

Articulação entre Clima Urbano e Planejamento das Cidades: Velho Consenso, Contínuo Desafio

Gianna Melo BARBIRATO; Ricardo Victor Rodrigues BARBOSA; Simone Carnaúba
TORRES

Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana – GATU
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

RESUMO

A busca pelo planejamento urbano eficiente que promova melhor qualidade de vida aos cidadãos ainda se constitui em um desafio não superado. A temática do desenvolvimento sustentável tem sido alvo de várias discussões e procura estabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano, de modo que os impactos negativos da expansão urbana, uma vez inevitáveis, sejam reduzidos a níveis aceitáveis. Nesse discurso, é senso-comum a importância do clima para o planejamento urbano, uma vez que adequar o ambiente construído ao clima de um determinado local significa criar espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto. Porém, a aplicação dos conhecimentos da climatologia urbana ainda é bastante incipiente nos planos de desenvolvimento para ocupação das cidades brasileiras. A partir desse cenário, o presente artigo objetivou discutir, a partir da apresentação de pesquisas, existentes no meio acadêmico sobre o assunto, o desafio que representa a incorporação de diretrizes construtivas fundamentadas nas análises climáticas do meio urbano nas atividades relacionadas às ações de planejamento das cidades brasileiras.

Palavras-chave: Planejamento urbano. Clima urbano. Sustentabilidade urbana.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente constitui-se de inúmeros ecossistemas formado por componentes bióticos e abióticos. Nessa relação, Odum (1988) define ecossistema como “unidade funcional básica na ecologia”, na qual os fatores bióticos e abióticos, que a compõe um determinado meio físico, estabelecem inter-relações de modo influenciar mutuamente suas propriedades, garantindo sua manutenção no planeta.

O homem, enquanto agente ativo do meio que o circunda, modificou o ecossistema natural e criou seu próprio habitat: a cidade. Esse ambiente, embora construído, constitui um ecossistema próprio, produto das ações sociais e econômicas do indivíduo que revela,

ainda, os aspectos políticos e culturais, os quais os modelos biológicos não conseguem explicar.

Assim, pode-se entender o ambiente urbano como um ecossistema peculiar adaptado às necessidades da espécie humana. O funcionamento do mesmo implica na configuração de um metabolismo próprio, responsável pela maioria das modificações ambientais da cidade.

Fator agravante é que essas modificações ambientais são induzidas de forma rápida e intensa, que se traduz na dinâmica urbana, e tem, por resultado, alterações adversas ao meio urbano e à própria sociedade, comprometendo a qualidade de vida e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentado desse ecossistema.

A busca por melhores condições que propiciem qualidade de vida aos cidadãos é o grande desafio. A temática do desenvolvimento sustentado tem sido alvo de várias discussões e procura estabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano, de modo que os impactos da expansão urbana, uma vez inevitáveis, sejam reduzidos a níveis aceitáveis.

Entretanto, compete ao homem, sobretudo aos planejadores e gestores urbanos, adequar a expansão urbana às características do meio físico de modo que os efeitos adversos sejam minimizados. É fato que o planejamento urbano considerando os aspectos ambientais pode minorar os impactos ao meio. Para tanto, os gestores urbanos dispõem de vários instrumentos como Planos Diretores Municipais, Código de Obras, dentre outros instrumentos legais que controlam e disciplinam o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano.

Evidencie-se, ainda, o papel do poder público municipal, na determinação e defesa da qualidade ambiental urbana, devendo-se utilizar dos próprios instrumentos do Estatuto da Cidade, Lei 10257/01, que possibilita o desenvolvimento de estudos urbanísticos considerando aspectos ambientais para a qualidade urbana que sirvam de subsídio para a elaboração e revisão do Plano Diretor das cidades brasileiras.

2. A CIDADE E SEU IMPACTO SOBRE O CLIMA

O ambiente urbano é diferenciado pela ação antrópica sobre o meio natural, e gera o chamado “clima urbano”, ou situação climática típica das cidades. Essas diferenças são atribuídas, em grande parte, a alterações do terreno natural, através da construção de estruturas e superfícies artificiais.

O clima característico deste ecossistema artificial – a cidade – é definido por uma série de alterações climáticas produzidas pelo processo de urbanização. As principais modificações se resumem na substituição da cobertura natural por diversos tipos de pavimentações, bem como a inserção de um sistema de drenagem artificial que permite

escoamento rápido das águas pluviais e provoca redução da evaporação e, conseqüentemente, da umidade das superfícies e do ar.

Outro importante fator refere-se aos materiais de construção utilizados no meio urbano. Estes possuem propriedades físicas distintas do solo natural, apresentando menor valor de albedo, maior capacidade calorífica e valor mais elevado de condutividade térmica. Essas características resultam na modificação do balanço da radiação influenciando, sobretudo, a temperatura do ar.

Pode-se ainda destacar o calor gerado pelas diversas atividades humanas na cidade. Este constitui fator significativo na modificação do balanço de energia. O calor antropogênico, somado aos efeitos já descritos, provoca aumento nos valores de temperatura do ar em relação aos ambientes vizinhos, concorrendo para o surgimento de características climáticas peculiares ao ecossistema urbano.

A mudança nas condições iniciais do clima pelas cidades é decorrente da interferência provocada pela estrutura urbana nas trocas de energia entre a superfície e a atmosfera (ARAÚJO & SANT'ANNA NETO, 2002). Não se deve, com isso, considerar o processo de expansão das áreas urbanas como fator adverso do desenvolvimento sustentado das cidades, mas efetivar a necessidade do crescimento planejado das áreas de expansão urbana, o qual tenha por base as questões urbano-ambientais. Dessa forma, procura-se mitigar o crescimento desordenado e a conseqüente degradação ambiental – produto dessa ação –, comprometendo a qualidade de vida dos habitantes urbanos.

2.1. A ilha de calor urbana

Um dos principais efeitos climáticos do processo de urbanização refere-se ao comportamento da temperatura do ar em áreas urbanas densamente construídas, pois, geralmente, apresenta-se mais elevada quando comparada com as áreas rurais, este fenômeno é conhecido como *ilha de calor*. As principais causas deste fenômeno são: a baixa taxa de resfriamento da estrutura urbana, devido ao excesso de armazenamento de energia solar nas edificações; produção concentrada de calor pelas atividades de transporte, indústria; baixa evaporação do solo (devido à alta impermeabilização das áreas urbanas) e ausência de vegetação em áreas densamente construídas (GIVONI, 1992).

O elevado adensamento construtivo nas cidades tem sido apontado como a principal causa desta modificação climática, pois além da concentração da massa edificada de alta capacidade calorífica, a concentração de atividades geradoras de calor e poluição (principalmente dos meios transportes), também contribui para a significativa elevação da temperatura no meio urbano. Este fenômeno ocorre especialmente à noite, quando as

idades apresentam temperaturas mais elevadas que o meio rural ou menos urbanizado, pois o calor acumulado na estrutura urbana é reemitido neste período.

As consequências do fenômeno, como aumento do consumo de energia nos edifícios devido à perda das condições de conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos, coloca em questionamento o estímulo ao alto adensamento construtivo urbano, apontado por alguns autores, como solução mais adequada para o alcance a sustentabilidade urbana.

A diferença de temperaturas entre ambientes urbanos e seu entorno menos adensado tem sido comprovado em várias pesquisas. Landsberg (1997) apontou média de temperatura anual de 0,5°C a 3°C a mais no ambiente citadino e a umidade relativa 10% menos em relação ao meio rural, principalmente em dias de uso de aquecimento da cidade com equipamentos de climatização artificial. Observou, ainda, entre outras, as seguintes diferenças típicas urbanas - rurais de parâmetros climáticos:

- a corrente de ar quente ascendente, junto ao aumento de poluentes, pode provocar um aumento de precipitações, que podem ser danosas (chuva ácida) à cidade, corroendo a massa construída, prejudicando a vida ali existente e poluindo os cursos d'água ao serem canalizados;

- a diminuição da velocidade do vento (20% a 30% menos) em relação ao meio não urbanizado, relacionada à rugosidade da superfície edificada na cidade, pois, ao chegar à cidade, o vento pode mudar de direção, ao seguir os túneis criados pelas ruas com edificações altas em ambos os lados, ou ao incidir em edificações perpendiculares à sua direção original. Contudo, em alguns casos, a configuração de vias e edifícios pode acelerar a velocidade do vento urbano - efeito de canalização de ruas, efeito de pilotis ou desvio do fluxo de ar até o solo por edifícios altos;

2.2. O balanço energético urbano

O balanço de energia de uma superfície urbana permite um melhor conhecimento do clima urbano. Significa o seccionamento da energia radiante absorvida na superfície da terra em fluxos de calor que controlam o clima da superfície até uma altura onde as trocas verticais de calor são consideradas desprezíveis para um determinado estudo (OKE, 1996). Dependem de diversos fatores como umidade; propriedades térmicas e perfis da temperatura da superfície, da atmosfera e do solo; velocidade do vento; rugosidade da superfície; estabilidade atmosférica; entre outros.

As mudanças de armazenamento de energia em sistemas urbanos são maiores que em sistemas naturais, já que os materiais de construção têm propriedades térmicas que os fazem bons condutores e armazenadores. A parcela armazenada no balanço energético é substancialmente modificada pela urbanização, com a diminuição da dissipação de calor e maior armazenamento de energia térmica. Dentre os principais fatores dessas mudanças

estão: a localização da cidade dentro da região, a topografia, o tamanho das cidades, a densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas, a divisão dos lotes, os efeitos dos parques e áreas verdes e detalhes especiais do desenho dos edifícios (GIVONI, 1989)

São efeitos típicos das áreas urbanas o aumento do calor sensível devido à geometria urbana e materiais e a redução do calor latente pela diminuição da disponibilidade de umidade.

2.3. Estudos de clima urbano e qualidade ambiental urbana

Os estudos sobre clima urbano são de extrema importância para o entendimento dos processos e fenômenos que definem a qualidade ambiental urbana. Estes estudos correspondem ao escopo da disciplina *climatologia urbana* e fundamentam-se nas análises sobre os estados atmosféricos mais frequentes nas cidades.

Para que o edifício seja capaz de atender aos aspectos relacionados ao conforto térmico dos usuários torna-se fundamental o conhecimento do clima local e de seus efeitos sobre os elementos construídos. Trata-se, assim, de complexas inter-relações inerentes aos edifícios e à climatologia urbana, pois o ato de construir uma nova edificação modifica o clima exterior. Essa interação significa que o projetista vem a ser o responsável, a partir do seu desenho, não somente pelas condições ambientais internas, mas também pelo entorno climático externo.

Desse modo, pesquisas sobre clima urbano enfatizam que a qualidade ambiental das edificações depende fundamentalmente da qualidade ambiental urbana, portanto, esse aspecto deve ser considerado nos estudos consolidados relacionados a conforto e desempenho de ambientes e consumo de energia das edificações urbanas (SANTAMOURIS,2001).

Monteiro (1976) destacou a importância da utilização da Teoria dos Sistemas como um quadro de referência teórico para o estudo do clima urbano. Considerou o clima urbano como um sistema dinâmico adaptativo, atentando que, para o estudo do clima da cidade, deve-se adotar uma conduta de investigação que veja nela não um antagonismo entre o homem e a natureza, mas uma coparticipação. A proposta de análise deste sistema é baseada em três canais perceptivos associados aos conjuntos de fenômenos do universo climáticos: conforto térmico (subsistema termodinâmico), a qualidade do ar (subsistema físico-químico) e o impacto meteórico (subsistema hidrodinâmico).

Já Bitan (1988) apresentou uma metodologia destinada à climatologia aplicada ao planejamento urbano e do edifício integrando diferentes elementos climatológicos em todos os níveis de planejamento. Tal metodologia baseia-se em cinco estágios que podem auxiliar o planejamento e projeto urbano e edificações: a) requisitos dos usuários; b) dados

ambientais; c) coleta de dados climáticos; d) observação climatológica e e) processo de análise.

3. CLIMA E SUSTENTABILIDADE URBANA

A sustentabilidade urbana é definida por Acsehrad (2009) como a capacidade das políticas urbanas se adaptarem à oferta de serviços, à qualidade e à quantidade das demandas sociais, buscando o equilíbrio entre as demandas de serviços urbanos e investimentos em estrutura.

Neste sentido, também é fundamental para a sustentabilidade urbana o uso racional dos recursos naturais, a boa forma do ambiente urbano baseada na interação com o clima e os recursos naturais, a partir de respostas às necessidades urbanas com o mínimo de transferência de dejetos e rejeitos para outros ecossistemas atuais e futuros. Assim, o equilíbrio entre *inputs* e *outputs* no sistema urbano, pode ser subsidiado pelo uso racional de energia, a partir do aproveitamento dos recursos naturais de climatização, base conceitual da bioclimatologia arquitetônica e urbana.

Porém, é preciso entender, como destaca Canepa (2007), que “o desenvolvimento sustentável caracteriza-se não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro.”

Assim, alguns autores tem estimulado um importante questionamento: que cidade queremos construir? A partir da resposta podem ser definidos o desenho urbano, as tipologias arquitetônicas, as características ambientais dos espaços abertos e as tecnologias adequadas para a cidade e para o edifício, entre outros aspectos do ambiente construído. Ou seja, a cidade deve ser planejada e gerenciada para que os edifícios, em conjunto, tenham sua eficiência e desempenho otimizados, somando impactos positivos. Dessa forma, intervenções urbanas que consideram os diversos sistemas que compõem as cidades, envolvendo infraestrutura, espaços abertos e edifícios guardam o potencial de uma transformação positiva do impacto das cidades sobre o meio natural e o próprio meio urbano (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Analisando este contexto, Higuera (2006), reforçou o papel da bioclimatologia no planejamento dos espaços urbanos, difundindo o conceito do urbanismo bioclimático. A autora destaca a disciplina defendendo a abordagem associada à capacidade de análise da carga dos sistemas naturais locais a uma matriz de interações entre os aspectos ambientais (insolação, ventos, vegetação, recursos energéticos e hídricos, e geomorfologia) e as variáveis do ambiente urbano (estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações).

A cidade bioclimática, portanto, deve incorporar instrumentos de planejamento urbano, capazes de estimular o aproveitamento dos recursos naturais locais no nível do edifício e dos espaços externos urbanos, favorecendo a qualidade ambiental urbana e o bem-estar humano. A otimização da relação homem, espaço e meio natural, pode ser, portanto, intermediada pelo urbanismo bioclimático, contribuindo assim para o alcance da sustentabilidade urbana.

Higuera (2006) destaca que a experiência de planejamento e projeto urbanos considerando aspectos bioclimáticos está atualmente mais desenvolvida na Europa, onde as metodologias tratam não apenas dos levantamentos a serem efetuados, como também da cartografia para apresentação dos resultados e das sínteses de diagnóstico e intervenção. Os critérios adotados para o planejamento geralmente consideram a preservação dos canais principais de ventilação, a eficiência energética no ordenamento do uso e ocupação do solo (considerando tanto o condicionamento passivo, que implica em critérios de acesso ao sol e aos ventos, quanto à integração de fontes renováveis à matriz energética urbana, como a energia solar e eólica), a manutenção das condições adequadas de umidade através de áreas verdes e preservação dos corpos d'água, e estratégias bioclimáticas específicas para cada domínio climático, que se estendem à escala do edifício.

De acordo com as contribuições teóricas desenvolvidas através dos estudos da climatologia urbana, as principais diretrizes de planejamento para construção da cidade bioclimática permeada pelos princípios da sustentabilidade urbana, segundo Higuera (2006), são as seguintes:

- Promover linhas de ação baseadas nas considerações das particularidades dos sítios urbanos (clima, topografia, cultura e outros). Ou seja, não devem ser adotadas soluções urbanísticas padronizadas, pois, cada sítio deve apresentar medidas específicas dentro de sua própria integração territorial com outros assentamentos urbanos;
- Promover o uso misto e diversidade de atividades concentradas em áreas urbanas centrais para reduzir as viagens e o consumo de energia para o transporte, incentivando rotas pedestres. A segregação de funções e usos especiais para a cidade envolve um desperdício de tempo e energia, sendo considerado hoje como solução urbanística insustentável e insegura.
- Integrar, ampliar e, convenientemente, projetar a rede de espaços urbanos abertos como um sistema capaz de corrigir e moderar extremas condições ambientais adversas, como também, servir como espaços de relacionamento e uso social. O uso de espécies nativas, naturalizadas apresenta menos necessidade de cuidados, ou água. Propor variedade de espaços de lazer, jardins e espaços verdes.

- Efetivar o planejamento através do estímulo de densidades (construtivas) moderadas ou altas em comparação com a baixa densidade de casas dispersas, onde o custo da energia, infra-estrutura e impacto sobre o meio ambiente são muito elevados. Embora a baixa densidade seja a recomendação climática para o clima tropical úmido, outras densidades podem ser adotadas de acordo com os estudos do comportamento das variáveis climáticas (análises preditivas da climatologia).
- Promover o aproveitamento dos recursos naturais, sol, vento, chuva, na estrutura urbana, e o controle de reciclagem dos resíduos sólidos, incineração, recuperação de matéria orgânica, etc.
- Incentivar técnicas arquitetônicas de condicionamento passivo, oferecendo soluções possíveis para as necessidades da economia de energia. Considerar a cobertura como a quinta fachada, com grande potencial para o controle do conforto ambiental; como os telhados verdes, telhados com câmaras de amortecimento térmico, etc.
- Incentivar políticas que dão prioridade ao tráfego de pedestres na estrutura urbana, especialmente em áreas centrais com alta densidade de construção. No planejamento do traçado viário, priorizar o ajuste à topografia para a proposta do tráfego urbano. Neste sentido, deve-se atentar sobre os limites da verticalização urbana, a partir da capacidade de suporte de infraestrutura e análise do potencial de aproveitamento dos recursos ambientais (principalmente ventilação natural e iluminação natural).

Destaca-se, assim, a importância do conhecimento das características climáticas da região antes da realização de intervenções arquitetônicas e urbanas no meio urbano ou natural. O planejador urbano deve sempre buscar informações sobre alguns parâmetros climatológicos como a ventilação natural e a insolação, que possam servir como orientação no projeto de edificações e diversas tipologias urbanas, verificando os efeitos térmicos possíveis de diferentes arranjos dos espaços.

4. OS DESAFIOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO

As consequências do fenômeno “ilha de calor urbano”, como aumento do consumo de energia nos edifícios devido à perda das condições de conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos, coloca em questionamento o estímulo ao alto adensamento construtivo urbano, apontado por alguns autores, como solução mais adequada para o alcance a sustentabilidade urbana. Ora, se o alto adensamento construtivo pode provocar prejuízos quanto à formação do ambiente climaticamente modificado, como devemos tratar o adensamento urbano?

Desta forma, é importante entender, que as disciplinas *urbanismo bioclimático* e a *climatologia urbana*, já não consideram a solução da *cidade compacta* como contraditória, embora sejam evidenciados vários casos comprovados em pesquisas empíricas, como na cidade de São Paulo (LOMBARDO, 1985) da formação de ambientes térmicos urbanos inadequados às condições de conforto ambiental. Ou seja, a bioclimatologia aplicada ao projeto urbano pode subsidiar soluções que permitam o alto adensamento construtivo, considerando as implicações na estrutura urbana, para que o aproveitamento do potencial dos recursos naturais de climatização não se torne comprometido.

É importante, por isso, analisar a forma/ morfologia urbana ideal para o cumprimento destas considerações. Isso porque a densidade populacional indica o grau de compacidade de uma área urbana e diferentes formas urbanas podem responder a um mesmo padrão de densidade, com diferentes configurações de espaços abertos, condições microclimáticas e distribuições de usos.

Segundo Juan Mascaró (2003), a densidade urbana é um tema que permanece altamente polêmico, pois o conceito de alto padrão de vida é comumente associado à densidade baixa, pelo excelente acesso ao sol, ventilação, privacidade e etc, porém, os melhores estudos mostram que as densidades baixas não são boas ou más por si só. Assim, o autor alerta que o inconveniente é haver densidades inadequadas aos tipos de edificações implantadas.

É por isso que estudos da bioclimatologia devem subsidiar o processo de planejamento urbano, pois os parâmetros urbanísticos, definidos na legislação das cidades, do Plano Diretor à Lei de Uso e Ocupação do Solo, agem diretamente sobre a densidade urbana. Coeficientes de aproveitamento e taxa de ocupação do solo, afastamentos entre edificações e percentual de solo natural do lote determinam os limites de adensamento de uma determinada área, além de contribuir para a ventilação natural e para a preservação de áreas de lazer.

Neste contexto, Freitas (2008) enfatiza que estes parâmetros não podem ser utilizados universalmente, pois dependem de muitos condicionantes. O autor destaca que a altura solar, sofre variação na proporção inversa ao aumento da latitude, assim, nas cidades de clima tropical, onde a altura solar incide zenitalmente, pode-se incentivar o aumento da densidade, via proximidade e elevação das edificações e, mesmo assim, a insolação ocorrerá nos recintos urbanos, propiciando o aproveitamento da iluminação natural. Nos climas tropicais quentes e secos esse aumento da densidade é indiscutivelmente um fator de conforto ambiental. Já nos climas tropicais quentes e úmidos, o aumento da densidade encontra como limite a necessidade de afastamento entre edificações à permeabilidade aos ventos, no sentido de atingir o conforto térmico de forma natural. No caso de cidades localizadas em altas latitudes, onde os raios solares incidem sob baixos ângulos, se as

edificações forem altas e muito próximas, pode ser formado um ambiente urbano que não permitirá a incidência dos raios solares nas edificações, prejudicando assim, o aproveitamento da iluminação natural e do aquecimento térmico necessário em determinados períodos do ano.

No entanto, tratando-se da sustentabilidade urbana, a literatura especializada aponta que a malha urbana dispersa gera problemas ambientais, face ao espalhamento da estrutura urbana, eliminando florestas, aumentando a demanda por consumo de energia, exigindo o intenso uso de veículos para o transporte de mercadorias e pessoas (que acarretam a poluição do ar através da emissão de gases provenientes de combustíveis fósseis nos diversos meios e redes de transportes), afetando, também a elevação da impermeabilização do solo natural decorrentes da pavimentação excessiva (exercendo sérios danos ao ciclo hidrológico, causando enchentes, impactando também no clima urbano). Por isso, o modelo da *cidade compacta* tem sido defendido.

Desse modo, dentre as interfaces conceituais da bioclimatologia e da sustentabilidade urbana, apontados no item anterior, corresponde ao principal ponto de convergência a busca pela melhoria da qualidade ambiental, a partir do equilíbrio entre *inputs* e *outputs* no sistema urbano, principalmente através de soluções urbanísticas que busquem a redução do consumo de energia, aproveitando os recursos naturais de maneira racional. Assim, o *urbanismo bioclimático*, revela-se como disciplina com elevado potencial para a determinação de estratégias e diretrizes para ocupação urbana de menor impacto ambiental, a partir do estabelecimento de padrões de adequação climática de assentamentos construtivos, podendo subsidiar soluções de morfologia urbana adequadas para estabelecimento da *cidade compacta*.

Segundo Acselrad (2009), além da compactação urbana, é necessária, também, a descentralização dos serviços e usos, distribuindo das áreas centrais para as periferias, para promover um espaço urbano menos segregado e mais igualitário. Desta forma, o autor destaca a importância do controle demográfico paralelo às mudanças no processo de planejamento e gestão urbana.

Porém, que o se configura atualmente no cenário brasileiro em termos de urbanização, é ainda o modelo determinado pelo espalhamento da malha urbana (não planejada ou planejada de forma incorreta), determinado pelos processos de exclusão social, representado tanto pela implantação de condomínios fechados (principalmente a partir da década de 1990), como também, pelos diversos conjuntos habitacionais de interesse social e, principalmente, pelos assentamentos irregulares (favelas, cortiços etc). Esta lógica, portanto, revela-se incoerente com as novas discussões urbanas sobre sustentabilidade, densidade e diversidade.

Segundo Ruanda (1999) apud Silva e Bustos Romero (2011), a cidade compacta permite a minimização do consumo de materiais, energia e água, bem como a otimização de infraestrutura e o aumento da coesão social, por isso, contribui para a promoção da sustentabilidade urbana. Desta forma, as principais vantagens da cidade compacta em detrimento da cidade dispersa/difusa, podem ser observadas no quadro 1. No entanto, as pesquisas da climatologia urbana, alertam sobre a necessidade de análise dos limites e possibilidades do alto e/ou médio adensamento urbano, sendo necessária a análise da forma urbana a ser produzida para alcançar este adensamento.

Pressão sobre os sistemas de suporte por exploração		Modelo de Cidade Difusa		Modelo de Cidade Compacta	
		nível	causa	nível	causa
Consumo de materiais	Para a produção e a manutenção do modelo urbano	>	A dispersão da edificação e as infraestruturas. A superfície edificada por habitante é maior. Tipologia edificatória com maior manutenção	<	A proximidade entre os usos e funções supõe um menor consumo de materiais. A superfície edificada por habitante é menor. Tipologia edificatória com menor manutenção.
Consumo de energia	Em relação ao modelo de mobilidade	>	O modelo de mobilidade está focado no veículo privado.	<	A maioria das viagens pode ser realizadas a pé, de bicicleta ou por transporte público
Consumo de energia	Em relação às tipologias edificadas	>	Consome-se mais energia nas tipologias de edificações unifamiliares	<	As demandas energéticas em blocos de apartamentos (multifamiliares) é menor
Consumo de energia	Em relação aos serviços	>	Dispersão das redes	<	Por proximidade das redes
Consumo de água	Em relação às tipologias edificadas	>	Cetc.onsumo em jardim, piscina	<	Em edificação multifamiliar é menor

Quadro 1: Comparação dos modelos de cidade difusa e compacta desde o marco da unidade sistema-entorno: pressão sobre os sistemas de suporte por exploração. Fonte: Ruanda (1999) apud Silva; Bustos Romero (2011)

Sobre os impactos dos adensamentos construtivos urbanos, Freitas (2009) aponta a necessidade de revisão e análise do entendimento sobre o processo de urbanização e a consequente degradação ambiental, pois destaca que não é impossível alcançar qualidade ambiental urbana sob estas configurações, pois existem diversos exemplos de cidades densas determinadas por bons indicadores de qualidade de vida. Em sua análise abordando a cidade de Recife, o autor constata a não associação entre urbanização, adensamento e degradação ambiental. Neste sentido, o estudo permitiu concluir que a qualidade de vida e a sustentabilidade ambiental serão obtidas em cidades compactas quando for preservada a alta densidade de vegetação e garantida a eficiência dos sistemas urbanos. O autor destaca ainda que “os princípios norteadores do planejamento urbano e do projeto arquitetônico

devem ser uma resposta aos dados climáticos locais, assim como ao resultado de experimentos de simulação de condições futuras.” (FREITAS, R. 2009, p.71).

Segundo a literatura especializada (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; KATZCHNER, 2007) é reconhecível, atualmente, a importância da climatologia urbana para o planejamento e a preservação da qualidade ambiental do meio urbano, porém, sua aplicação às atividades de planejamento e projeto das cidades ainda é muito limitada. A legislação urbanística nas cidades brasileiras tem mantido uma perspectiva de regulação do mercado imobiliário, tornando-se instrumento de especulação e de valorização imobiliária, em detrimento da inclusão de novas demandas sociais relativas à qualidade ambiental e ao uso racional de recursos naturais. Além disso, observa-se uma significativa homogeneidade de recomendações na legislação construtiva, mesmo ocorrendo uma grande diversidade de domínios climáticos no território nacional. Assim, verifica-se, no país, um grande distanciamento entre as considerações da *bioclimatologia* e as diretrizes urbanísticas contidas nos planos, códigos e leis municipais.

A compatibilidade urbana deve ser adotada como configuração espacial e legal, porém, deve-se respeitar os condicionantes locais (clima, topografia, patrimônio cultural e outros), analisados através de pesquisas urbanísticas específicas e não padronizadas como são as ferramentas legais aplicadas nas cidades atualmente e sob a conveniência do Ministério das cidades (SILVA; BUSTOS ROMERO, 2011).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por muito tempo, o planejamento de cidades ignorou as consequências de modificações ambientais que o processo de expansão urbana ocasiona. Consideravam-se apenas os aspectos sociais, culturais e econômicos para fins de planejamento. Essa concepção colocou em risco a sustentabilidade do ambiente urbano e impulsionou um novo pensar sobre a cidade.

Hoje, a busca por melhores condições que propiciem qualidade de vida aos cidadãos é o grande desafio. A temática do desenvolvimento sustentado tem sido alvo de várias discussões e procura estabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano, de modo que os impactos da expansão urbana, uma vez inevitáveis, sejam reduzidos a níveis aceitáveis.

Torna-se urgente, portanto, a criação e revisão de políticas públicas de uso e ocupação do solo urbano, para desestimular o crescente espraiamento da malha urbana das cidades brasileiras. Este corresponde a um dos principais desafios do planejamento urbano para implementação dos princípios da sustentabilidade urbana, pois, envolve diversos aspectos da complexidade da gestão, como também, do direito de propriedade urbana.

A própria discussão sobre os vazios urbanos (os principais elementos de especulação imobiliária) tem avançado através da elaboração dos instrumentos de estímulo a ocupação destes espaços, como a outorga onerosa do direito de construir. Porém, é preciso compreender que a ocupação de determinados vazios urbanos pode eliminar algumas áreas de amenidades térmicas (áreas verdes remanescentes), ou até mesmo estimular determinadas ocupações inadequadas, comprometendo o aproveitamento da ventilação natural na malha urbana, e em alguns casos, acentuar o processo de espraiamento da estrutura urbana.

Estes seriam os pontos negativos que deveriam ser analisados no processo de planejamento urbano e a consideração dos princípios bioclimáticos subsidiaria a definição de diferentes estratégias na legislação urbanística para evitar a concretização dos efeitos negativos para a qualidade ambiental urbana.

Neste sentido, torna-se necessária a urgente revisão dos instrumentos de legislação urbanística, principalmente em relação aos parâmetros e políticas urbanas de uso e ocupação do solo, pois os mesmos determinarão os índices de adensamentos construtivo nos espaços da cidade, devendo atender aos princípios da bioclimatologia e da sustentabilidade urbana.

As soluções urbanísticas, por sua vez, devem ser integradas aos instrumentos de regulamentação/ aprovação de projetos arquitetônicos, como os códigos de obra e edificações, para que a adequação climática dos assentamentos construtivos seja alcançada tanto na estrutura urbana, como na escala do edifício. Para isso, é imprescindível a adoção de medidas que estimulem a aplicação dos princípios do conforto ambiental humano e a utilização das estratégias bioclimáticas.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H.(2009). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. Coleção espaços do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Editora Lamparina.

ARAÚJO, R. R.; SANT´ANNA NETO, J. L. (2002). O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luiz – MA. In: O clima das cidades brasileiras. João Lima Sant´Anna Neto (org) – Presidente Prudente: [s.n.].

BITAN, A. (1988).The methodology of applied climatology in planning and building. *Energy and buildings*. 11, p. 1-10.

CANEPA, C. (2007). *Cidades Sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade*. São Paulo: Editora RCS.

FREITAS, R (2008). *Entre Mitos e Limites: as possibilidades de adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano*. Recife: Ed. Universitária UFPE, 270p.

GIVONI, B. (1989). *Urban design in different climates*. Genebra, report WMO/TD – nº346, World

GIVONI, B. (1992) Comfort climate analysis and building design guidelines, *Energy and Buildings*, 18(1), 11-23.

GONÇALVES, C.S; DUARTE, D. H. S. (2006) Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006.

HIGUERAS, E. (2006). *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili, 241p.

KATZSCHNER, L.; MAYER, H.; DREY, C.; BRUSE, M. (2007) Strategies and concepts for thermal comfort discussions in urban planning to mitigate the impacts of climate extremes. In: PLEA 2007 – The 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture, *Proceedings...* Singapore, p.103-108.

LANDSBERG, H.E. (1997). *The urban climate*. New York, Academic Press, 276p.

LOMBARDO, M.A. (1985). *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 244p.

MASCARÓ, J. (2004). *Adensamento e Infraestrutura urbana*. Disponível em: <www.portoalegre.rs.gov.br>.

MONTEIRO, C. A de F (1976). *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo, IGEOG-USP. Série Teses e Monografias, nº25.

MONTEIRO, C.A de F.; MENDONÇA, F. (Org.) (2003). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto.

ODUM, E. P.(1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed Guanabara.

OKE, T. R. (1996). *Boundary Layer Climates*. 2.ed. New York: Routledge.

SANTAMOURIS; PAPANIKOLAOU; LIVADA; KORONAKIS; GEORGAKIS; ARGIRIOU; ASSIMAKOPOULOS.(2001) On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, Volume 70, Issue 3, 2001, p 201-216.

SILVA, G. J. A.; BUSTOS ROMERO, M. A. (2011). O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 02). *Arquitextos*, São Paulo, 11.128, 2011.