	26,3	3,1	22,5	32,6	23,2 – 29,4

Tabela 07 – Valores estatísticos de umidade relativa divididos por período de medição

Período	Média da Umid.	Desvio Padrão	Umid. Mín.	Umid. Máx.	Intervalo (faixa de conforto)
	(%)		(%)	(%)	(%)
Verão (1)	73	7,9	48	89	65 – 81
Inverno (2)	81	11	60	95	70 - 92

Conclui-se que a definição de faixas-limite de conforto térmico para ambientes externos através de análise estatística aliada a pesquisa de campo por meio de entrevistas é uma metodologia possível, embora deva ser suficiente e cuidadosamente abrangente em virtude da multiplicidade de variáveis envolvidas. Acredita-se por isso que este trabalho atingiu o objetivo a que se propôs, uma vez que a análise bioclimática por meio da caracterização do comportamento da forma urbana e das variáveis ambientais na área objeto de estudo, nos períodos climáticos característicos, bem como a investigação do conforto térmico no ambiente externo realizado em Petrópolis - Natal/ RN, geraram faixas limites de conforto térmico, e diretrizes de ocupação para o bairro, que podem subsidiar o planejamento urbano de maneira ambientalmente controlada.

5 REFERÊNCIAS

ANALYSIS 1.5. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em: dez.2001.

ARAÚJO, Eduardo H. S., MARTINS, Themis L. F., ARAÚJO, Virgínia M. D. **Dias típicos para o projeto térmico de edificações em Natal - RN**. Natal: EDUFRN, 1998.

GARCÍA, Maria C. M. **Climatologia Urbana**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999. Textos Docents – 160.

KATZSCHNER, Lutz. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, Salvador, 1997. **Anais...** Salvador: FAUFBA, ANTAC, 1997. p. 49-58.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL. **Perfil dos Bairros de Natal**. Natal: Instituto de Planejamento Urbano/IPLANAT/GERINT, 1998.

RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.

6 AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPq o financiamento da pesquisa.