

| 544 | BIOCLIMATOLOGIA E SUSTENTABILIDADE URBANA: SUAS INTERFACES CONCEITUAIS E AS IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO URBANO

Simone Carnáuba Torres, Ruskin Marinho de Freitas, Gianna Melo Barbirato, Ricardo Victor Rodrigues Barbosa

Resumo

O objetivo do presente artigo é desenvolver uma reflexão teórica sobre as relações entre os conceitos da bioclimatologia e da sustentabilidade urbana, discutindo a partir das interfaces conceituais os desafios impostos na contemporaneidade ao processo de planejamento urbano. São apresentadas as principais considerações da literatura especializada da *climatologia urbana* e do *urbanismo bioclimático* que abordam a necessidade de adequação climática de assentamentos construtivos urbanos, explorando a importância destes princípios para do alcance da sustentabilidade urbana. Desta forma, a discussão teórica sobre a sustentabilidade urbana é desenvolvida a partir da análise dos preceitos sobre forma/morfologia urbana e minimização dos impactos ambientais, redução do consumo de energia e mitigação do processo de aquecimento global. Estes preceitos estão relacionados diretamente com o processo de urbanização. Neste sentido, coloca-se em discussão o processo de adensamento urbano, na perspectiva da sustentabilidade urbana, sendo defendido o papel da bioclimatologia como disciplina capaz de subsidiar os processos decisórios do planejamento urbano, a partir dos estudos sobre parâmetros urbanísticos urbanos. Destaca-se como imprescindível a revisão das legislações urbanísticas para o atendimento das solicitações climáticas e termoenergéticas, como também, a elaboração e implantação de políticas urbanas de desestímulo ao espraiamento dos tecidos urbanos.

Palavras-chaves: sustentabilidade urbana, clima urbano e adequação ambiental de assentamentos construtivos.

I. INTRODUÇÃO

A vivência nas cidades, principalmente nas do cenário brasileiro e dos países subdesenvolvidos, tem sido caracterizada pela crescente perda da qualidade de vida, acompanhada pelos impactos ambientais decorrentes dos padrões de produção e consumo destes espaços. Esta constatação não é recente, sendo objeto de preocupação de diversos profissionais e comunidades, que há décadas, se dedicam ao estudo de soluções para o

alcance de novas formas de permanência, uso e produção do ambiente urbano, através de relações equilibradas entre o homem e o meio ambiente.

As discussões internacionais desenvolvidas desde a década de 1970 apontaram tanto para as consequências de uma crise energética de dimensões mundiais como para o impacto ambiental gerado pelo consumo da energia de base fóssil, somados às previsões e alertas a respeito do crescimento da população mundial e o inevitável crescimento das cidades e de suas demandas por todos os tipos de recursos. Porém, o debate sobre as questões ambientais só foi permeado pela discussão dos problemas urbanos a partir de duas conferências que abordaram questões relacionadas com o tema da habitação social, Habitat I, em 1976 e Habitat II, realizada vinte anos depois, em 1996; sendo efetivada a ênfase na cidade como estrutura determinada pelos seres humanos para viver em sociedade e prover suas necessidades, não devendo esta ser considerada como mal a ser evitado. No espaço temporal intermediário entre estas conferências, foi divulgada a primeira definição de *desenvolvimento sustentável*, cunhada pelo *Relatório Brundtland* em 1987, afirmando que desenvolvimento sustentável é *aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras*.

Nas décadas seguintes, grandes conferências mundiais foram realizadas, como a Rio'92, no Rio de Janeiro, em 1992, e a Rio+10, em Johannesburgo, em 2002, e recentemente, a Rio +20, também no Rio de Janeiro. Nessas reuniões, protocolos internacionais foram firmados a fim de rever as metas e elaborar mecanismos para o desenvolvimento sustentável. O desafio global de melhorar o nível de consumo da população mais pobre e diminuir o impacto ambiental dos assentamentos humanos no planeta foi o grande tema em debate. Fazendo-se um balanço dos resultados, essas reuniões foram marcadas por disputas ideológicas e econômicas, e as ações subsequentes continuam aquém das expectativas e muitos problemas ambientais ainda não foram resolvidos.

A discussão teórica sobre o conceito de sustentabilidade urbana apresenta-se em evolução, pois, ainda não se equacionou um dos grandes questionamentos suscitados após a divulgação do conceito tradicional: como pensar em soluções para o atendimento das necessidades de futuras gerações se ainda não foi possível atender as necessidades básicas da geração presente? Além disso, a literatura especializada tem alertado sobre a crescente banalização do uso do conceito, que atualmente tem permeado discursos para reforçar diferentes interesses (políticos e/ou econômicos), não incorporando princípios básicos para efetivo alcance do desenvolvimento sustentável em ações governamentais.

Porém, mesmo apresentando um conceito ainda em construção, alguns consensos teóricos já foram firmados. O principal deles é o entendimento de que a sustentabilidade deve ser entendida como uma condição *sine qua non* à sobrevivência e permanência da vida na Terra. Outra constatação é a escala multidimensional do conceito, abordando questões inter-relacionadas com diversas dimensões: social, política, econômica, ambiental etc (SACHS, 1993; ACSELRAD, 2009).

Segundo Silva e Bustos Romero (2011), a sustentabilidade urbana tem como foco, antes de tudo, a esfera social e de comunidade, já que os principais problemas urbanos têm sua origem nas relações humanas. Desta forma, a abordagem do conceito a partir da compreensão e análise das relações humanas e seus impactos no meio natural e, conseqüentemente, no ambiente urbano pode garantir a consideração dos diversos aspectos e dimensões implícitos na complexidade deste ambiente, devendo este ser analisado como um sistema.

É por isso, que um dos principais conceitos de sustentabilidade defendidos na atualidade baseia-se na necessidade do equilíbrio entre *inputs* e *outputs* no sistema urbano, resgatando referências da ecologia e do conceito de ecossistema. A sustentabilidade urbana, portanto, estaria mais próxima quanto menor o fluxo de entrada e saída de energia, materiais e resíduos de sua área.

Ou seja, deve-se pensar em soluções que promovam o resgate da qualidade de vida nas cidades e a redução dos impactos ambientais, tanto no nível da produção de resíduos, como também, do consumo de recursos naturais. Assim, o processo de urbanização deve ser fundamentado no redirecionamento do atual padrão de produção e consumo do espaço urbano, a partir da otimização da relação do homem com o meio natural.

Mas, o que se percebe na contemporaneidade é que a expansão urbana nega os limites naturais impostos aos recursos finitos do planeta, colocando em conflito até o sistema econômico vigente que promulga o desenvolvimento ilimitado do capital (SILVA; ROMERO, 2011). Por isso, as cidades devem ser o foco principal na definição de estratégias e políticas de desenvolvimento. O planejamento urbano, portanto, a partir de abordagens multidisciplinares deve incorporar estas estratégias enfocando os escopos da sustentabilidade, como a melhoria da qualidade de vida e o equilíbrio ambiental.

Nesta perspectiva, insere-se o papel da bioclimatologia, aplicada ao projeto arquitetônico e urbano. Fundamentada pelo princípio de adaptação dos elementos construídos ao meio, a partir das considerações climáticas, esta disciplina apresenta significativa contribuição para o alcance da sustentabilidade urbana. Os estudos objetivam o

atendimento às condições de saúde e conforto ambiental dos espaços construídos, baseando-se no aproveitamento dos recursos passivos (naturais) de climatização dos espaços edificados. Assim, o presente artigo pretende desenvolver uma reflexão teórica sobre as relações entre os conceitos da bioclimatologia e da sustentabilidade urbana, discutindo a partir das interfaces conceituais os desafios impostos, na contemporaneidade, ao processo de planejamento urbano.

O presente artigo, portanto, será fundamentado em três bases de discussão: a) apresentação do conceito de bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico e urbano, e os atuais estudos sobre os impactos das modificações climáticas devido ao processo de urbanização; b) a contribuição da bioclimatologia para a sustentabilidade urbana a partir da apresentação dos princípios do urbanismo bioclimático como importante ferramenta para elaboração de estratégias que promovam a conservação ambiental e o bem-estar humano, subsidiando, assim, otimização da relação entre o homem e o meio físico natural; c) os desafios para o planejamento urbano e as possibilidades do adensamento construtivo nas cidades.

II. BIOCLIMATOLOGIA E QUALIDADE AMBIENTAL: OS IMPACTOS DO CLIMA URBANO

Desde a pré-história, o ser humano cria novas condições de habitabilidade, modificando o ambiente construído e natural. Mas, construir com princípios ecológicos em harmonia com a natureza foi algo que a humanidade também praticou. A adaptação do abrigo ao clima é uma das principais estratégias que homem adotou para construir seu espaço habitável, criando excelentes exemplos da harmonização da construção com o entorno local. Essa estratégia refletia sua própria condição de sobrevivência diante das adversidades climáticas de determinadas localidades.

É por isso que a observação dos exemplos de arquitetura vernácula expressam importantes princípios de sustentabilidade. Utilizando-se de conhecimentos empíricos transmitidos por gerações, fornece inúmeros exemplos da construção do abrigo humano em perfeita harmonia e adaptação com o meio, reunindo formas de expressão e conteúdo determinadas também pelas atividades sociais e culturais. A utilização de materiais construtivos locais e o a adaptação climática são as principais características deste tipo de construção.

Porém, percebe-se que, na atualidade, o ambiente construído vem perdendo sua secular vocação de se adaptar ao ambiente natural para ser o maior consumidor de recursos naturais do planeta. O atual paradigma subjuga e padroniza a identidade arquitetônica e urbana, assim como, sua potencialidade ecológica em favor do lucro, do alto consumo energético e da superexploração dos recursos naturais. Tudo isto vem contribuindo para o agravamento da crise ambiental

No âmbito do edifício, o estudo dos precedentes arquitetônicos mostra, a partir da Segunda Guerra Mundial, a banalização da arquitetura do *International Style*, que, acompanhada pela crença de que a tecnologia de sistemas prediais oferecia meios para o controle total das condições ambientais de qualquer edifício, levou à repetição das caixas de vidro e ao inerente exacerbado consumo de energia nas décadas seguintes, espalhando-se por cidades de todo o mundo. Neste momento, as considerações sobre as premissas fundamentais de projeto e seu impacto nas condições de conforto ambiental e no consumo de energia não eram tidas como determinantes (GONÇALVES, DUARTE, 2006).

Porém, no final da década de 1980 e início da década de 1990, as questões de sustentabilidade chegaram à agenda da arquitetura e do urbanismo internacional de forma incisiva. Por isso, a arquitetura bioclimática ganhou importância dentro do conceito de sustentabilidade. Isso se deu pela estreita relação entre o conforto ambiental e o consumo de energia, que está presente na utilização dos sistemas de condicionamento ambiental artificial e de iluminação artificial.

O termo “arquitetura bioclimática” surgiu ainda na década de 60 do século XX, a partir de pesquisas de Aladar e Victor Olgyay (OLGYAY, 1963). Consiste na adequada e harmoniosa relação entre ambiente construído, clima e seus processos de troca de energia, tendo como objetivo final o conforto ambiental humano. Mais do que parte do movimento ecológico mundial que se seguiu posterior, o bioclimatismo é uma das concepções que mais reforçam e contribuem para a eficiência térmico-energética de um edifício. A bioclimatologia trata da relação entre o usuário e as condições climáticas, de modo que a arquitetura torne-se um “filtro” das condições exteriores, com a adequada envoltória. Por isso, o termo “projeto bioclimático” foi utilizado para designar a arquitetura em harmonia com o meio natural.

É certo que, em determinados tipos de climas, quando o rigor não é extremado, é possível o condicionamento natural, através de técnicas seletivas ou conservativas de energia natural. Estas técnicas podem tornar os ambientes mais frescos nas épocas mais quentes e mais aquecidos nos dias frios. Desta forma, a utilização de técnicas e princípios do conforto

ambiental podem oferecer respostas eficientes para a adequação climática das edificações, auxiliando na integração do edifício com o entorno imediato.

Porém, a *bioclimatologia* de ambientes não se faz necessária apenas na escala da edificação sendo imprescindível, também, na escala urbana. É importante destacar esta consideração porque a aplicação dos princípios e estratégias bioclimáticas pode ser comprometida ou anulada caso a estrutura urbana não permita o aproveitamento dos recursos passivos, como a ventilação e iluminação natural. Por isso, destaca-se a necessidade da adequação climática da estrutura urbana (morfologia e configuração do arranjo edificado), pois, quando não obtida, ocasiona a formação de fenômenos de modificação do clima local. Dentre as consequências das alterações climáticas locais, tem sido evidenciado o aumento do consumo de energia elétrica no interior dos espaços edificados devido ao desconforto térmico gerado através da alteração do comportamento das variáveis climáticas como temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos no ambiente urbano.

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, 1989).

Várias pesquisas têm constatado essa diferença comprovando o registro de média de temperatura anual de 0,5°C a 3°C a mais 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. Além disso, 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 e poluindo os cursos d'água ao serem canalizados. Outra modificação climática significativa corresponde ao desempenho dos ventos, pois, observa-se a diminuição da velocidade do vento (20% a 30% menos) em relação ao meio não urbanizado. A diminuição da velocidade do vento está 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 (LANDSBERG, 1997).

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)

Desta forma, 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. Desse modo, as pesquisas sobre clima urbano enfatizam que a qualidade ambiental das edificações depende fundamentalmente da qualidade ambiental urbana,

Monteiro (1976) destacou a importância da utilização da Teoria dos Sistemas como um quadro de referência teórico para o estudo do clima urbano. Desta forma considera 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).

Assim, as modificações climáticas estudadas pela climatologia são identificadas em diversas escalas: a) a microclimática, corresponde ao nível de influência das ruas e espaços externos como praças, b) a mesoclimática corresponde ao nível de influência dos bairros e/ou cidades, c) a macroclimática corresponde ao nível de influência de regiões geográficas e d) a global, que corresponde aos estudos das modificações climáticas no globo terrestre, cujo principal fenômeno de estudo hoje é o processo de *aquecimento global*.

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPPC) a mudança climática global pode ser causada por processos naturais da própria Terra ou por forças externas, incluindo variações na intensidade da luz solar, ou ainda, pela ação do homem. Desta forma, o documento de Diretrizes para Formulação de Políticas Públicas em Mudanças Climáticas

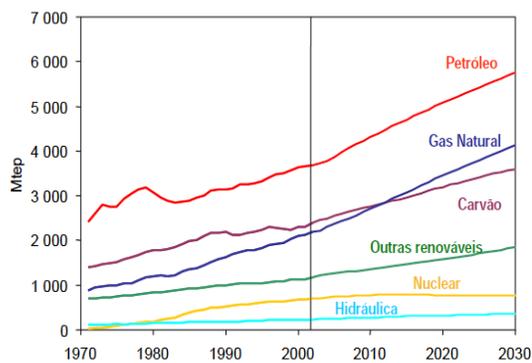
no Brasil (Observatório do Clima) aponta que “o desafio da sustentabilidade urbana consiste em compatibilizar as necessidades de ocupação e uso do solo pelo ser humano com a capacidade de suporte do território”. Esta condição está relacionada com um dos principais fatores que contribuem para o aumento das emissões dos gases de efeito estufa decorrente da ação antrópica no meio urbanizado, contribuindo para o processo de mudança climática global. Neste documento são especificados os percentuais de contribuição mundial dos GEE (Gases de Efeito Estufa: CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs, SF₆) analisando as emissões de diferentes setores correspondentes às atividades antrópicas. Ou seja, as emissões antrópicas de GEE possuem duas naturezas básicas: uma relacionada à energia (geração, transformação, utilização em processos industriais e transporte) e outra não energética (mudanças de uso do solo, resíduos e agricultura). O setor “uso do solo e florestas” é responsável por 17,7% das emissões, e dentro do setor energia, a “eletricidade e aquecimento” correspondente a 26,9%, o setor de “manufatura e construção” corresponde a 11% e o setor de transporte corresponde a 11,8% das emissões totais (WRI/CAIT, 2008). Estes setores destacados estão significativamente relacionados com o acelerado processo de urbanização das cidades, ocasionado mudanças no uso do solo natural, aumento de construções e áreas edificadas e conseqüentemente, o aumento na demanda de energia.

Dentre as diretrizes para a mitigação do processo de aquecimento global apontadas pelo documento supracitado e que se relacionam com a temática do presente artigo, destacam-se: a) no setor energia- promoção de programas de eficiência energética em edifícios comerciais, públicos e privados e em residências; b) no setor construção - as leis de parcelamento, uso e ocupação do solo devem fixar parâmetros e critérios de arquitetura e urbanismo sustentáveis, c) no setor transportes - internalização da dimensão climática no planejamento da malha viária e da oferta dos diferentes modais de transportes; desestímulo ao uso de veículos de transporte individual, através da expansão na oferta de outros modais de viagens; ampliação da oferta de transporte público e estímulo ao uso de meios de transporte com menor potencial poluidor e emissor de gases de efeito estufa, d) No setor mudança de uso do solo e floresta - promoção e estímulo à redução da destruição de áreas naturais.

Embora os estudos do IPCC apontem a necessidade de, partindo dos níveis atuais, reduzir as emissões entre 50% a 85% até 2050, para manter o aquecimento global entre 2°C e 2,4°C, as emissões mundiais de CO₂ e a demanda por petróleo permanecem aumentando continuamente (gráfico 1). A utilização da fonte primária de energia a partir de combustíveis fósseis desequilibra o ciclo de carbono do planeta, aumentando o teor de gases

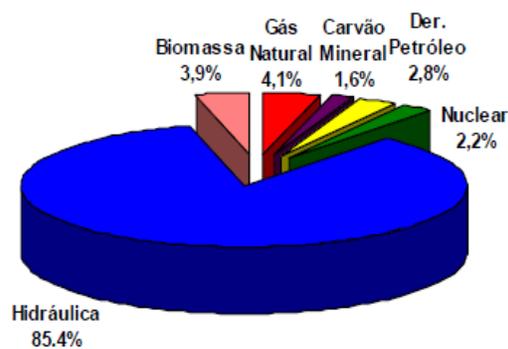
de efeito estufa na atmosfera, causando o aquecimento global. Desta forma, a manutenção deste quadro pode gerar uma alteração irreversível no meio ambiente natural.

Gráfico 1: Demanda mundial de consumo de energia primária de 1970 a 2030



Fonte: IEA - International Energy Agency

Gráfico 2: Matriz de Energia Elétrica no Brasil em 2005



Fonte: Ministério de Minas e Energia- Brasil 2006

Neste contexto, a alteração no perfil da demanda energética, a ampliação da eficiência na produção e no uso final de energia e a substituição de energias fósseis por renováveis, constituem um dos principais desafios para o alcance da sustentabilidade. Deve-se, assim, considerar a complexidade das inter-relações entre a questão energética e o modo de produção e consumo do espaço edificado. O Brasil, portanto, tem sido exemplo mundial no uso de energias renováveis ao manter, desde os anos 1970, sua matriz energética próxima a 50%, originada de fontes renováveis.

Em relação à matriz de energia elétrica nacional, o percentual é ainda maior, alcançando o valor de 89,3% proveniente de fontes renováveis, pois as usinas hidrelétricas são responsáveis pela geração de 85,4% da eletricidade do país (Gráfico 2). Porém, a produção de energia não tem sido acompanhada pela crescente demanda. No ano de 2001, com a crise energética no Brasil (conhecida como o Apagão), o governo passou a adotar medidas que visavam à redução do consumo de energia, estimulando seu uso racional. Nesse contexto, foi promulgada a Lei 10.295/2001, conhecida como Lei de Eficiência Energética. Como parte das ações desenvolvidas no âmbito da política de eficiência energética, foi publicado em fevereiro de 2009, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O objetivo deste regulamento foi estabelecer os procedimentos e parâmetros básicos para avaliação completa do nível de eficiência energética das edificações de uso comercial, de

serviço e público. Esta certificação energética dos edifícios ainda é de caráter voluntário, tanto para construções existentes, quanto novas. Em 2011, foi aprovado o Regulamento Técnico para Avaliação de Edificações Residenciais (RTQ-R), estando também, em fase de análises voluntárias.

Embora a aprovação da certificação nacional (RTQ) de eficiência energética de edificações seja um grande avanço, ainda não pode ser considerada uma ferramenta eficaz para o alcance do uso racional de energia, pois a metodologia de avaliação é baseada na análise do edifício como obra isolada, desconsiderando as influências do entorno imediato no seu desempenho térmico-energético.

Assim, a necessidade de buscar a adequação das edificações ao clima para aproveitamento dos recursos naturais de climatização é colocada hoje como importante fator para amenização da intensa utilização de meios artificiais para a obtenção do conforto térmico, podendo então contribuir para diminuição da demanda por energia elétrica.

III. CONCEITUAIS

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, 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 (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.

Higuera (2006) destaca que a experiência de planejamento e projeto urbanos considerando aspectos bioclimáticos está atualmente mais desenvolvida na Europa. 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 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. 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.

IV. ADENSAMENTO URBANO, BIOCLIMATOLOGIA E OS DESAFIOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO.

Um dos principais fenômenos estudados pela climatologia urbana é a formação da *ilha de calor*, como foi citado anteriormente. 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.

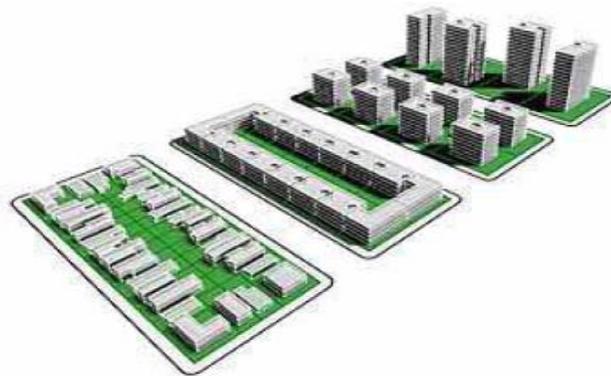
As consequências do fenômeno, como aumento do consumo de energia nos edifícios devido à perda das condições de conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos, coloca em questionamento o estímulo ao alto adensamento construtivo

urbano, apontado por alguns autores, como solução mais adequada para o alcance a sustentabilidade urbana. 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. Ou seja, a bioclimatologia aplicada ao projeto urbano poderá 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 morfologia urbana ideal para o cumprimento destas considerações. Isso porque a densidade populacional indica o grau de compactidade 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.

Ilustração 1: Diferentes tipos de ocupação de uma mesma quadra, mantendo-se uma densidade semelhante.



Fonte: Vargas, 2004.

Desta forma, os estudos da bioclimatologia devem subsidiar o processo de planejamento urbano, através do estudo de parâmetros urbanísticos, definidos na legislação das cidades, do Plano Diretor à Lei de Uso e Ocupação do Solo, pois os mesmos agem diretamente sobre a densidade urbana e determinam os limites de adensamento de uma determinada área, interferindo, ou não, no aproveitamento da ventilação natural e na preservação de áreas de lazer.

Neste contexto, é importante destacar que estes parâmetros não podem ser utilizados universalmente, pois dependem de muitos condicionantes. A altura solar, por exemplo, 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.

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.

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.

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.

Porém, nota-se na atualidade, a manutenção de uma perspectiva de regulação do mercado imobiliário na legislação urbanística das cidades brasileiras, tornando-se a mesma um 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.

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.

A compacidade 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).

Além disso, as soluções urbanísticas 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.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo considerando o conceito de sustentabilidade ainda em construção, a perda da qualidade de vida e os diversos estudos sobre os impactos ambientais urbanos confirmam a necessidade de mudanças imediatas no processo de produção e consumo do espaço habitado. As propostas objetivando o equilíbrio do sistema urbano, a partir da otimização dos seus *inputs* e *outputs*, podem contribuir para facilitar o caminho para o alcance da sustentabilidade.

É nesta perspectiva que se insere o papel da bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico e urbano, abarcando uma potencialidade para o alcance da sustentabilidade urbana devido às contribuições em diversas dimensões: na *dimensão humana* através do atendimento das necessidades físico-biológicas associadas ao conforto ambiental; na *dimensão econômica* com a redução de recursos financeiros e de consumo de energia, principalmente elétrica; na *dimensão cultural* com a preservação de padrões arquitetônicos locais, reforçando e promovendo a identidade arquitetônica regional e nacional; na *dimensão espacial* a partir de uma arquitetura planejada para interagir com a natureza e promover conjuntos urbano-arquitetônico mais equilibrados espacial e ambientalmente; e na *dimensão tecnológica* com o desenvolvimento de novas técnicas, sistemas passivos, materiais e componentes arquitetônicos.

Os estudos fundamentados na análise de desempenho bioclimático da forma/morfologia urbana a partir das considerações do aproveitamento dos recursos naturais, além de contribuir para a redução do consumo de energia, subsidiará a mitigação do processo de aquecimento global. Para isso, é imprescindível a revisão das legislações urbanísticas para o atendimento das solicitações climáticas e termoenergéticas do meio urbano, como também, a elaboração e implantação de políticas urbanas de desestímulo ao espraiamento dos tecidos urbanos. Estes correspondem aos principais caminhos para o

alcance dos princípios determinantes da interface conceitual da bioclimatologia e da sustentabilidade urbana.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GIVONI, B. (1989) *Urban design in different climates*. Genebra, report WMO/TD - n°346.

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.

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

MONTEIRO, C. A de F (1976). *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo, IGEOG-USP. Série Teses e Monografias, n°25.

OLGYAY, V .(1963) *Design With Climate*. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. 4th ed. Princeton, New Jersey. U. S. A. :Princeton University Press.

SACHS, Ignacy (1993): *Estratégias de transição para o século XXI*. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Studio Nobel/Fundap, São Paulo

SILVA, Geovany Jessé Alexandre; BUSTOS ROMERO (2011) Marta Adriana (2011). *O urbanismo sustentável no Brasil*. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 02). *Arquitextos*, São Paulo, 11.128.