

REVISÃO DA TAXA DE PERMEABILIDADE URBANA

Angelina D. L. Costa (1); Lucila Labaki (2); Virgínia Araújo (3); Wilton Queiroz

(1) UNICAMP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil –
Campinas/SP - e-mail: angelina@fec.unicamp.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNICAMP- Orientadora

(3) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - UFRN – Co-orientadora

(3) Departamento de Estatística – UFRN – Consultor estatístico

RESUMO

Traduzir em ações de planejamento urbano, resultados de análises bioclimáticas constitui-se em uma contribuição para o desenvolvimento sustentável. O atual desenvolvimento de planos diretores no Brasil é uma oportunidade de inserir questões de conforto nas práticas projetuais e no processo de planejamento. Em regiões de baixa latitude o revestimento horizontal das superfícies é um dos responsáveis pelo ganho térmico, o que sinaliza uma correspondente preocupação com o tipo de material empregado nas construções e com a área permeável dentro dos lotes, capaz de proporcionar efeitos microclimáticos. Assim, objetiva-se embasar uma taxa de permeabilidade urbana para uma cidade de clima quente e úmido, correlacionando-a a parâmetros de conforto térmico, na tentativa de subsidiar seu plano diretor, que hoje adota uma taxa de 20%. A metodologia utiliza dados de variáveis ambientais coletados em 20 pontos distribuídos na cidade e dados de uso do solo do entorno, que geraram mapas temáticos. A análise térmica intra-urbana evidenciou diferenças. A taxa em vigor considera a cidade inteira como tendo uma mesma configuração de ocupação; o que indica que esse parâmetro deve ser revisto. Constatou-se que são os pontos e não as regiões que influenciam nessa diferença de temperatura, o que justifica uma diferenciação nessa taxa.

ABSTRACT (12 PTS NEGRITO)

Translate actions of urban planning results of bioclimatic analyses are a contribution for the maintainable development. The current development of master plans in Brazil is an opportunity to insert comfort subjects in the projectual practices and in the planning process. In areas of low latitude the horizontal surfaces covering is one of the responsible for the thermal earnings, what correspondents a concern with the type of employed construction material and with the permeable area inside of the lots, able to provide microclimatic effects. It is aimed at to base a tax of urban permeability for a hot-humid climatic city, correlating it to parameters of thermal comfort, in the attempt of subsidizing the master plan, that today adopts a tax of 20%. The methodology uses data of environmental variables collected in 20 points distributed in the city and from land use, that generated thematic maps. The intra-urban thermal analysis evidenced differences. The tax in energy considers the whole city as tends a same occupation configuration; what indicates that that parameter should be reviewed. It was verified that are the points and no the city administrative regions that influence in that temperature difference, what justifies a differentiation in that tax..

1. INTRODUÇÃO

É um desafio inadiável além de uma grande dificuldade enfrentada pelos estudos em climatologia, e uma contribuição de importância para o desenvolvimento sustentável das áreas urbanas, traduzir os resultados de análises bioclimáticas realizadas em campo em ações aplicáveis de planejamento urbano. Aliado a isso, a conjuntura nacional de incentivo ao desenvolvimento de Planos Diretores, encabeçada pelo Ministério das Cidades, consiste em uma oportunidade de se inserir a preocupação com o conforto térmico nas práticas projetuais e no processo de planejamento das cidades.

Autores como Katzschner (1997) afirmam que o controle da poluição do ar e a obtenção de conforto térmico na cidade podem ter como ferramenta principal o planejamento urbano, que na prática é efetivado através mecanismos legais, como o Plano Diretor (instrumento básico da política de desenvolvimento urbano do Município); especialmente através das prescrições urbanísticas que normalizam a forma de uso e ocupação dos lotes, atuando dessa maneira em uma micro-escala.

Por outro lado, regiões de baixa latitude têm na composição do revestimento horizontal de suas superfícies um dos responsáveis pelo ganho térmico, o que sinaliza uma correspondente preocupação com o tipo de material empregado nas construções e principalmente, com a área permeável dentro dos lotes capaz de proporcionar efeitos microclimáticos benéficos.

Nesse sentido, esse artigo objetivou embasar a taxa de permeabilidade urbana para uma cidade de clima quente e úmido no litoral oriental nordestino, Natal/RN, correlacionando-a a parâmetros de conforto térmico; na tentativa de subsidiar seu Plano Diretor, que hoje adota como valor geral 20% de área a ser deixada permeável; é parte de uma tese em andamento mas já aponta conclusões interessantes.

2. OBJETO DE ESTUDO

A cidade objeto de estudo situa-se na região Nordeste do Brasil, ocupando a porção central do litoral oriental do Rio Grande do Norte; e apresenta um clima do tipo quente e úmido. Sua latitude (5^oS) expõe-na a um balanço térmico positivo permanente, entretanto, suas médias compensadas anuais, relativamente elevadas, são atenuadas pelos ventos alísios que sopram, regularmente, no litoral. Assim, o sol incide quase perpendicularmente durante todo o ano, fazendo com que o tipo de material escolhido para revestir pisos e coberturas (no plano horizontal) tenha papel fundamental na composição de microclimas.

A temperatura do ar é bastante elevada e constante, com a máxima chegando a 37°C, e uma pequena amplitude térmica diária de no máximo 6°C e anual em torno de 14°C, com uma leve baixa nos meses de abril a setembro; sendo mais amena à noite. A umidade relativa do ar é elevada, 80% em média, e o ar ainda possui baixo teor de partículas poluentes em suspensão. O período de chuvas é indefinido, mas atinge maiores índices entre os meses de julho e agosto (MASCARÓ, 1991). É imprescindível na caracterização do clima urbano da região, a observação do caminho do vento proveniente do mar, um agente importante na amenização climática, aumentando a perda de calor por evaporação. Em Natal os ventos são constantes na direção Sudeste (em torno de 150°), e tem velocidade média de 5m/s (ARAÚJO; MARTINS; ARAÚJO, 1998).

No clima úmido, muita energia é usada na evaporação, e menos no aquecimento de superfícies e do ar. As áreas vegetadas e os corpos d'água urbanos influenciam nas trocas de calor latente e na transformação da radiação solar absorvida; que em áreas urbanas sofrem uma grande diminuição, em favor de trocas de calor sensível, devido ao processo sistemático de impermeabilização do solo, canalização das águas superficiais e diminuição da cobertura vegetal

Em relação ao seu planejamento urbano, desde o século passado há uma preocupação ambiental na cidade, observada ao longo dos vários planos urbanísticos que tratavam dos aspectos físico-territoriais da cidade como o Plano Polidrelli, em 1901, o Plano Palumbo, em 1929, e o Plano Saturnino de Brito – Sistematização de Natal, em 1935. O Plano Serete, elaborado em 1968, foi transformado em lei como o primeiro Plano Diretor, somente em 1974, com Lei Nº 2211/74. Na década seguinte, foi promulgado o Plano Diretor Físico- Territorial do Município de Natal, Lei Nº 3175/84. Este foi revisto e atualizado, sendo substituído, em 1994, pelo Plano Diretor de Natal – Lei Nº 07/94, com alterações regulamentadas pelas Leis Nº 020/99 e 022/00.

Nos últimos 02 anos ocorreram inúmeras discussões em revisão a Lei Complementar Nº 07/1994 (PMN, 1994) em vigor, e foi elaborada uma nova proposta pela Secretaria Especial de Meio Ambiente e Urbanismo – SEMURB da cidade do Natal, em vias de aprovação. Alguns conceitos são importantes para a compreensão:

Área Permeável - a área do lote onde é possível infiltrar no solo as águas pluviais, limitada em no mínimo a 20% do terreno;

Taxa de Impermeabilização - o índice que se obtém dividindo a área que não permite a infiltração de água pela área total do lote. Quanto a Taxa de Impermeabilização máxima permitida no Município, o Art.32 do Plano Diretor de Natal (PMN, 2006) diz que será de 80% (oitenta por cento). O artigo ressalva ainda que as águas pluviais que incidem em cada lote deverão ser infiltradas no mesmo, através de infiltração natural ou forçada, admitindo-se dispositivo extravasor para o escoamento de precipitações atípicas. A taxa de permeabilidade é o inverso dessa, ou seja: obtém-se dividindo a área não impermeabilizada (que permite a infiltração de água) pela área total do lote, que deve ser de 20%, no mínimo.

A cidade é dividida ainda em Zona de Adensamento Básico, Zona Adensável e Zona de Proteção Ambiental (PNM, 2006). A Zona de Adensamento básico é aquela onde se aplica, estritamente o coeficiente de aproveitamento básico; que para usos não residenciais é de 1.4 para todos os terrenos contidos na Zona Urbana; e para os usos residenciais, incluindo os hotéis residência, é de 1.0 para todos os terrenos contidos na Zona Urbana; não sendo computadas no cálculo do coeficiente as áreas de garagem. A Zona Adensável é aquela onde as condições do meio físico, a disponibilidade de infraestrutura e a necessidade de diversificação de uso, possibilitem um adensamento maior do que aquele correspondente aos parâmetros básicos de coeficiente de aproveitamento. Áreas Especiais são porções da Zona Urbana situadas em zonas adensáveis ou não, com destinação específica ou normas próprias de uso e ocupação do solo, compreendendo: Áreas de Controle de Gabarito, Áreas Especiais de Interesse Social e Áreas de Operação Urbana. As zonas proteção ambiental são 10 áreas distribuídas na cidade de grande importância ambiental, para garantir a proteção, manutenção e recuperação de seus recursos naturais (PMN, 2006). A figura 1 apresenta os mapas desse macrozoneamento e regulamentação.

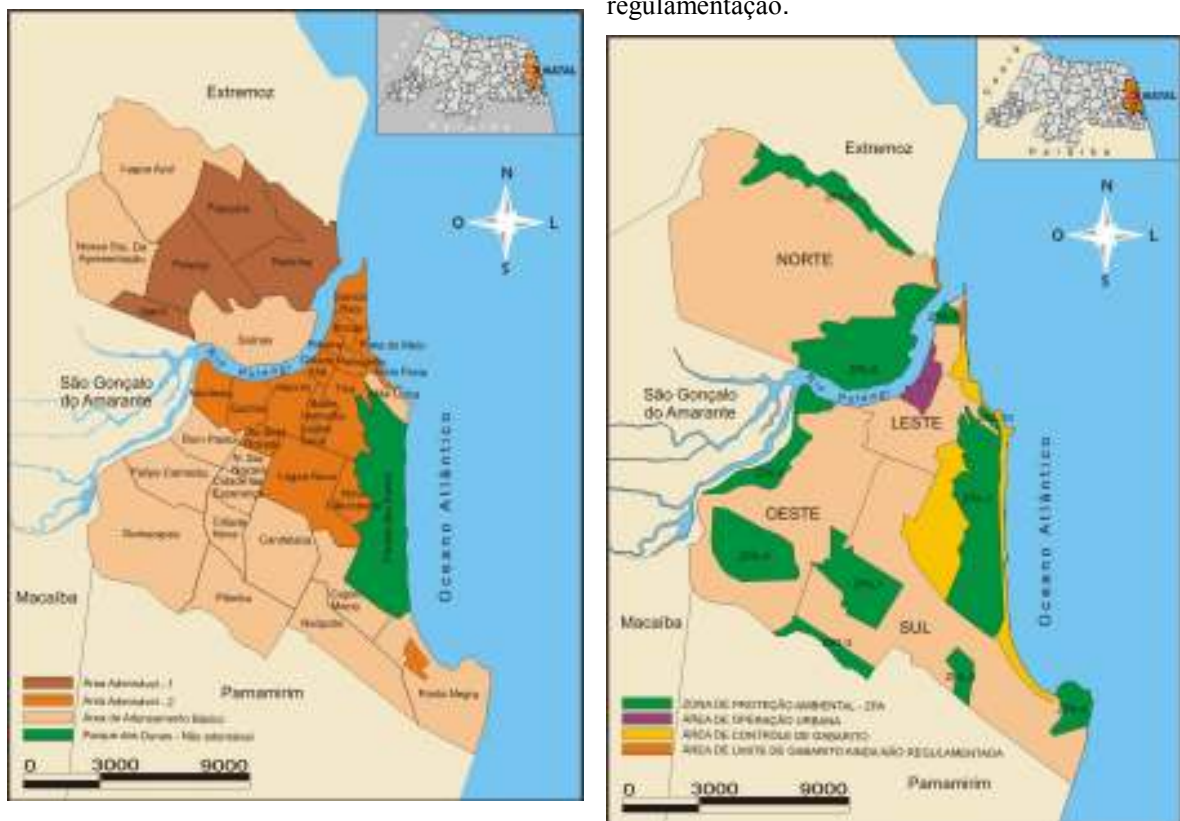


Figura 1 - Mapas do macrozoneamento e das áreas de regulamentação especial da cidade

Fonte: Adaptado de PMN-SEMURB (2005)

Embora sejam visíveis as indicações que apontam para a defesa do meio ambiente na cidade, o Plano Diretor de Natal nem sempre é respeitado em função de uma grande pressão imobiliária, responsável pelo avanço da expansão da ocupação sobre áreas de preservação ambiental.

3. METODOLOGIA

Foram feitas medições de campo durante os meses de fevereiro e junho de 2006, por 07 dias para cada período climático característico de verão e de inverno respectivamente. Os registros ocorreram de 30 em 30 minutos em dias típicos. Com equipamentos do tipo *loggers*, sendo: 11 *Testo* 175-177, Testostor (de propriedade da UNICAMP), 06 *Hobo* H8, Onset Technical Support (03 da UNICAMP e 03 da UFRN) e 03 Estações Meteorológicas da Davis (da UFRN); que registraram as variáveis: temperatura do ar e umidade relativa do ar, todos calibrados.

Foram escolhidos 20 pontos distribuídos na cidade, em função da disponibilidade de equipamentos para a pesquisa, da segurança para os mesmos e da diversidade de uso do solo no entorno, sendo 19 em sites e 01 ponto de referência (EST REF); distribuídos por região (04 na Região Norte, 10 na Região Sul, 04 na Região Leste e 02 na Região Oeste) (Figura 2).



Figura 2 – Mapa com localização dos pontos de coleta

Reconhece-se a importância que as variáveis velocidade do ar e direção dos ventos têm no tipo de clima estudado, entretanto, sua verificação não foi possível em todos os pontos em função da falta de instrumentos adequados. Neste sentido, procurou-se incluir esse fator “influência” adotando-se uma composição de área de entorno dos pontos de coleta que fosse maior no quadrante Sudeste, fato justificado por inúmeros autores (OKE, 2004, GRIMMOND, 2006, etc).

Os dados espaciais, constituídos pelas variáveis físicas da área de entorno dos pontos de coleta foram observados em relação ao tipo de uso, a densidade construída, a altura das edificações, o tipo de revestimento/ revestimento de coberturas e pisos, a existência de áreas verdes e a topografia.

A análise do uso e ocupação do solo na cidade contou com o auxílio de uma imagem de alta resolução do satélite IKONOS II. Com base na análise interpretativa preliminar da imagem, auxiliada por visitas *in loco* e pelo conhecimento prévio da pesquisadora das áreas de estudo, cada área de 0,31km², no

entorno (área de influência) dos 20 pontos de coleta, foi classificada quanto ao tipo de recobrimento horizontal (piso e cobertura).

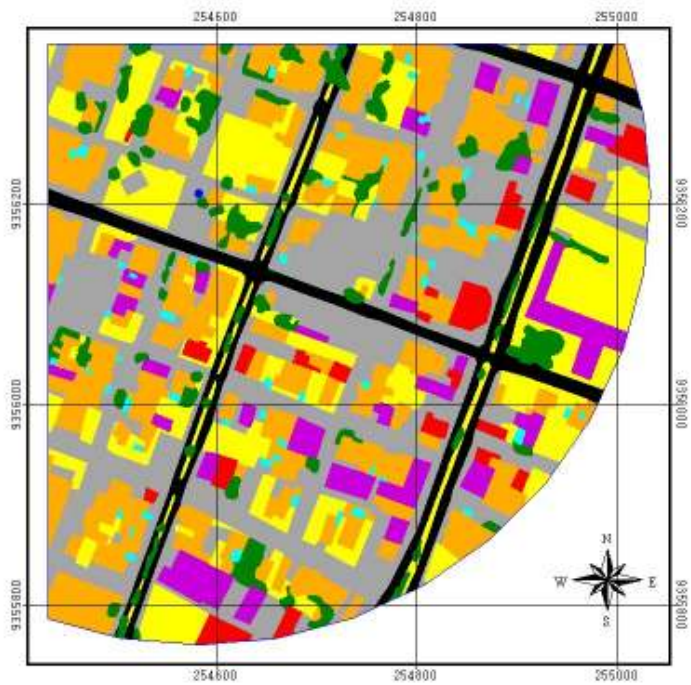
Foram definidas inicialmente as seguintes classes temáticas para os tipos de revestimento do solo, como representativas da realidade encontrada: cobertura com cerâmica, cobertura com amianto, cobertura metálica, corpos d' água 1 (lagoa/mar), corpos d' água 2 (piscinas/espelhos d' água), pavimento asfáltico, pavimento de concreto/calçamento, área com solo exposto/ vegetação rasteira, áreas com vegetação arbórea. A partir daí foi realizada uma Classificação Supervisionada, no *software Arcview*, pelo método de Máxima Verossimilhança no intuito de se identificar na imagem essas possíveis classes de uso e ocupação do solo. Em seguida, foram calculadas as porcentagens de cada classe para cada entorno dos pontos de forma a considerar na composição da resultante da variável temperatura do ar (medida *in loco*) as variáveis de maior presença.

4. RESULTADOS DA ANÁLISE

As quantidades de área permeável e impermeável existentes no entorno de cada ponto de coleta podem ser vistas na tabela 1. Nela observa-se que a área permeável variou de 8,42% (no entorno do Ponto J) a 83,57% (área do Ponto D) – uma diferença quase 10 vezes maior, reiterando a idéia de que as áreas estudadas são bastante distintas no que diz respeito a sua ocupação (Figura 3).

Tabela 1 – Porcentagem de área permeável e impermeável por ponto, por região e temperatura média.

REGIÃO	PONTO	% de ÁREA PERMEÁVEL	% de ÁREA IMPERMEÁVEL	Temperatur a média (°C)
Norte	N	63,21	36,21	26,7
	O	33,84	66,16	26,7
	P	40,53	59,47	26,9
	Q	13,63	86,37	27,5
	<i>Média</i>	<i>37,80</i>	<i>62,20</i>	-
Sul	EST REF	60,85	39,15	26,7
	EST 03	66,99	33,01	26,5
	G	55,14	44,86	26,8
	C	20,63	79,37	26,7
	A	45,58	54,42	27
	F	25,04	74,96	27,2
	B	45,58	54,42	27,2
	E	46,41	53,59	27,5
	D	83,57	16,43	26,8
	K	79,5	20,5	27,9
	<i>Média</i>	<i>52,93</i>	<i>47,07</i>	-
Leste	EST 027	18,51	81,49	27,7
	H	10,22	89,78	27,2
	I	30,94	69,06	27,7
	J	8,42	91,58	27,7
	<i>Média</i>	<i>17,02</i>	<i>82,98</i>	-
Oeste	L	26,55	73,45	26,7
	M	23,49	76,51	27,3
	<i>Média</i>	<i>25,02</i>	<i>74,98</i>	-

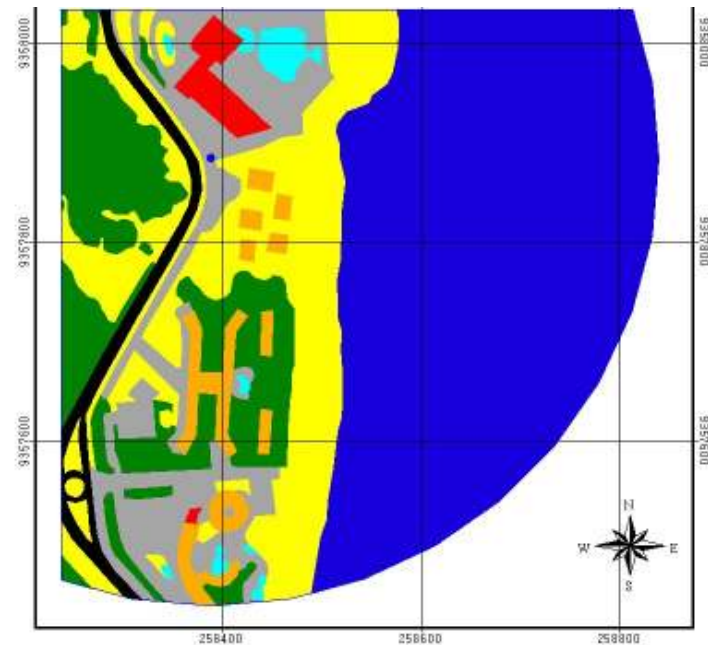


LEGENDA:

- Ponto de coleta
- Entorno do ponto F e ocupação do solo:
- Uso
- Cobertura cerâmica
- Cobertura de anilato
- Cobertura metálica
- Corpos d'água 1 (piscinas / espelhos d'água)
- Corpos d'água 1 (riar / lagoa)
- Pavimento asfáltico
- Pavimento de concreto / calçamento
- Solo exposto / vegetação rasteira
- Área com vegetação

100 0 100 200 metros

Mapa elaborado a partir da interpretação da imagem do satélite Ikonos 2 do ano de 2003, atualizadas por fotografia aérea datada de 2005.



LEGENDA:

- Ponto de coleta
- Entorno do ponto K e ocupação do solo:
- Uso
- Cobertura cerâmica
- Cobertura de anilato
- Cobertura metálica
- Corpos d'água 1 (piscinas / espelhos d'água)
- Corpos d'água 1 (riar / lagoa)
- Pavimento asfáltico
- Pavimento de concreto / calçamento
- Solo exposto / vegetação rasteira
- Área com vegetação

100 0 100 200 metros

Mapa elaborado a partir da interpretação da imagem do satélite Ikonos 2 do ano de 2003, atualizadas por fotografia aérea datada de 2005.

Figura 3 – Mapas temáticos com classificação supervisionada

Analisando-se em conjunto a quantidade de área permeável encontrada no entorno de cada ponto estudado, quando observados em ordem crescente, associadas a sua localização espacial na cidade, observam-se algumas tendências:

- na porção mais central da cidade (Região Leste) estão localizadas as áreas de entorno com menor percentual de área permeável, inferior a 20%. É a área de ocupação mais antiga e mais densa da cidade, onde os lotes são pequenos e quase que totalmente ocupados; é ainda a área cujos acessos são quase que totalmente pavimentados com asfalto. Incluem-se aí os entornos dos pontos J (com apenas 8,42% de área permeável), H (com 10,22%), e EST027 (com 18,52%). O entorno do ponto Q (que detém 13,63% de área permeável), apesar de localizado na Região Norte também se enquadra nesse grupo.

- Na Região Sul estão os entornos dos pontos K (79,5%) e D (83,57%), localizados entre o mar e o Parque das Dunas são os únicos que possuem a presença de grande massa d'água na composição de seu entorno, no entanto, os dois pontos possuem situações bastante específicas no que diz respeito a implantação do terreno onde se encontraram os equipamentos.

- Os pontos G (55,14%), EST REF (60,85%), N (63,21%) e EST03 (66,99%) têm todos grandes áreas livres no seu entorno, com vegetação e solo exposto, o que pode favorecer a amenização climática.

Os demais pontos, cujo entorno tem área permeável entre 20,63% e 46,41% do seu total (Pontos A, B, C, E, F, I, L, M, O e P), não possuem características físicas semelhantes relevantes. Sua relação poderá ser melhor compreendida quando associadas aos registros das variáveis climáticas coletadas.

Pode-se ainda observar que na Região Leste, que tem a ocupação mais consolidada a quantidade de área permeável é menor, na Região Sul, que detém grandes lotes a área permeável é maior, e ocorre o inverso na Região Oeste.

A taxa de permeabilidade proposta na revisão do Plano Diretor em vias de ser aprovado é de 20% para toda a cidade. Valor esse que parece ter sido estipulado sem qualquer embasamento teórico, e que considera a cidade inteira como tendo uma mesma configuração de ocupação do solo. Ora, como se comprovou ao longo desse trabalho a cidade detém uma ocupação diferenciada de seu solo, o que *per si* indica que esse parâmetro deve ser revisto. O que se pretende é que, partindo-se do princípio da existência tanto de infra-estrutura quanto de ocupação diferenciados, se diferencie também a taxa de permeabilidade de forma se ter um reflexo maior no comportamento térmico microclimático e, portanto, um benefício em termos de conforto ambiental para a população que ocupa esses espaços – no nível do lote.

Em um primeiro momento acreditou-se que poderia ser proposta uma taxa distinta para cada região administrativa, fato que foi reavaliado em virtude da constatação de que são os pontos e não as regiões que influenciam nessa diferença de temperatura. A análise dos dados separados por regiões administrativas mostra que há pouca diferença entre as mesmas: região Norte (28,7°C – 68%), região Leste (28,9°C – 69%), região Oeste (28,8°C – 74%) e região Sul (28,5°C – 72%), estando a diferença de valores melhor relacionada aos pontos de coleta. Isso fica evidente quando analisada em separado a região Sul, que teve 10 pontos pesquisados e apresentou os maiores e menores valores encontrados; o que quer dizer que os fatores determinantes da variação de temperatura do ar e da umidade relativa do ar não estão perfeitamente separados por região, mas relacionados aos pontos de coleta e seus entornos

Na tentativa de construir um índice envolvendo as variáveis de revestimento pesquisadas que tenham correlação com a temperatura do ar observou-se que das componentes impermeáveis pesquisadas influenciam: Cobertura de amianto, Pavimento de concreto-calçamento e Pavimento asfáltico; já das componentes permeáveis influenciam: Solo exposto/ vegetação rasteira e Área com vegetação arbórea. Isso deixa de fora as variáveis: cobertura com cerâmica, cobertura metálica, corpos d' água 1 (lagoa/mar), corpos d' água 2 (piscinas/espelhos d'água), que não apresentaram relação significativa com a temperatura do ar.

O índice proposto na equação 1 coloca no numerador as variáveis impermeáveis, que devem contribuir positivamente para o aumento da temperatura e no denominador as permeáveis que devem contribuir negativamente para esse aumento. Assim tem-se que:

Eq.1

$$IOc = \frac{\prod_{r>0} (1 + IMPERMEAVEIS_k)}{\prod_{r<0} (1 + PERMEAVEIS_k)}$$

O Índice de Ocupação - IOc é coerente mas apresenta baixas correlações, o que indica que se deve considerar estação e turno. Suas correlações mais significativas com a temperatura do ar média nos pontos ocorreram na madrugada e noite do período de verão, e na noite do período de inverno.

Na tabela 2 7 estão apresentados os valores calculados do IOc por ponto de coleta. Ele variou de 0,09 para o ponto P a 257,14 para o ponto J; observa-se que quanto maior for o valor do índice, maior será a contribuição das componentes do numerador (área impermeável) para o aumento da temperatura do ar, isso quer dizer que nos pontos: J e H, que tem os maiores valores de IOc a impermeabilização contribuiu mais para a elevação da temperatura do ar encontrada, que por exemplo nos pontos P, G, ESTREF, B e D.

Tabela 7 – IOc por ponto

Ponto	IOc
P	0,09
G	0,10
EST REF	0,12
B	0,13
D	0,15
A	0,23
N	0,23
K	0,35
O	0,45
EST 027	0,73
L	2,14
E	2,78
M	12,16
I	15,10
C	16,65
EST 03	23,07
Q	28,02
F	36,83
H	114,73
J	257,14

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A permeabilidade do solo aparece na legislação sempre relacionada a questão da drenagem urbana (TUCCI & ORSINI, 2004) quando na verdade poderia também associar-se a parâmetros de conforto térmico no nível do lote, enfatizando seu poder de amenização microclimática como fator importante e possível de ser implementado pelo cidadão comum, que consciente dessa realidade pode adotar uma postura diferente do comum e deixar as áreas do entorno da edificação permeáveis. Assim, a manutenção de área permeável no lote deve estar aliada a educação ambiental.

Este trabalho continua em andamento, mas já indica que existem formas possíveis de associar a temperatura do ar média para um determinado ponto da cidade com a ocupação do entorno do mesmo. Considera-se importante ainda ressaltar que a taxa de permeabilidade não deve ser única para toda a cidade, uma vez que essa ocupação é diferenciada. Está sendo estudada a diferenciação nessa taxa agrupando-se os bairros pesquisados onde o IOc é semelhante e relacionando-o com a classificação prevista no macrozoneamento quanto a seu adensamento.

REFERÊNCIAS

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

GRIMMOND, C.S.B. (2006) "Progress in measuring and observing the urban atmosphere". In: *Theoretical and Applied Climatology*. Áustria: s. ed., 2006. v. 84, 3-22

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.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. (1991) *Energia na Edificação*. 2. Ed. São Paulo: Projeto Editores Associados.

OKE, T.R. (2004) Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report , TD. in press, World Meteorological Organization, Geneva.

PMN – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo - SEMURB. **Plano de arborização para o município do Natal**: proposta preliminar. Natal/RN, 2004

PMN – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo - SEMURB. **Anuário Natal 2005**. Natal, 2005.

TUCCI, Carlos E. M e ORSINI, Luiz Fernando (Ministério das Cidades) Programa de Drenagem Urbana Sustentável, , www.cidades.gov.br/sns 2004