

PERMEABILIDADE URBANA COMO PRINCÍPIO DE PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL

Angelina Dias Leão Costa (1)

(1) Dra., Arquiteta e Urbanista – Professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFRN e Pesquisadora DCR do CRN-INPE/ FAPERN
angelinadlcosta@yahoo.com.br

RESUMO

Proposta: O planejamento ambiental incorpora a perspectiva do desenvolvimento sustentável e um de seus instrumentos é o Plano Diretor Ambiental que fornece subsídio para uma política de desenvolvimento municipal enfocando uso e a ocupação da terra e infra-estrutura. Método de pesquisa/Abordagens: Este artigo expõe uma metodologia resultante de uma tese que pretende embasar a revisão da Taxa de Impermeabilização, um dos mecanismos do Plano que contempla aspectos de conforto ambiental; já que pode provocar alterações microlimáticas no meio ambiente urbano, tornando-se importante princípio de sustentabilidade urbana. Resultados: Em Natal/RN no litoral nordestino, a Taxa prevista e recém aprovada é de 80% do lote para toda a cidade. Contudo o uso e ocupação, e a infra-estrutura são diferenciadas e isso implica na formação de inúmeros microclimas; o que indica que esse parâmetro seja revisto. Assim, sugere-se que se diferencie a taxa de permeabilidade, o que se reverteria em benefício em termos de conforto ambiental no nível do lote. Depois de analisar 20 pontos da cidade, localizados em 17 bairros caracterizando-os quanto aos aspectos físicos e de ocupação do entorno numa área de 0,31km², e realizar medições de campo das variáveis ambientais em 02 épocas características distintas, constatou-se que as áreas são diferentes também quanto ao comportamento térmico; por isso foi feito um agrupamento integrando-as em 04 grupos. Quanto maior a densidade, maior o Indicador de Composição de Revestimento horizontal (ICR) e menor foi a área permeável nos grupos. Contribuições/Originalidade: Concluiu-se ainda que para uma temperatura do ar de 28,81°C (período de verão) e 25,50°C (inverno), a área permeável deveria ser de 26%, com densidade de 73,31 hab/ha e um ICR=39,11. Assim, a taxa de impermeabilização de 80% hoje em vigor pode ser mantida para os bairros dos grupos G3 e G4 (com permeável maior que 20%); mas que tem que ser revista para G1 e G2.

Palavras-chave: taxa de impermeabilização, comportamento térmico, indicador de composição de revestimento horizontal

ABSTRACT

Propose: The planning incorporates the perspective of sustainable development and one of its instruments is the Master Environmental Plan which provides grant for a development policy focusing on municipal use and occupation of land and infrastructure. Methods: This article presents a methodology resulting from a thesis you want the review of the rate sealing, one of the mechanisms of the plan that includes environmental aspects of comfort, as it can cause changes in microlimatic urban environment. Findings: In Natal/ RN on the northeast coast, the rate provided in newly approved is 80% of the lot for the whole city. However the use and occupation, and infrastructure are differentiated and this implies the formation of numerous microclimates, which indicates that the parameter have to be reviewed. Thus, it is suggested that if differentiate the rate of permeability (the inverse of waterproofing), which transformer the benefit in terms of environmental comfort in the level of the lot. After reviewing 20 points of the city, located in 17 districts characterizing them as to

the physical and occupation of the site in an area of 0,31 km², and taking fields measurements of environmental variables in the 02 seasons with distinct characteristics, it was found that different areas are also on the thermal behavior, so it has been made a cluster (the cluster analysis) integrating them into 04 groups. The higher the density, the greater the indicator of Coating Composition of horizontal (ICR) in the area was less permeable in groups. Originality/value: It was concluded that even for an air temperature of 28.81 ° C (summer period) and 25.50 ° C (winter), a permeable area should be 26%, with density of 73.31 hab / ha and an ICR = 39.11. Thus, the sealing rate of 80% into force today can be maintained for the districts of the groups G3 and G4 (with permeable greater than 20%), but it needs to be revised to G1 and G2.

Keywords: impermeabilization tax, ICR, microclimate urban environmet

1 INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental incorpora a perspectiva do desenvolvimento sustentável, preocupando-se com a manutenção de estoques de recursos naturais, com a qualidade de vida e o uso adequado do solo, além de aspecto da conservação e preservação dos sistemas naturais (SANTOS, 2004). Um de seus instrumentos é o Plano Diretor Ambiental, que fornece subsídio para uma política de desenvolvimento do município enfocando o uso e a ocupação da terra e provisão de infra-estrutura, dentre outros aspectos.

Um conceito importante para a sustentabilidade urbana é o de área permeável dentro do lote, ou seja, aquela deixada livre de construções, onde é possível infiltrar no solo as águas pluviais. Já a Taxa de Impermeabilização é o índice que se obtém dividindo a área que não permite a infiltração de água, pela área total do lote.

Na cidade do estudo de caso a área permeável é limitada pela legislação municipal a no mínimo 20% do terreno; uma vez que a Taxa de Impermeabilização máxima permitida no Município, é de 80% e seu descumprimento constituirá infração ambiental de natureza grave, sujeitando o infrator à penalidade de multa e à demolição da obra, além da determinação para reversão à situação anterior. O Plano ressalva ainda que as águas pluviais que incidem em cada lote deverão ser infiltradas no mesmo, através de infiltração natural ou forçada.

Este artigo objetiva expor uma metodologia resultante de uma tese de doutorado que subsidia a inserção de princípios de sustentabilidade urbana no Plano Diretor, associando a impermeabilização do solo com a elevação da temperatura do ar no entorno microclimático; e o inverso também, ou seja, a permeabilidade do mesmo, com a possibilidade de se provocar alterações microlimáticas no meio ambiente urbano (como por exemplo, de amenização da temperatura do ar).

2 METODOLOGIA APLICADA

A metodologia pode ser dividida em 02 partes, a coleta dos dados em campo das variáveis ambientais e das características físicas de cada um e a análise dela advinda, que possibilitou a formulação de algumas propostas visando a sustentabilidade do espaço urbano em questão.

Foram analisados 20 pontos da cidade (nomeados de A a Q), localizados em 17 bairros distintos (dos 36 existentes) caracterizando-os quanto aos aspectos físicos e de ocupação do entorno numa área de 0,31km², e realizadas medições de campo das variáveis ambientais em 02 épocas características distintas (Figuras 1 e 2). Em seguida foi feito um agrupamento por análise de cluster que juntou os pontos em 04 grupos, co-relacionados estatisticamente considerando-se aspectos físicos (divididos em área permeável e impermeável) e os resultados das medições.

Foram considerados aspectos levantados por OKE (2004) e GRIMMOND (2006), que defendem a inserção da variável ventilação como de suma importância para tipo de clima estudado. Sabendo-se que na cidade objeto de estudo predomina a direção Sudeste adotou-se uma composição de área de entorno dos pontos de coleta maior nesse quadrante, conforme foi apresentado em COSTA (2007).

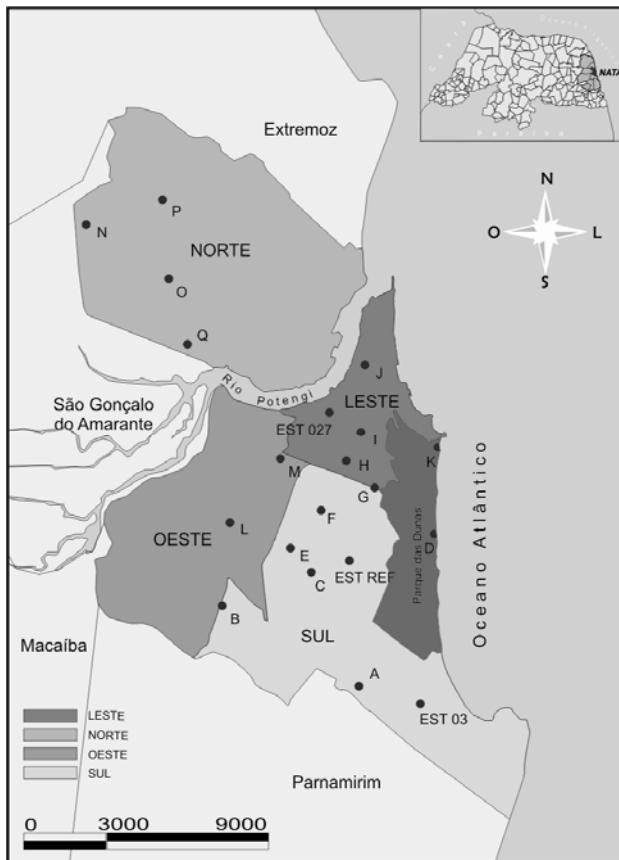


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta de dados na área urbana de Natal.

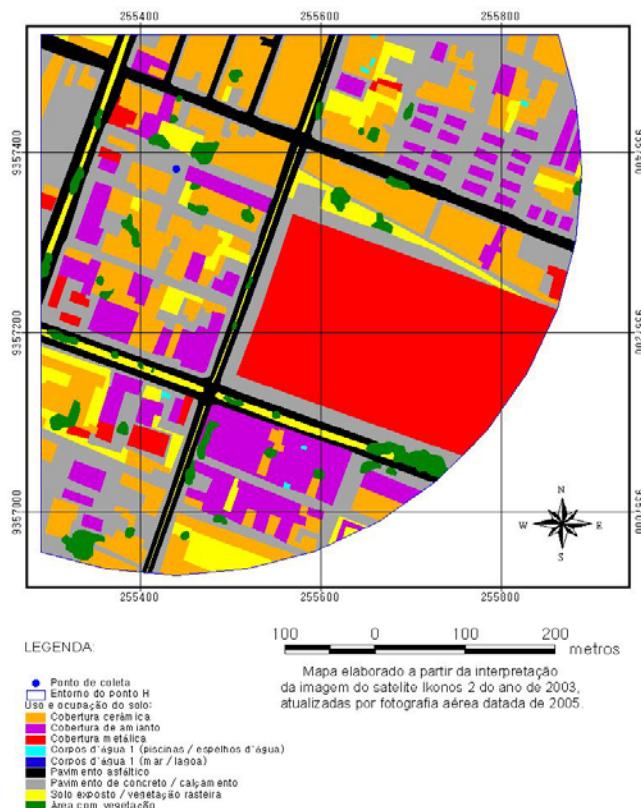


Figura 2 – Mapa do entorno analisado em um dos pontos de coleta.

A partir da análise foi proposto um indicador que associa a temperatura do ar com a permeabilidade do solo, chamado de ICR – Indicador de composição de revestimento horizontal; e foi feito o mapeamento térmico da cidade, através da krigagem que o correlacionou com as áreas da cidade, deixando clara algumas evidências microclimáticas.

Na tentativa de construir um indicador envolvendo as variáveis de revestimento existentes que tenham correlação com a temperatura do ar, com base nos dados coletados, observou-se que, das componentes impermeáveis pesquisadas: Cobertura de amianto, Pavimento de concreto-calçamento e Pavimento asfáltico influenciam no incremento da temperatura do ar; já das componentes permeáveis: Solo exposto/ vegetação rasteira e Área com vegetação arbórea, influenciam na amenização microclimática. Isso exclui as variáveis: cobertura com cerâmica, cobertura metálica, corpos d' água 1 (lagoa/ mar), corpos d' água 2 (piscinas/ espelhos d'água); que não apresentaram influência significativa nos resultados. Multiplicando-se essas variáveis, o indicador proposto na equação 1 coloca no numerador as impermeáveis, que devem contribuir positivamente para o aumento da temperatura do ar e no denominador as variáveis permeáveis que devem contribuir negativamente para esse aumento (eq.1).

(eq. 1)

$$ICR = \frac{\prod_{r>0} (1 + IMPERMEAVEIS_K)}{\prod_{r<0} (1 + PERMEAVEIS_K)}$$

O Indicador de Composição de Revestimento Horizontal - ICR nos pontos pesquisados variou de 0,09 a 257,14; observa-se que quanto maior for o valor do índice, maior será a contribuição das componentes do numerador (área impermeável) na composição do revestimento horizontal, isso quer dizer que nos pontos que tem os maiores valores de ICR a impermeabilização está mais presente que nos demais.

Fez-se ainda uma tentativa de relacionar o ICR calculado com a densidade permitida em cada bairro representado por pontos distintos, e com a temperatura média do ar coletada. Primeiramente fez-se um agrupamento de pontos a partir de análise de cluster que analisou em conjunto a densidade, o valor calculado de ICR, a área permeável, a temperatura do ar média de verão e a temperatura do ar média de inverno, chegando a 04 grupos homogêneos. A tabela 1 traz os valores médios das variáveis que entraram no agrupamento.

3 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os resultados encontrados por grupo e a figura 3 os reitera. Observa-se que quanto maior a densidade, maior o ICR e menor a área permeável nos grupos. O grupo G1' que apresenta maior valor de densidade, maior valor de ICR e menor quantidade de área permeável, também apresenta os maiores valores de temperatura média do ar no verão e no inverno, o inverso ocorre para o G4'; o que mostra a coerência do agrupamento feito.

Analizando-se a média é possível concluir que para que a temperatura do ar mantenha-se no período de verão em torno de 28,81°C e no inverno em torno de 25,50°C, a área permeável deveria ser de 26%, para uma densidade de até 73,31 hab/ha e um ICR de 39,11

Tabela 1 – Valores médios das variáveis que entraram no agrupamento

Grupo	Densidade (hab/ha)	ICR	Área Perm. (%)	Temp. Méd. Verão (°C)	Temp. Méd. Inverno (°C)
G1' (J – H)	91,14	185,94	9,32	29,06	25,84
G2' (F – Q)	85,85	32,43	19,34	28,96	25,77
G3' (C-EST027- L-M-O)	78,47	6,43	24,60	28,76	25,31
G4' (A – B – P)	44,46	0,15	43,90	28,63	25,42
Média	73,31	39,11	26,00	28,81	25,50

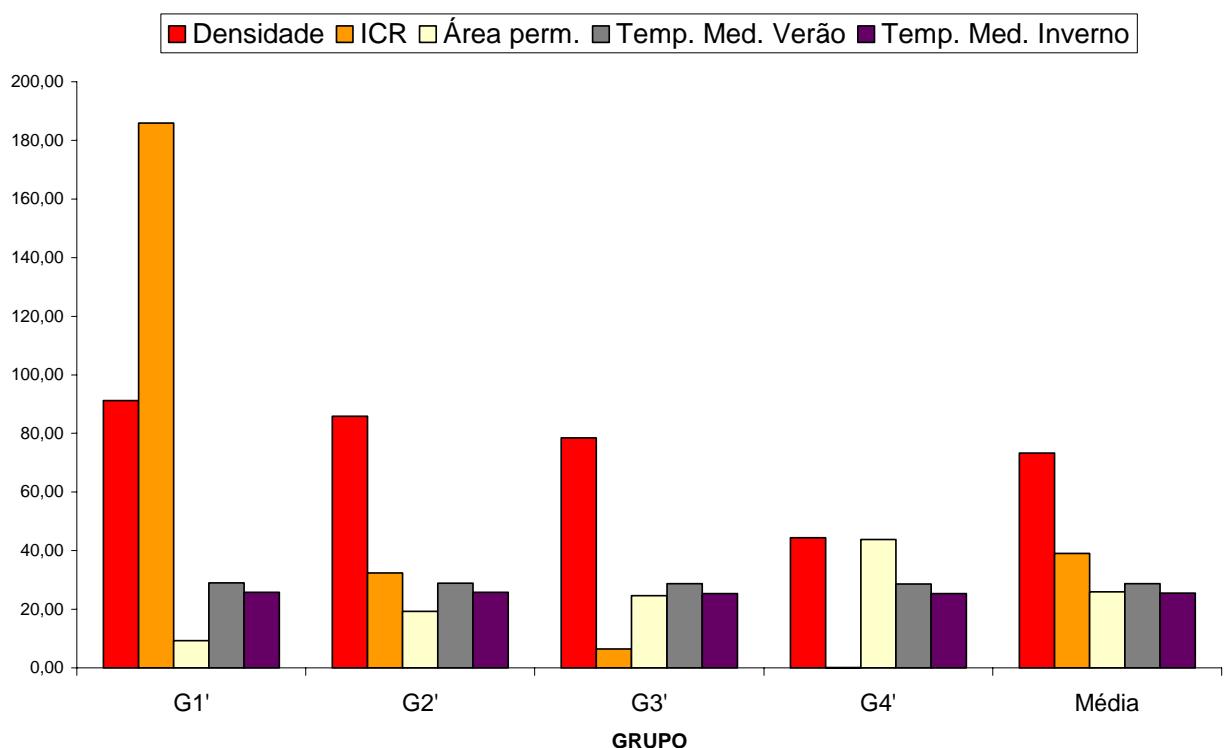


Figura 3 – Gráfico do agrupamento segundo os fatores densidade, ICR, área permeável e temperatura do ar média no verão e inverno.

Com a análise dos dados das variáveis ambientais coletadas em campo, constatou-se ainda que a distribuição da temperatura do ar na cidade não se comporta de maneira uniforme em todas as áreas de coleta; bem como não respeita limites geográficos estabelecidos entre regiões administrativas.

Mapas térmicos que caracterizam a cidade foram elaborados no software ArcGis 9.0 a partir da interpolação de dados, com a análise estatística foi constatado que os fatores que mais influenciaram na variável resposta (temperatura do ar) em cada ponto foram as horas de medição (que caracterizam a componente Dia/Noite), assim, foram elaborados mapas térmicos para os horários de pico de

temperatura do ar máximo e mínimo, 5h e 13h respectivamente, para os períodos de verão e inverno.

Esses mapas, utilizando-se do método de krigagem, relacionam espacialmente a temperatura do ar média por ponto em determinada hora e período, e o indicador ICR calculado. De acordo com DRUCK et al (2004), krigagem é um método de interpolação tal como um método de médias móveis ponderadas, que difere dos demais pela maneira como os pesos são aplicados aos diferentes pontos. Como resultado, a krigagem gera um mapa de superfície ou um mapa de probabilidades estimando os pontos não observados na amostra¹. Nesses mapas, quanto mais escura for a cor em determinado lugar, maior a probabilidade de se encontrar naquela região um valor acima da média para a variável em questão. A graduação chapada crescente da cor amarela à marrom corresponde à temperatura do ar média encontrada, e as isolinhas em níveis cinza (crescente da mais clara para a mais escura) correspondem ao índice calculado ICR para cada ponto. Os pontos roxos representam os 20 pontos de coleta pesquisados, a eles estão associados os valores médios da temperatura do ar e o ICR.

Os mapas constantes nas figuras 4 e 5 são resultantes dos principais cruzamentos de dados. A figura 4 representa o resultado para às 5h nos dois períodos pesquisados, nela percebe-se uma evidente correlação entre a temperatura (com média de 26,45°C para o verão e 22,54°C para o inverno) e o índice de ocupação (ICR maior que 1), pois na região Leste da cidade onde a ocupação é mais densa e há menos permeabilidade a mancha é mais escura que em outras regiões.

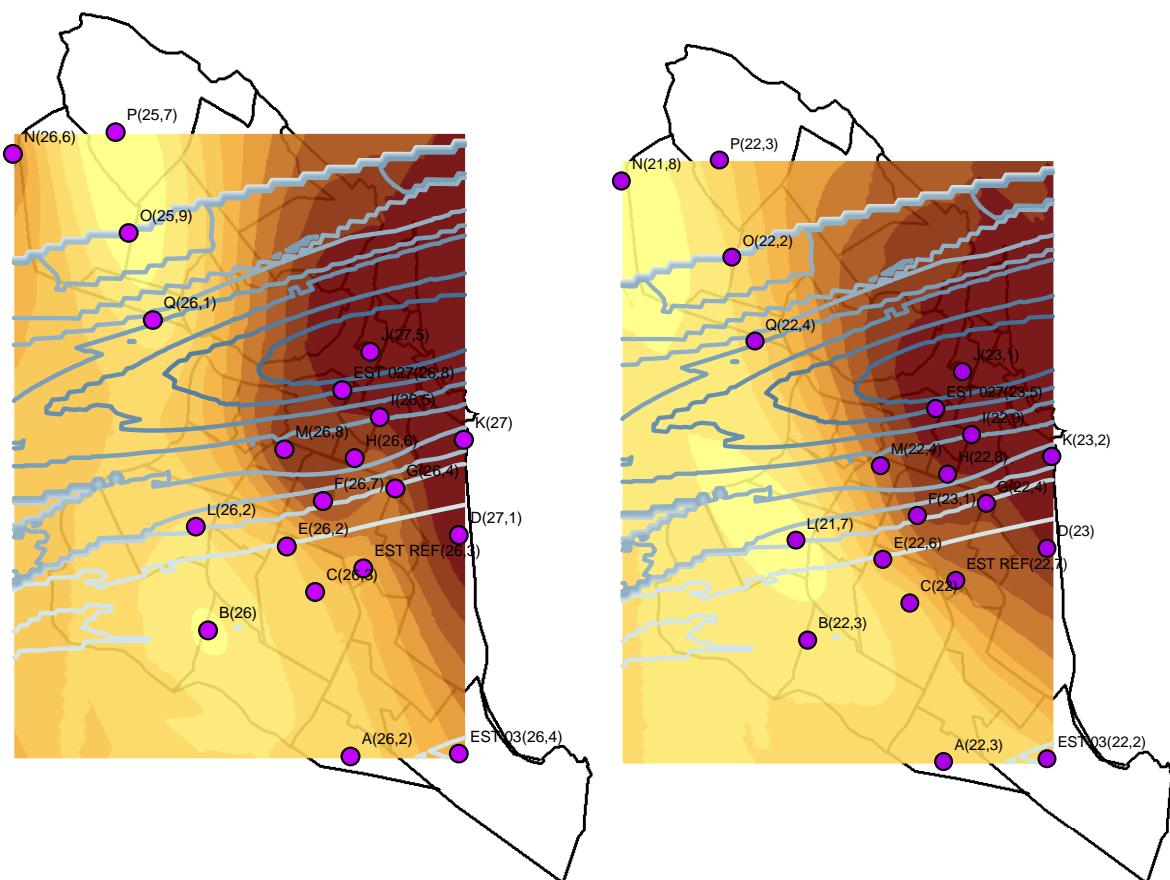


Figura 4 – Mapas resultantes da krigagem entre a temperatura média do ar às 5h e o índice calculado ICR para os 20 pontos de coleta – período de verão e inverno.

¹ É válido ressaltar que a comparação deve ocorrer entre os pontos cujos valores estão plotados nos mapas, e não é válido para os demais pontos existentes entre 2 pontos medidos, por exemplo.

O mesmo procedimento foi adotado para às 13h que geraram os mapas constantes na figura 5. Nela observa-se que o índice calculado ICR permanece o mesmo, no entanto como as temperaturas médias são diferentes, a graduação que vai da cor amarela à marrom, é também diferente na cidade. Fica evidente a correlação existente entre a temperatura do ar média nos pontos de coleta (32,2°C no verão e 28,94°C no inverno) e o índice de ocupação ICR (maior que 1); observa-se no mapa que existe coerência entre os dados.

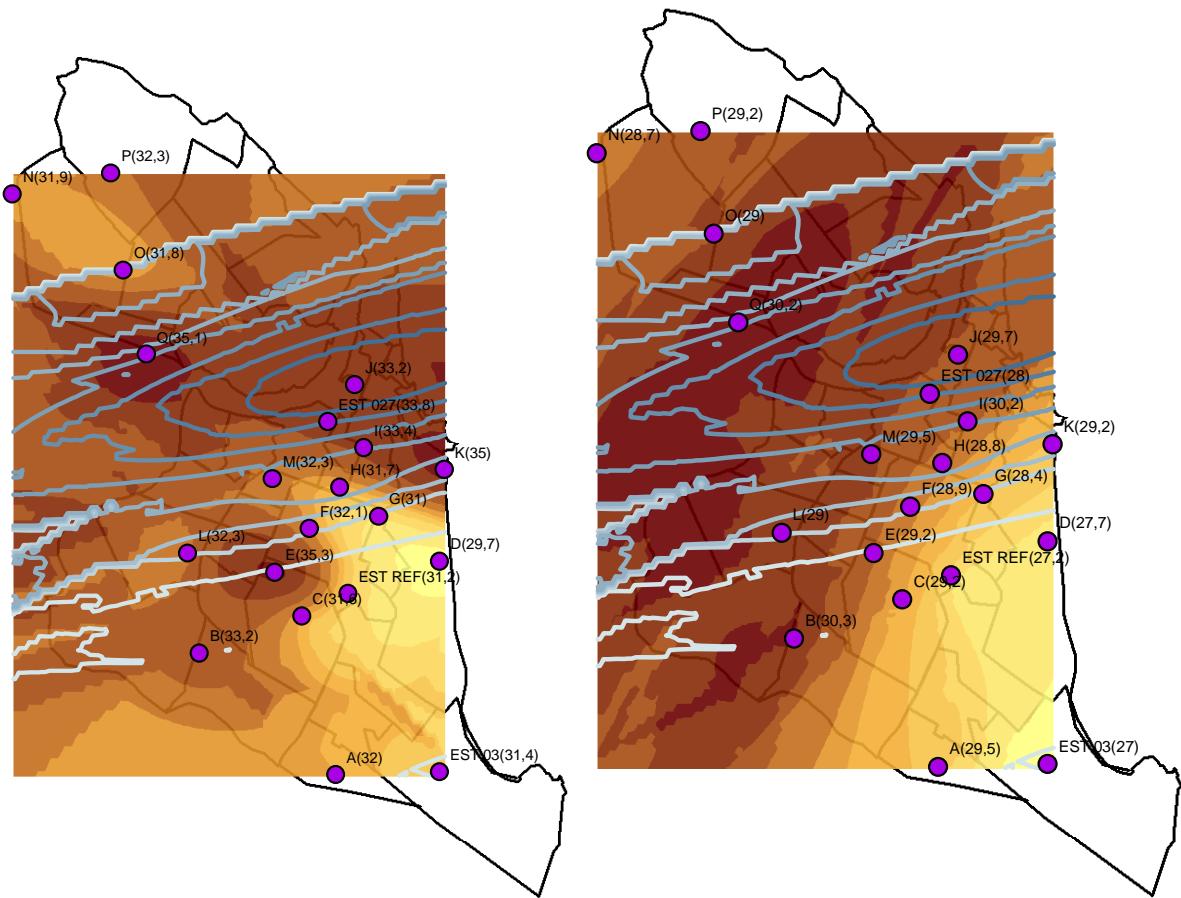


Figura 5 – Mapas resultantes da krigeagem entre a temperatura média do ar às 13h e o índice calculado ICR para os 20 pontos de coleta – período de verão e inverno.

O mapa apresentado na figura 6 sintetiza a teoria na prática, na medida em que as duas escalas médias: do ICR e da temperatura do ar são coincidentes. Assim as áreas mais quentes tem também maior valor de ICR, confirmando a teoria, que afirma que quanto mais área impermeável existir e mais adensado for o espaço urbano, mais quente esse meio será.

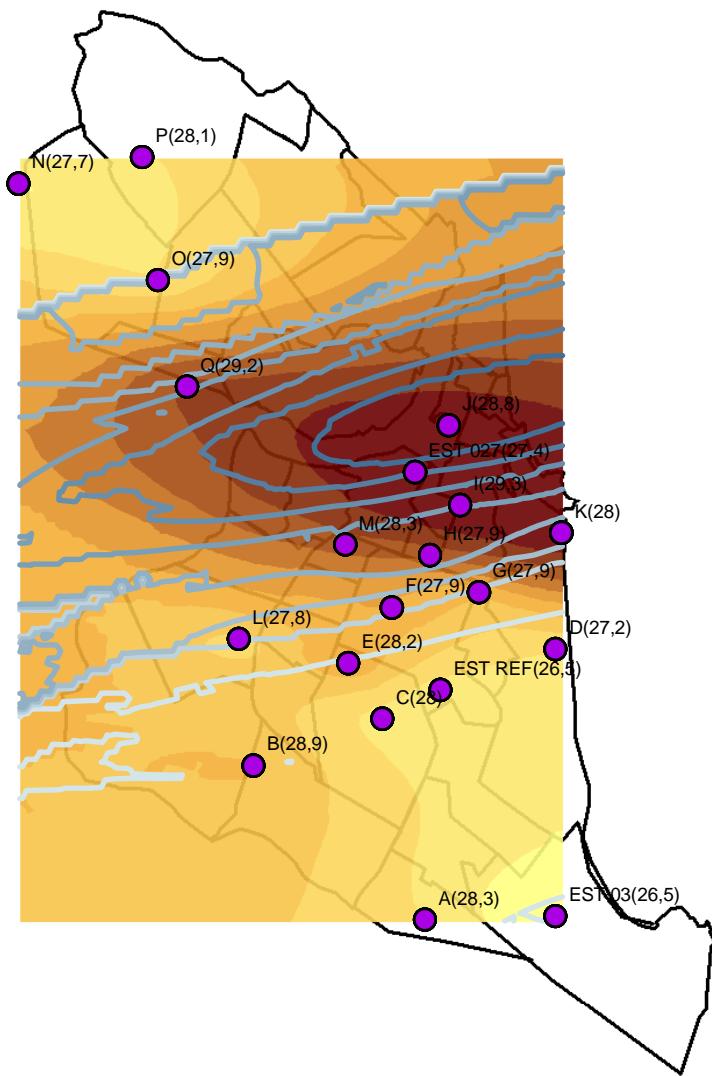


Figura 6 – Mapa resultante da krigagem entre a temperatura média do ar em todos os turnos e períodos, e o índice calculado ICR para os 20 pontos de coleta.

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados das análises pode-se concluir que a temperatura do ar não se comporta de maneira uniforme em todos os pontos de coleta distribuídos pela cidade e isso decorre do tipo de ocupação presente no seu entorno; ficou constatado ainda que as áreas urbanas com menor porcentagem de revestimento permeável apresentam também temperaturas do ar mais elevadas.

Sugere-se então uma revisão na porcentagem determinada pelo Plano Diretor de 20% para toda a cidade. Primeiramente que seja dividida por grupos de bairros, baseados nos parâmetros que foram estabelecidos aqui para se iniciar o processo de avaliação, com especial atenção aos que hoje possuem situação crítica em termos de área permeável, que possam reservar áreas (terrenos) permeáveis dentro do bairro suficientes e necessários à infiltração da água no solo e sua decorrente amenização microclimática; em seguida sugere-se que os critérios possam ser extrapolados para todos os bairros da cidade, a partir do cálculo do ICR e medições de campo das variáveis físicas e ambientais que o embasam.

Conclui-se ainda que a taxa de impermeabilização de 80% em vigor pode ser mantida para os bairros dos grupos G3' e G4', que ainda apresentam quantidade de área permeável maior que o limite da legislação (20%); mas que tem que ser revista para os grupos G1' e G2', uma vez que esses já apresentam muito pouca área permeável.

5 REFERÊNCIAS

COSTA, Angelina Dias Leão. **O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido.** 225p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas/ SP, 2007).

DRUCK, Suzana et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: Embrapa, 2004.

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

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

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.

TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana.** São Paulo: Ciência e Cultura, 2003, v55, n4.

6 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq que financiou essa pesquisa.