



## **The project performance simulation for more sustainable built environments and the Integrated Modification Methodology**

**Pedro Henrique Alves Negreiros**

*Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil*  
[phnegreiros@poli.ufrj.br](mailto:phnegreiros@poli.ufrj.br)

**Gisele Silva Barbosa**

*Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil*  
[giselebarbosa@poli.ufrj.br](mailto:giselebarbosa@poli.ufrj.br)

**ABSTRACT:** In the performance project, several important decisions are taken in isolation and arbitrarily, without a reliable projection of the final result. The knowledge lack of that performance in the designing process waste opportunities and can transfer to the user and the environment from the errors impacts and costs for the corrections. Thus, this highlights the need of a systemic overview application between the different variables, which do the final solution of the project, with the simulation techniques and the digital evaluation that looking for the most appropriate solution. In urban context, the Integrated Modification Methodology (IMM) is phase-integrated processes that builds from urban environment already developed in a more sustainable and efficient environment, through morphological changes. Therefore, the IMM proposes simulations with pre-established indicators. This paper presents the method and analyzes its applicability in the Brazilian context from the experience performed in the Rio de Janeiro city. Besides that, seeks the reflection about how BIM platform can expand the possibilities of IMM tests.

**Keywords** *Urban Design; Urban Planning; Integrated Modification Methodology*

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo aumento da eficiência energética das cidades vem elevando a complexidade e a importância do ato de projetar. Essa afirmação vale, tanto para projetos de edificações, quanto para projetos urbanos. Uma dificuldade encontrada é a falta de garantias ao melhor desempenho do conjunto, devido à subjetividade na arte de projetar e ao baixo compartilhamento e interação entre os diferentes agentes envolvidos: projetistas, consultores, clientes e usuários finais (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002, apud BRÍGITTE, 2013). Dessa maneira, muitas decisões determinantes ao desempenho são tomadas isolada e hierarquicamente, sem projeção eficaz ao desempenho final (FIGUEIREDO; SILVA, 2012 apud BRÍGITTE, 2013, p.1). Além disso, transferem ao usuário e ao meio ambiente o ônus dos erros e custos da realização de correções (ALUCCI, 2007 apud BRÍGITTE, 2013).

Pesquisas focadas na gestão do processo de projeto destacam a necessidade de aplicação de uma visão sistêmica entre as diversas variáveis que compõem a solução final do projeto (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003 apud BRÍGITTE, 2013). No âmbito urbano, o IMM (Integrated Modification Methodology) se apresenta como uma metodologia de projeto baseada em simulações de desempenho de acordo com indicadores pré-estabelecidos. Seu objetivo é encontrar soluções a partir de alterações urbanas para tornar o ambiente trabalhado mais sustentável e com a maior eficiência energética possível por meio de alterações na sua morfologia. Esse artigo também tem como propósito servir de referência teórica para uma pesquisa ainda em elaboração que utilizará o IMM e as teorias sobre as inter-relações da forma urbana no cotidiano da cidade. Desta forma, o interesse principal é discutir essas inter-relações e apresentar a metodologia e a importância do BIM na elaboração de projetos e/ou revitalizações urbanas sustentáveis. Não foi intenção dos autores, nesse momento, apresentar um estudo de caso, visto que os resultados ainda são bastante preliminares.

Buscou-se apresentar algumas das possíveis inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na urbe com a intenção de problematizar a importância da boa forma urbana. Essa abordagem foi realizada no intuito de verificar se a metodologia do IMM aborda esses diferentes parâmetros escolhidos para a análise: mobilidade, segregação e microclima e como ela pode ser usada em cidades tropicais e segregadas como é o caso da grande maioria das cidades brasileiras.

A pesquisa se justifica pela possibilidade de realizar simulações computacionais como forma de contribuir para a melhoria do espaço urbano. É uma oportunidade de se testar possibilidades a partir da simulação de desempenho para os projetos urbanos, que muitas vezes são elaborados com base em teorias, sem comprovação de resultados. O objetivo é, portanto, apresentar o IMM como uma opção metodológica, discutindo a relação entre morfologia urbana e sustentabilidade, além de analisar possíveis falhas desse processo e apontar soluções. De uma forma mais ampla, contribuir para o aperfeiçoamento das práticas projetuais urbanas sustentáveis.

## 2. MORFOLOGIA URBANA E SUSTENTABILIDADE

De acordo com Ximenes (2015), para a elaboração de um projeto sustentável em territórios, é necessária a capacidade de adaptação face às grandes tendências evolutivas de carência

econômica, social e ambiental segundo a perspectiva da resiliência; a qual se refere à capacidade de um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se enquanto está sujeito à forças de mudança, sendo capaz de manter o essencial de suas funções, estrutura, identidade e mecanismos (WALKER et al., 2004 apud XIMENES, 2015).

A sustentabilidade urbana envolve diversas instâncias que confirmam a complexidade da urbe. Abordagens sociais, ambientais, econômicas e estruturais são importantes para se discutir a sustentabilidade. No entanto, este artigo se aterá a forma física da urbe, visto que a metodologia estudada, a do IMM, se atem a esse parâmetro de avaliação urbana. No intuito de expor as inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na cidade, foram selecionadas três abordagens que se julgaram mais relevantes: a mobilidade, o conforto ambiental a partir do microclima e a segregação espacial.

## **2.1 Morfologia urbana e mobilidade**

O direito de ir e vir é assegurado pela Constituição brasileira, no entanto a qualidade desse direito é desrespeitada com frequência na grande maioria das cidades. A mobilidade é uma preocupação constante e unânime para os planejadores urbanos e para a gestão das cidades. Com o crescimento acelerado das urbes e o incentivo governamental ao uso excessivo e indiscriminado do automóvel individual, a “imobilidade” se tornou uma constante nas cidades brasileiras.

Herdou-se ainda do Modernismo um 'culto' ao automóvel e parte da economia brasileira se beneficiou com ações de incentivo à compra de veículos individuais em detrimento do transporte de uso público e coletivo. Muito foi feito em prol do automóvel inclusive no que se refere à interligação de cidades com grandes obras rodoviárias e praticamente a extinção da rede ferroviária brasileira, principalmente a de passageiros.

Ainda na década de 60, Jacobs (1961, apud CHOAY, 2007) já criticava a priorização do automóvel em detrimento do pedestre.

“Pensar nos problemas da circulação urbana em termos simplistas – pedestres contra automóveis – e propor como objetivo a completa segregação das duas categorias é colocar o problema ao inverso. Pois o destino dos pedestres nas cidades não pode ser dissociado da diversidade, da vitalidade e da concentração das funções urbanas” (JACOBS, 1961 apud CHOAY, 2007).

Para Ximenes (2016, pag. 94), ao contrário do que Le Corbusier defendia no movimento Moderno, as cidades não são máquinas para se viver, mas sim organismos vivos que podem até mesmo padecer caso não haja um planejamento eficiente (XIMENES, 2016).

Para Gehl (2013 apud BIAGINI, 2014) durante muitos anos não havia muito conhecimento sobre a influência da forma física das cidades sobre o comportamento humano, no entanto, atualmente muitos estudos se dedicam a esse tema e isso está trazendo melhorias diretas aos ambientes urbanos. Uma delas é o planejamento pautado no usuário e nas suas experiências e necessidades. Como consequência disso, diversos projetos estão sendo feitos em prol do pedestre e da articulação de meios de transportes diferentes.

A forma urbana influencia diretamente a mobilidade podendo trazer benefícios ou entraves à locomoção. Traçados ortogonais, por exemplos, criam um excesso de cruzamentos que podem ser prejudiciais ao deslocamento de automóveis; quarteirões muito extensos tornam-se obstáculos para o deslocamento de pedestres; vias muito estreitas e sinuosas

dificultam a circulação de veículos coletivos, mas não são barreiras para bicicletas e pedestres. São muitos os exemplos de interferência direta da forma urbana na mobilidade e uma mesma forma pode contribuir para um meio de locomoção e obstruir outro. Desta forma, quando se pensa em desenho urbano a qualidade do mesmo está diretamente ligada às diversas formas possíveis e interligadas de se deslocar pela urbe. A mobilidade pautada por um único meio de transporte traz entraves aos diferentes espaços urbanos. Pequenos deslocamentos devem ser priorizados através do incentivo ao uso misto, à promoção de possibilidade caminhos variados, principalmente através de quarteirões menores e vias com facilidade de travessia, ao uso da bicicleta como meio de transporte, entre outros. Ainda, os deslocamentos maiores, devem ser realizados, primordialmente por meios de transporte coletivo e, em cidades grandes, deve-se ter o cuidado de incentivar transporte de massa, como metrô e barcas, e não apenas o ônibus urbano. A qualidade da mobilidade é fortalecida quando há adesão ao deslocamento a pé ou por bicicleta combinado com o uso de um transporte público coletivo eficiente.

A mobilidade é um parâmetro essencial da sustentabilidade urbana e para ser alcançada é necessário um sistema que “assegure e facilite o alcance às oportunidades e funções sociais e econômicas das cidades à população e às gerações futuras; e que se relacione com as demais políticas públicas e sistemas” (XIMENES, 2016 p.122).

## 2.2 Morfologia urbana e microclima

De acordo com Silva e Alvarez (2015), a qualidade do espaço urbano está diretamente relacionada à qualidade de vida na cidade, da qual é parte integrante os conceitos de conforto térmico e microclimas urbanos. Para tornar as cidades mais sustentáveis e com a maior eficiência energética possível, o IMM busca torná-las mais compactas, com maior densidade e mistas. O uso misto é indispensável para diminuir as distâncias entre casa-trabalho trabalho-casa e contribuir para a maior vivacidade urbana (LYNCH, 1984) e a economia de energia, principalmente nos deslocamentos. No entanto, a compactação urbana deve ser compreendida com restrições, principalmente em cidades tropicais como é o caso do Brasil. Muitos governantes estão utilizando o conceito de compactidade de forma errônea e permitindo grandes especulações imobiliárias a partir de uma legislação voltada para a verticalização e adensamento urbano sem se preocupar com o microclima local (BARBOSA et al, 2014).

A morfologia urbana influencia diretamente o microclima local e a densificação excessiva pode trazer prejuízos ao mesmo. De acordo com Barbosa, Drach e Corbella (2010), em um estudo de simulação computacional realizado em comparação entre a compactação em uma cidade do estado do Rio de Janeiro e uma cidade alemã, a cidade fluminense sofreu um acréscimo de até 9°C no verão do Hemisfério Sul e a cidade alemã somente de 2° no verão europeu. Isso demonstra a interferência negativa da compactação excessiva sobre o microclima. Em outro estudo, com simulações em túnel de vento com maquetes físicas, foi verificado que a morfologia dos bairros de Copacabana e Ipanema influenciam diretamente na ventilação e a densidade excessiva de Copacabana é ainda mais nociva ao conforto térmico local (DRACH et al, 2015).

É importante salientar que o incentivo ao desenvolvimento de cidades menores com uso e ocupação do solo misto e a mobilidade entre as mesmas bem desenvolvida podem trazer os

benefícios semelhantes ao da compactação com relação à vivacidade urbana e a economia de energia sem trazer prejuízos ao microclima e o uso excessivo de sistemas de refrigeração.

### 2.3 Morfologia urbana e a segregação espacial

Uma das consequências do crescimento acelerado das cidades sem uma infraestrutura adequada, principalmente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, é o crescimento desordenado e a consequente segregação urbana. Para Vilaça (2011) ressalta que a segregação urbana é o reflexo da desigualdade da sociedade brasileira expressa no meio urbano. Para o autor:

“Nenhum aspecto do espaço urbano brasileiro poderá ser jamais explicado/compreendido se não forem consideradas as especificidades da segregação social e econômica que caracteriza nossas metrópoles, cidades grandes e médias” (VILLAÇA, 2011).

A segregação não possui uma única definição, visto que a problemática social e espacial urbana possui problemas segregacionista de diversas origens. Alguns autores como, Lojkin (1981), apontam o preço da terra como fator dominante para a ocupação do solo de forma segregacionista, mas outros autores, como Vilaça (2011), reforçam que, na prática, não é sempre que a população de baixa renda ocupa áreas desvalorizadas e as classes dominantes as de alto custo. No entanto, a partir da ocupação da terra, é notório e a área ocupada pela classe alta tornasse atrativa e a ocupada pela classe baixa é desvalorizada. As diferenças ficam ainda mais evidentes no que tange ao desenho urbano, pois, na maioria das vezes, a ocupação pela classe baixa é feita sem planejamento prévio ou um planejamento preocupado com o quantitativo assentado e não com a qualidade do loteamento. No entanto, quando é de interesse de uma classe mais abastada, a forma urbana recebe maior notoriedade e até mesmo as questões estéticas são consideradas na implantação.

### 3. INTEGRATED MODIFICATION METHODOLOGY

O IMM (sigla para Integrated Modification Methodology) é uma metodologia de projeto que visa transformar um contexto urbano existente em uma forma mais sustentável por meio da modificação da sua morfologia. De acordo com Tadi e Manesh (2013), nesta metodologia, a cidade é considerada um sistema complexo adaptativo (CAS) dinâmico, composto por uma superposição de componentes inter-relacionados, classificados em diferentes camadas ou subsistemas.

O IMM é baseado em um processo composto por 4 etapas, sendo elas:

- Fase 1: Investigação/Análise;
- Fase 2: Formulação;
- Fase 3: Modificação;
- Fase 4: Adaptação e Otimização.

A primeira fase consiste da investigação da configuração atual do CAS e a relação entre a sua morfologia e seu consumo energético. Para tal, é feito o desmembramento do CAS em seus subsistemas principais: Volumes, Vazios, Função e Transportes. Essa etapa é chamada de Investigação Horizontal.

Posteriormente acontece a Investigação Vertical, que, conceitualmente, consiste no cruzamento desses subsistemas, gerando as Categorias Chave, da seguinte forma:

- $\text{Volumes} \times \text{Vazios} = \text{Porosidade}$ ;
- $\text{Volumes} \times \text{Função} = \text{Proximidade}$ ;
- $\text{Volumes} \times \text{Transporte} = \text{Eficiência}$ ;
- $\text{Vazios} \times \text{Função} = \text{Diversidade}$ ;
- $\text{Vazios} \times \text{Transporte} = \text{Interface}$ ;
- $\text{Função} \times \text{Transporte} = \text{Acessibilidade}$ .

Cada Categoria Chave é mensurada por meio de equações matemáticas. Com os resultados, são analisados o valor e o papel de cada categoria na performance energética do CAS, com base em indicadores pré-estabelecidos.

A segunda fase da metodologia, chamada de Formulação, consiste em criar hipóteses para modificar estruturalmente o CAS. Essas hipóteses são orientadas por princípios de projeto e pela escolha, com base na análise anterior, do subsistema catalisador do projeto. Os outros subsistemas assumirão a função de reagentes.

A terceira fase (Modificação) é composta pela Modificação Horizontal e Vertical. A partir da modificação do subsistema catalisador, inicia-se uma reação em cadeia (Modificação Vertical), gerando novos valores para as categorias chave.

Na quarta fase (Adaptação e Otimização), o novo CAS é avaliado e comparado com o anterior através dos mesmos indicadores usados na primeira fase. De acordo com Tadi e Manesh (2013), os indicadores ajudam a guiar a transformação do complexo sistema de maneira correta, assim como os resultados do processo de transformação.

#### **4. INTERFACE DO IMM COM A PLATAFORMA *BUILDING INFORMATION MODELING***

A metodologia IMM trabalha as 'camadas' urbanas através de interfaces computacionais sobre um modelo CAD. Desta forma, a metodologia fica limitada às questões morfológicas. Apesar deste ser o objetivo do processo, questões não analisadas podem causar prejuízos ao ambiente modificado, como foi mostrado no item anterior.

Segundo Salgado (2015), o desenvolvimento do projeto requer a capacidade de antever os possíveis problemas relacionados com outras especialidades de projeto. Este artigo destaca que a migração progressiva dos softwares de análise energética e ambiental por meio de uma futura interação ao sistema BIM deve modificar sensivelmente a maneira de integrar os estudos de questões ambientais ao projeto.

De acordo com Kensek & Noble (2014 apud Marques et al. 2015), o BIM (Building Information Modeling) é "um banco de dados digital, com estrutura integrada, informado pela arquitetura, engenharia, construção e indústria de operações, que consiste em objetos paramétricos em 3D e que permitem a interoperabilidade".

Ao adotar o modelo tridimensional como catalisador de informações sobre o projeto, haverá o benefício de um processo mais ágil e dinâmico, que permitirá a integração e colaboração dos diferentes agentes no processo. Com esta plataforma, é possível simular, por exemplo, a incidência do sol e a carga térmica na envolvente do edifício e, portanto, prever alterações no microclima urbano consequentes de um possível adensamento.

Marques et al. (2015) consideram este panorama como uma oportunidade de estreitar os laços entre os critérios estéticos e técnicos, de forma a colaborar para o desenvolvimento de projetos relacionados com alto desempenho e comprometidos com a sustentabilidade.

Desta forma, este artigo destaca a importância e possível potencial melhora do IMM caso o mesmo considerasse em seu desenvolvimento em uma plataforma BIM. No entanto, considera também, que apesar disso, ainda possui grande valor avaliativo e de simulação computacional mesmo com a interface CAD.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na urbe reforçam a importância de projetos que visam a boa forma urbana. A metodologia do IMM aborda de forma assertiva a questão da mobilidade, pois entende que, para que esta seja sustentável, mais do que um sistema de transporte eficiente, é necessário um desenho urbano eficiente. E isso se faz através de uma cidade compacta e com diversidade de usos no mesmo espaço.

Por outro lado, o IMM não contempla questões importantes, como a alteração do microclima urbano e a segregação espacial. Além disso, por se tratar de uma metodologia baseada na interface CAD dificulta um desenvolvimento mais aprimorado de cálculos e simulações que uma interface BIM permitiria.

Por ser realizado com simulações computacionais, o IMM permite testar o desempenho do projeto quantas vezes forem necessárias para contribuir para a melhoria do espaço urbano. Mas para aumentar a eficiência e eficácia dessas simulações, inclusive abrangendo para outras questões não contempladas atualmente, sugere-se que o processo migre para a plataforma BIM, onde poderá associar informações além da forma aos volumes analisados.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, G.S.; Rossi, A.M.G.; Drach, P.R.C. 2014. Análise de Projeto Urbano a partir de parâmetros urbanos sustentáveis: alteração morfológica de Copacabana e algumas de suas consequências climáticas (1930-1950-2010). *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v.6, p.275 – 287.
- Barbosa, G.S.; Drach, P.R.C.; Corbella, O.D. 2010. A Comparative Study of Sprawling and Compact Areas in Hot and Cold Regions: Way to Sustainable Development of Cities In: *WREC -World Renewable Energy Congress*, Abu Dhabi.
- Brigitte, G.T.N. 2013, *Integração De Desempenho Na Avaliação De Projeto: modelo de informação e simulação computacional na etapa de concepção*. Campinas, Brazil.
- Drach, P.R.C.; Gisele Silva Barbosa; Oscar Daniel Corbella, O.D. 2015. Effects of Urban Morphology Changes on Ventilation: Studies in Wind Tunnel. *Journal of Civil Engineering and Architecture* (Print)., v.9, p.853 – 868.
- Lynch, K. 1984. *Good City Form*, MIT Press, Cambridge MA and London 1981; 2ª ed.
- Marques, A.C.; Bastos, L.E.G.; Bonneaud, F. 2015. *Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM*. Guimarães, Portugal.
- Salgado, M.S.; Cunha, M.A.B.; Duarte, T.M.P. 2015. *Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Tadi, M.; Manesh, S.V. 2013. *Integrated Modification Methodology (IMM): A Phasing Process for Sustainable Urban Design*.
- TOWARDS A SUSTAINABLE ENVIRONMENT: Green Building and Renewable Energy Options. Abu Dhabi: *Environment Agency Abu Dhabi (EAD) and World Renewable Energy Congress WREC/UK*, 2010. v.1