

O USO DO CIM (*CITY INFORMATION MODELING*) PARA GERAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO EM CONJUNTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO

CIM (City Information Modeling) use for the generation of site layouts for social housing complexes: a teaching experience

José Nuno Beirão¹, Leticia Teixeira Mendes², Gabriela Celani³

RESUMO A questão da habitação e os paradigmas que envolvem o habitar humano na contemporaneidade têm sido uma temática recorrente no panorama arquitetônico do século XXI; assim, torna-se necessário entendê-los como elementos fundamentais na estruturação das cidades. Essa problemática se intensifica ao analisarmos o tema da habitação de interesse social (HIS) e seu impacto na qualidade de vida dos habitantes e, como consequência, das cidades brasileiras. O presente trabalho é parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado que utilizou o formalismo da gramática da forma e a abordagem da modelagem paramétrica como métodos para a geração de espaços públicos em conjuntos de HIS no Brasil, assumindo que essa metodologia possa contribuir para uma exploração mais ampla e aprofundada de diferentes soluções projetuais. A fim de testar o método proposto foram organizados três workshops com alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas. Cada workshop foi direcionado para diferentes escalas do projeto de um conjunto habitacional: (1) desenho urbano, (2) implantação urbana do conjunto habitacional e (3) relação entre os edifícios e os espaços externos. Este artigo apresentará os resultados obtidos no workshop (1), denominado Parametric Urban Design.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem paramétrica, City Information Modeling, Habitação de interesse social.

ABSTRACT The issue of housing and the paradigms related to human dwelling in the contemporary world have been a recurrent topic in the 21st century architectural scenario; therefore, it is necessary to understand them as fundamental elements in the structuring of cities. This issue is even more relevant when we consider low-income housing and its impact on the life quality of people and, therefore, of Brazilian cities. This paper presents part of the results of a PhD research that used the Shape Grammar formalism and the parametric modeling approach as methods for the generation of public spaces in low-income housing developments in Brazil. The research assumed that these methods could contribute to the generation of a broader number of design alternative solutions. Aiming to test the proposed method, three workshops were offered to the University of Campinas Architecture and Urban Design students. Each workshop focused on a different design scale: (1) urban design, (2) site planning of the complex and (3) spatial relations between buildings and open spaces. In this paper the results of the first workshop, titled Parametric Urban Design, are described.

KEYWORDS: Parametric design, City Information Modeling, Low-income housing.

¹ Universidade de Lisboa, UL

² Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

³ Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

How to cite this article:

BEIRÃO, J. N.; MENDES, L. T.; CELANI, G. O uso do CIM (*City Information Modeling*) para geração de implantação em conjuntos de habitação de interesse social: uma experiência de ensino. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2015
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102564>

Fonte de financiamento:

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos nº 2012/10498-3, 2011/50139-0 e 2013/09362-2)

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 20 ago. 2015

Aceito em: 31 ago. 2015



INTRODUÇÃO

O problema habitacional e as questões que tangem o habitar humano na atualidade têm sido frequentemente abordados no panorama do século XXI, tornando fundamental seu entendimento como elemento que estrutura o ambiente citadino. A partir de uma análise da produção de habitação de interesse social (HIS), percebe-se uma intensificação dessa problemática no contexto brasileiro e seu impacto na qualidade de vida dos habitantes, e como consequência, das cidades do país. A questão da repetição e padronização na arquitetura – incluindo a habitação – tem sido discutida desde a Modernidade, após o advento da produção industrial ter influenciado a construção civil, implicando em racionalidade e aumento da produção, a partir da padronização de projetos e elementos. O resultado dessas transformações levou ao desenvolvimento de uma arquitetura de massas, rompendo com as tradições construtivas locais e estabelecendo normas universais para acomodações mínimas, monotonia e falta de qualidade dos espaços urbanos.

Mitchell (2008) define dois paradigmas de projeto: o primeiro ilustra a produção arquitetônica do século XX – caracterizado como um período em que os arquitetos e projetistas se preocupavam com a padronização, generalização e repetição, com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade; e o segundo propõe um novo paradigma para o século XXI – como cenário de uma mudança fundamental no processo de projeto e produção arquitetônica, com ênfase renovada em questões relacionadas ao local, ao indivíduo e à variação promovida em resposta a essa interação. Segundo o autor, essa transformação ocorrerá por meio da utilização das tecnologias da informação aplicadas ao projeto e na construção de edifícios, permitindo dessa forma, uma nova abordagem em relação ao habitat humano e sua concepção.

Dentro desse paradigma, a produção de HIS no Brasil revela um vínculo à lógica modernista da padronização das tipologias, definida para o homem “médio” corbusiano, determinando assim, a forma de projetar e construir moradias ao longo do século XX até os dias atuais. Os arquitetos e projetistas da era industrial defrontavam-se com o problema de responder às exigências das massas, compostas por usuários diferentes, com necessidades distintas. No entanto, a estratégia modernista para essa questão foi utilizar um modelo “ideal” ou “médio” de usuário como base para projetar tanto eletrodomésticos quanto habitações. Assim, uma das vantagens proclamadas pela padronização e repetição indefinida referia-se à economia de tempo e trabalho intelectual, uma vez que projetar todas as possibilidades individualmente, em resposta às diferenças reais dos usuários, demandava tempo e maior orçamento para desenvolvimento e execução dos projetos (MITCHELL, 2008).

Steele (2001) aponta três grandes revoluções tecnológicas que marcaram e modificaram o curso da história humana: a agrária, a industrial e a informática. O impacto das duas primeiras revoluções no campo da arquitetura foi amplamente discutido; no entanto, a revolução informática, iniciada nos anos 1950, está em desenvolvimento e sua consequência ainda não pode ser mensurada. As mudanças decorrentes deste processo introduziram novos paradigmas em relação à produção industrial e à concepção de produtos, alcançando inclusive o setor habitacional. Hoje vivenciamos uma nova abordagem em direção à personalização em série, em contraposição à padronização Moderna.

A partir do panorama contemporâneo, o espaço é redesenhado através da multiplicidade de dispositivos e ferramentas resultantes da Era da Informação – dispositivos que possibilitam novas realidades arquitetônicas, personalização da produção e sugerem formas mais complexas, abertas e dinâmicas. Dessa forma, as tecnologias digitais estão transformando não apenas os processos de projeto, como também a prática arquitetônica (sua

produção e fabricação), possibilitando avanços na construção alcançados anteriormente apenas nas indústrias automotiva, aeronáutica e naval (KOLAREVIC, 2005). Hoje, pela primeira vez, podemos vivenciar uma geração de jovens profissionais nascidos na era digital; no entanto, as consequências dessas transformações no processo projetual e seus impactos ainda não são totalmente mensuráveis. Os avanços nas tecnologias CAD (*computer-aided design*) e CAM (*computer-aided manufacturing*) e o potencial gerativo e criativo dos meios digitais promoveram uma conexão direta entre método de projeto e construção. Como consequência deste fato, a relação histórica entre arquitetura e seus meios de produção sofre uma mudança de paradigma (KOLAREVIC, 2005), levando a uma necessidade cada vez maior de correlação entre a produção em massa e a individualidade na sociedade contemporânea, aplicável desde o desenho industrial até o âmbito do habitat humano.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Desde o *Design Methods Movement* – período de discussões, conferências e publicações sobre métodos de projeto nas áreas de arquitetura, engenharia e desenho industrial na década de 1960 – duas abordagens vêm sendo empregadas no sentido de otimizar o processo de projeto e proporcionar maior flexibilidade aos projetos arquitetônicos: a parametrização (Figura 1A) e o projeto baseado em regras (*rule-based design*). A primeira estratégia consiste em definir relações topológicas entre as partes de um edifício ou plano no caso de projeto urbano, sendo a definição das medidas precisas uma fase subsequente do projeto. Em geral essas dimensões podem ser selecionadas a partir de um intervalo desejável, com valores mínimos e máximos, sempre múltiplos das medidas dos componentes construtivos, resultando maior flexibilidade e variedade (MONEDERO, 2000). A estratégia baseada em regras (BROADBENT, 1970) consiste em definir situações em que determinado elemento pode ser conectado a outro, e de que maneira isto pode ocorrer (Figura 1B). Este método permite uma variedade ainda maior de projetos, uma vez que a ordem da aplicação das regras pode resultar em composições completamente diferentes. A combinação dessas duas estratégias – *rule-based design* e parâmetros – pode levar a um número ainda maior de possibilidades, mantendo a racionalidade e a lógica construtiva (Figura 1C).

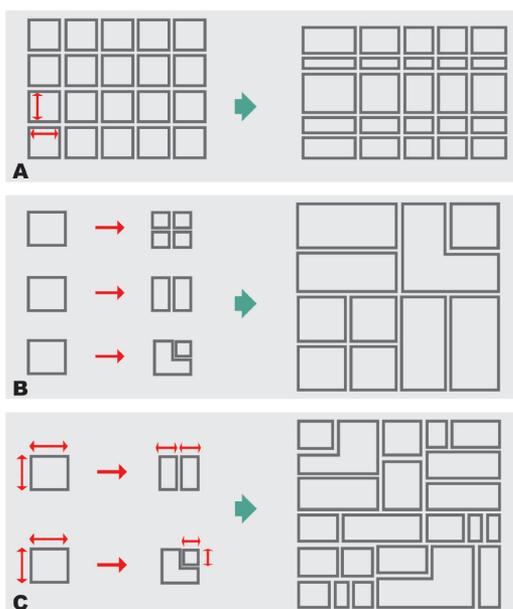


Figura 1. Diferentes abordagens projetuais: Parametrização (A); Projeto baseado em regras (B) e combinação das duas estratégias (C). Fonte: Autor, 2014.

Um dos métodos que vêm sendo utilizados para a geração sistemática de arranjos espaciais personalizados é a Gramática da Forma, que, ao longo dos anos, tem sido explorada em diversas aplicações para a resolução de problemas projetuais, permitindo a geração de projetos a partir de uma forma inicial, por meio da aplicação recursiva de regras compositivas (DUARTE, 2007; KNIGHT, 2000; CELANI et al., 2006). Este método permite combinar as regras com a variação paramétrica, gerando uma grande diversidade de possibilidades, mas sempre com uma lógica subjacente.

O presente trabalho é parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado que utilizou o formalismo da gramática da forma e a abordagem da modelagem paramétrica como métodos para a geração de espaços públicos em conjuntos de habitação de interesse social (HIS) no Brasil; assumindo, assim, que essa metodologia pode contribuir para uma exploração mais ampla e aprofundada de diferentes soluções projetuais.

A fim de testar o método proposto foram organizados três workshops com alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Cada workshop foi direcionado para diferentes escalas do projeto de um conjunto habitacional: (1) desenho urbano (escala do bairro), (2) implantação urbana do conjunto habitacional e (3) relação entre os edifícios e os espaços externos. Este artigo apresentará os resultados obtidos no workshop (1), denominado *Parametric Urban Design*, a partir da análise da utilização de um conjunto de ferramentas definido como *CityMaker*. A nomenclatura dessa ferramenta remete ao conceito de CIM (*City Information Modeling*) (MONTENEGRO; BEIRÃO; DUARTE, 2011; GIL; ALMEIDA; DUARTE, 2011) e tem como objetivo analisar, gerir e projetar o espaço urbano, avaliando resultados como suporte à decisão em projetos urbanísticos.

A realização desse workshop possibilitou uma excelente oportunidade de aplicação de uma nova ferramenta de projeto, desenvolvida por Beirão durante seu doutorado na Universidade Técnica de Delft (TU Delft), e na Universidade Técnica de Lisboa (UT Lisboa), no âmbito do projecto *CityInduction* (DUARTE; BEIRÃO; MONTENEGRO; GIL, 2012), que consiste em uma abordagem para a análise e geração de planos urbanísticos, incluindo um uso ilustrativo de um conjunto de ferramentas que foram desenvolvidas para esse efeito, incluindo o método de projeto desenvolvido por Duarte e Beirão (2012). Esse método permite a utilização de padrões de projeto paramétricos programados numa plataforma constituída por um software de modelagem tridimensional e uma interface de programação paramétrica¹. Além disso, essa experiência demonstra a importante contribuição dos conceitos desenvolvidos por Beirão, Duarte e Stouffs (2011) e por Beirão (2012) e sua colaboração na pesquisa de doutorado que estava em desenvolvimento na Universidade Estadual de Campinas por Mendes (2014), uma vez que as questões de personalização, projeto paramétrico e gramática da forma eram temas comuns em ambas investigações.

Área de intervenção e *design brief*

A primeira etapa do workshop foi constituída por uma breve explicação das ferramentas que seriam utilizadas e exemplos de sua aplicação em outros contextos. Além disso, o uso da Gramática da Forma para análise de implantação urbana de conjuntos de HIS, a área de intervenção para a proposta de urbanização e o *design brief* foram apresentados aos estudantes. A área delimitada para a intervenção proposta está localizada na cidade de Campinas, limítrofe à Rodovia Lix da Cunha e constitui um importante vetor de crescimento da cidade em direção ao aeroporto internacional. O local também suscita diversas questões com as quais os estudantes teriam que

¹ O software de modelagem tridimensional utilizado foi o Rhinoceros juntamente com o plug-in Grasshopper – o qual permite a construção de um modelo paramétrico. À medida que os valores dos parâmetros estabelecidos no Grasshopper são alterados, o modelo geométrico é automaticamente atualizado.

se confrontar para o desenvolvimento do projeto, dentre elas a diversidade da vizinhança (que inclui um condomínio de alto padrão, um conjunto habitacional, um loteamento de baixa renda, assentamentos informais e um empreendimento do Governo Federal para treinamento Olímpico), e a proximidade do cruzamento da Anhanguera com a Lix da Cunha, onde se encontra o maior assentamento informal de Campinas, o Parque Oziel².

O *design brief* incluiu o desenvolvimento de um desenho urbano para essa região, considerando os seguintes requisitos: (1) habitação para uma população de 5.000 a 10.000 pessoas distribuídos em três conjuntos predefinidos de acordo com sua renda mensal; (2) estruturas para facilitar e incentivar o comércio local; (3) instalações (escolas, postos de saúde, creches, parques, centro de esportes); (4) estruturas para prestação de serviços (possivelmente relacionados com atividades aeroportuárias) e (5) infraestrutura de transporte para conexão entre a cidade e o aeroporto.

CityMaker

O método de projeto definido como *CityMaker*, foi desenvolvido por Duarte e Beirão (2012) e consiste em um método associado a um conjunto de ferramentas para gerar soluções alternativas para um contexto urbano. O método propõe a utilização de um conjunto combinado de padrões de projeto (*design patterns*) que codificam ações típicas de projeto usados por urbanistas. *Design Patterns*, na definição de Gamma et al. (1995), constituem “*templates*” de código frequentemente utilizados em programação que aqui se adaptam para o contexto do projeto urbano. A combinação de padrões gera diferentes planos urbanos que podem ser ajustados por meio da manipulação de vários parâmetros em relação aos indicadores urbanos atualizados. Os padrões foram desenvolvidos a partir da observação de procedimentos típicos de desenho urbano, primeiro codificado como *gramáticas discursivas* (Duarte 2001) e, mais tarde traduzidos para padrões de projeto paramétricos (Figura 2). O método e as ferramentas propostos em *CityMaker* permitem ao arquiteto compor uma solução projetual a partir de um conjunto de premissas programáticas e ajustá-la, alterando parâmetros enquanto verifica as mudanças dos indicadores urbanos em tempo real. O termo *CityMaker* inclui o acrônimo CIM relativo a *City Information Modeling* que à semelhança do termo BIM pretende integrar numa única plataforma o projeto urbano e métodos analíticos fazendo uso de informação associada por georreferenciação.

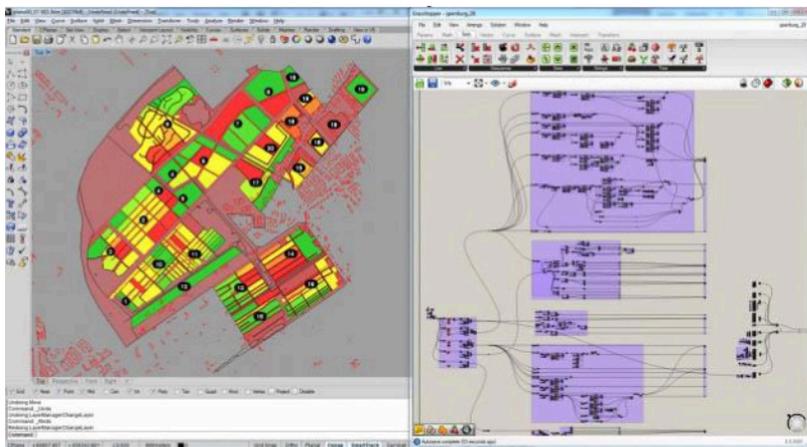


Figura 2. Ferramenta *CityMaker* implementada no plug-in *Grasshopper* e visualização no software de modelagem *Rhinceros*. Fonte: Beirão, 2012.

² Parque Oziel é a maior invasão urbana da América Latina, possui uma população estimada pela Secretaria da Habitação de Campinas em 30 mil pessoas, ou 6.600 famílias.

A ferramenta computacional *CityMaker* inclui um conjunto de padrões de projeto paramétricos programados para gerar as operações típicas de projeto urbano, tais como ruas, malhas e espaços públicos, e um segundo conjunto de ferramentas utilizadas para medir as propriedades de densidade de espaços urbanos segundo as convenções desenvolvidas por Berghäuser-Pont e Haupt (2010). Portanto, essa abordagem combina ferramentas analíticas e de projeto que podem ser utilizadas de forma interativa dentro da mesma plataforma de trabalho. Os Padrões de Projeto Urbano (*Urban Design Patterns*) que compõem o sistema *CityMaker* são códigos projetados para replicar ações típicas de projeto urbano, assim, diferentes modalidades desses padrões possibilitam produzir diferentes modelos urbanos. Entre as ferramentas analíticas encontram-se ferramentas de cálculo de indicadores do plano.

Em detalhe, os Padrões de Projeto Urbano apresentados aos alunos incluem:

1. Padrão de projeto de rua (*Street design pattern*): gera a representação de uma rua incluindo a sua superfície em função de uma largura de *input* e o seu eixo central (*street center line*);

2. Padrão de malha retangular (*Rectangular grid pattern*): gera uma malha retangular em função do *input* de dimensões da quadra, largura da rua e orientação da malha; gera em fluxos de informação separados as quadras e os eixos centrais das ruas.

3. Filtro 1 (filtragem de pequenas áreas): filtra quadras com área inferior a um valor de *input*. Os dois fluxos de informação ficam disponíveis para posteriores processamentos.

4. Filtro 2 (filtro de seleção polígono(s)): seleciona um polígono marcado com um ponto mantendo referência à estrutura de dados.

5. Padrão Distribuição de Altura Máxima da Construção (*Maximum Building Height Distribution Pattern*): distribui um limite de altura máxima em função de um ponto atrator ou rua com efeito atrator.

6. *Open Space / Coverage Distribution Pattern*: distribui uma ocupação máxima de solo em função de um ponto atrator ou rua com efeito atrator.

Padrão para importar informações (*Data Import Patterns*): Este padrão importa informações de um banco de dados SIG (Sistema de Informação Geográfica). No workshop de Campinas esse padrão não foi utilizado pois o SIG estava incompleto e as informações necessárias foram disponibilizadas no modelo geométrico em CAD. A informação relativa ao número de pisos estava no entanto disponível.

Padrões de Análise (*Analysis Patterns*): Este padrão usado no workshop incluía basicamente padrões para análise de densidade. Outros tipos de análise foram programadas pelos estudantes diretamente no *Grasshopper*.

7. *Spacematrix indicators patterns*: padrões de cálculo dos indicadores de densidade de acordo com as definições teóricas de Berghäuser-Pont e Haupt (2010).

8. *Spacematrix indicator converter pattern*: a partir do *input* de dois indicadores de densidade dá o valor dos restantes.

Alguns dos padrões utilizados resultaram do trabalho de colaboração de Beirão com Pirouz Nourian (TU Delft) e Pedro Arrobas (TU Lisboa).

WORKSHOP PARAMETRIC URBAN DESIGN

Os alunos foram divididos em equipas de 4 componentes e receberam assessoria dos professores no desenvolvimento do projeto. O resultado do workshop mostrou-se satisfatório, na medida em que os alunos conseguiram compreender as ferramentas e conceitos de projeto propostos e aplicá-los ao desenho urbano do exercício projetual. A equipa 1 apresentou uma proposta fundamentada na evolução urbana e na constante alteração das necessidades e diversidade, preocupando-se em encontrar soluções flexíveis e elaborar

soluções alternativas para redefinir as relações entre espaço construído e espaço livre, garantindo a importância dos fluxos. Para isto, a equipe optou pela criação de pontos focais descentralizados e multiplicados (Figura 3). Além disso, o grupo apresentou o desenho das quadras a partir da divisão geradas pelas avenidas principais e dos parques, bem como a distribuição da densidade do bairro baseada nos pontos focais. A equipe demonstrou ter assimilado com facilidade o conjunto de ferramentas *CityMaker* para explorar diferentes soluções a partir da alteração dos parâmetros e variáveis.

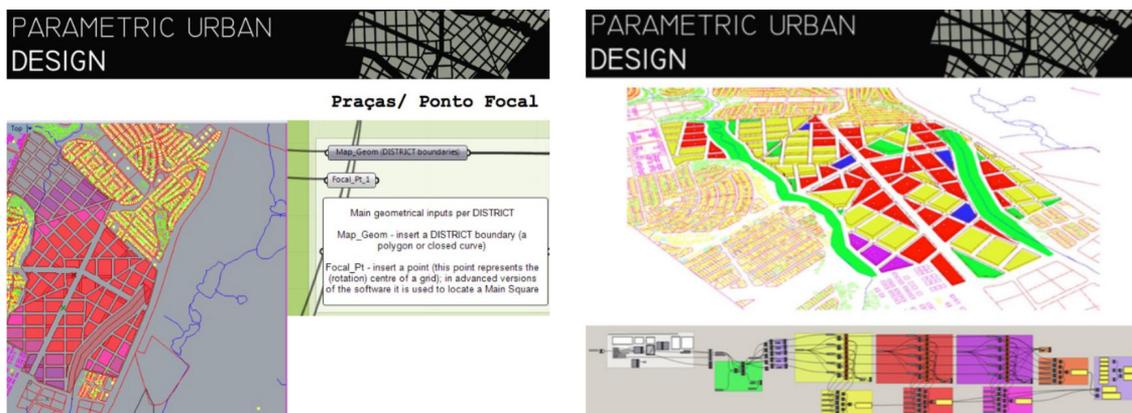


Figura 3. Apresentação do projeto da equipe 1. Utilização das praças como ponto focal e setorização da área de intervenção. Fonte: MENDES, 2014.

A equipe 2 apresentou como diretriz projetual pensar a expansão da malha urbana por meio de um desenho associado ao entorno que fortalece a região com a criação de novos equipamentos e infraestrutura. A intervenção considerava as áreas verdes existentes e previa a criação de espaços públicos, a fim de adequar-se aos parâmetros urbanos internacionais. A apresentação da proposta incluiu referências do traçado urbano de cidades como Paris, Barcelona, São Francisco, Londres e Nova Iorque, bem como explorou de forma relevante as ferramentas do *CityMaker* para análise de uso e ocupação do solo da área do entorno e cálculo da distância do sistema de transporte público. Essa equipe conseguiu chegar ao detalhamento de algumas diretrizes para o conjunto habitacional, propondo a subdivisão da área em distritos menores e assim, apresentar possíveis soluções – desde a escala do desenho urbano ao edifício. Partindo também de um método baseado em regras, a equipe apresentou regras para subdivisão e opções de ocupação da quadra, implantação dos edifícios, detalhamento das vias e gabarito dos edifícios; bem como regras para ampliação das habitações unifamiliares como um sistema evolutivo (Figura 4).

A equipe 3 desenvolveu a proposta projetual a partir das seguintes considerações: (1) a área constitui um vazio urbano; (2) possui infraestrutura precária; (3) possui áreas verdes com potenciais não valorizados; (4) possui áreas de invasão ao longo dos cursos d'água. Dessa forma, a solução adotada pelos alunos foi projetar o desenho urbano baseado nos equipamentos urbanos e áreas verdes, assim, definiram as diferentes densidades do bairro a partir de pontos de atração, escalonando o gabarito das edificações baseando-se na localização dos pontos de atração. Para atingir esses objetivos, a equipe utilizou ferramentas do *CityMaker* para definir as áreas verdes significativas e a partir da utilização do componente Galápagos³ do *plug-in Grasshopper*, foi feito o cálculo das conexões entre as áreas verdes mais relevantes. Essa equipe também conseguiu partir do desenho urbano à escala da quadra, alcançando bons resultados com o uso da ferramenta Galápagos para otimizar o uso e ocupação das quadras e gabarito dos edifícios (Figura 5).

³ Galápagos é um componente do *plug-in Grasshopper* que funciona como uma plataforma genérica para a aplicação de algoritmos evolutivos com ampla variedade de problemas por não-programadores.

Figura 4. Apresentação do projeto da equipe 2. Utilização do conjunto de ferramentas *CityMaker* para análise de uso e ocupação do solo e detalhamento de diretrizes para o conjunto habitacional, Distrito 1: subdivisão da quadra e regras para ampliação de habitações unifamiliares (sistema evolutivo). Fonte: MENDES, 2014

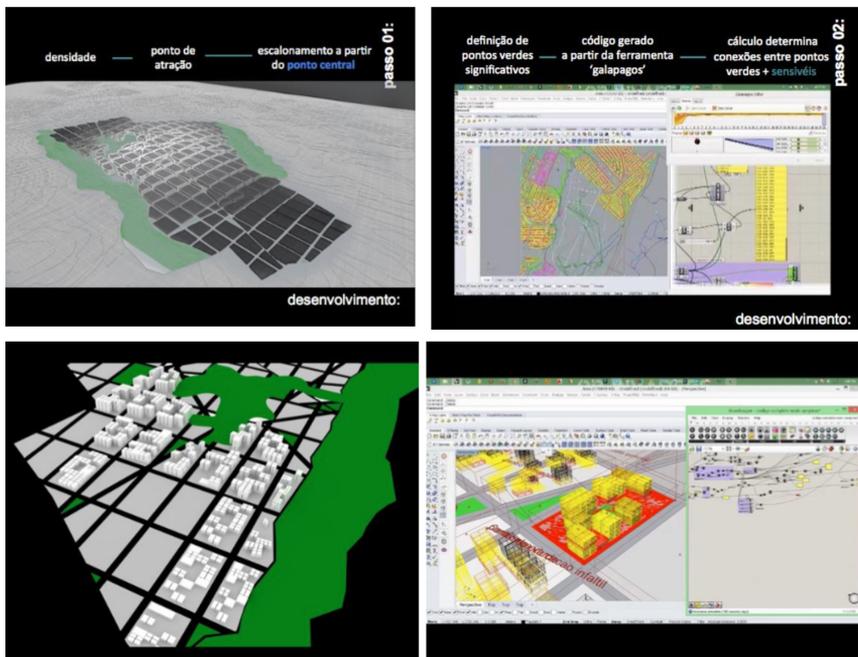
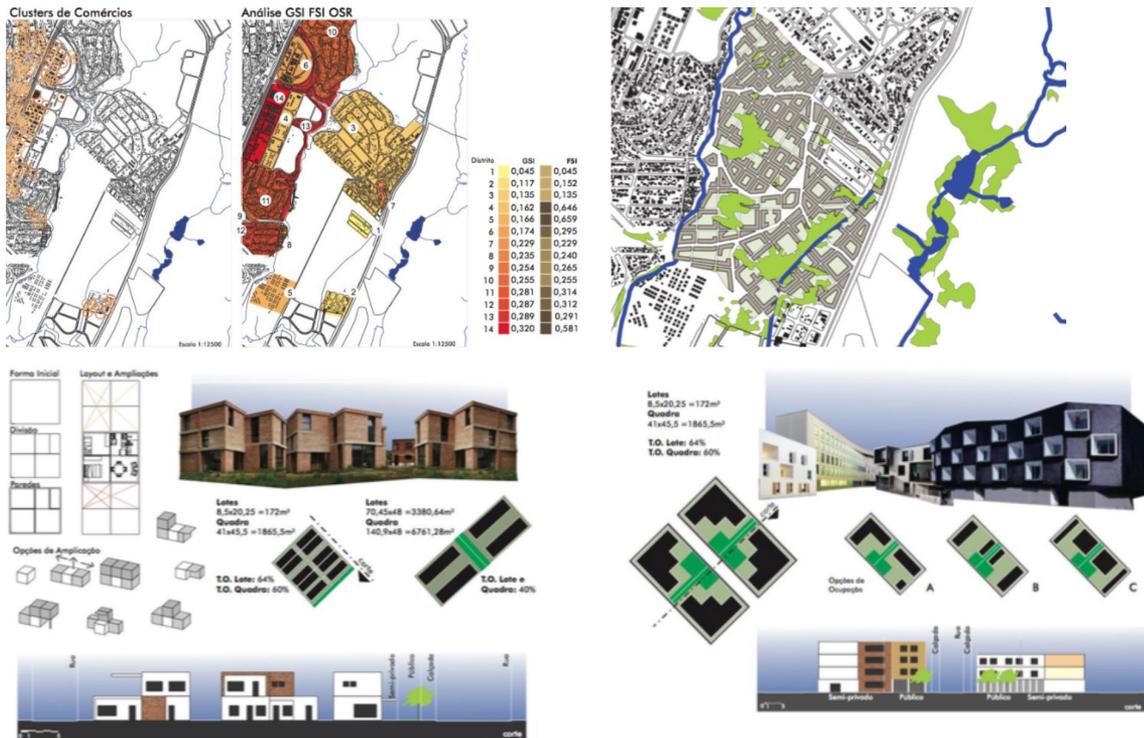


Figura 5. Definição da densidade a partir dos pontos de atração: uso do Galápagos para calcular as conexões entre os pontos verdes e para otimizar uso e ocupação das quadras. Fonte: MENDES, 2014.

O workshop consistiu na primeira etapa para se alcançar o objetivo da presente pesquisa: a utilização de um método baseado em regras para desenvolvimento de um projeto de conjunto de HIS, com foco na questão da implantação dos edifícios e áreas externas. A experiência didática mostrou-se de grande relevância para a avaliação da presente pesquisa, uma vez que demonstrou o potencial da utilização de regras paramétricas implementadas em um sistema computacional no ensino de desenho urbano, ainda que em curto prazo de duração do workshop. Outra importante questão levantada a partir dessa atividade foi a observação do rápido desenvolvimento de soluções – com certa complexidade – voltadas para a escala do bairro, e ainda sua capacidade para explorar diferentes soluções, considerando diversos parâmetros e variáveis envolvidas como: uso e ocupação do solo, densidade, conexão de áreas verdes, entre outros aspectos.

RESULTADOS

Os resultados foram avaliados em termos da qualidade dos projetos em relação aos resultados de projetos similares desenvolvidos por alunos com métodos tradicionais e baseado na avaliação dos participantes sobre o workshop. Os projetos desenvolvidos neste workshop mostram uma grande variedade entre as diferentes equipes, mais do que em workshops tradicionais de projeto. Os resultados também apresentam grande diversidade de tipos morfológicos urbanos dentro de um único projeto, ou seja, os alunos não restringiram as soluções para uma malha única definida para toda a área em desenvolvimento, assumindo claramente a exploração de soluções formalmente complexas e explorando muitas variações disponíveis pelas ferramentas antes de definir a solução projetual final. Ou seja, os alunos não restringiram suas soluções a uma malha única definida para toda a área em desenvolvimento, explorando diversas variações geradas pela ferramenta antes de optarem por uma solução de projeto final.

Independentemente da avaliação dos estudantes sobre o método, eles reconheceram como o ambiente *CityMaker* contribuiu na geração de diversas configurações espaciais e na experimentação de diferentes parâmetros, gerando assim um plano mais diversificado. Uma professora de desenho urbano que não estava familiarizada com as técnicas de projeto paramétrico foi convidada para avaliar os resultados e se surpreendeu com a variedade dos resultados e a qualidade dos planos produzidos num curto período de tempo.

Durante o workshop os alunos foram incentivados a usar as ferramentas para executar várias análises urbanas e medir os indicadores de densidade como um meio para apoiar a tomada de decisão em projeto. Uma discussão sobre as soluções morfológicas comumente desenvolvidas no Brasil por agentes do setor habitacional público foi bastante relevante, em particular, ao questionar o uso recorrente dos arranha-céus isolados em condomínios fechados. Vários preconceitos a respeito da expressão formal sobre densidade urbana foram discutidos, permitindo que os alunos explorassem mais livremente soluções projetuais não convencionais. A combinação das ferramentas *CityMaker* e a teoria do *Spacematrix* se mostraram bastante úteis para apoiar esse processo, principalmente porque essa estratégia forneceu medições com visualização simultânea, permitindo uma maior e mais rápida percepção do significado urbano das soluções exploradas. Na apresentação final, o conjunto de dados de densidade calculadas a partir do modelo era obrigatório. Os alunos também deveriam apresentar os indicadores utilizados para a definição dos planos urbanos, bem como fundamentar suas escolhas baseadas na análise desenvolvida. Esta tarefa mostrou dois comportamentos contrastantes. Por um lado, os alunos poderiam facilmente produzir medições realizadas a partir de seus projetos com uma prontidão que nunca tinha sido experimentado antes. Por outro

lado, a manipulação de ferramentas de medição requer muita atenção tanto em termos metodológicos, durante a definição do modelo de projeto, quanto interpretativos, considerando o significado e os impactos das medidas obtidas, como forma de apoio à decisão de projeto. Esta situação levantou observações sobre a atenção necessária para o desenvolvimento do modelo paramétrico e conhecimento teórico correto. Em primeiro lugar, em relação ao desenvolvimento dos modelos paramétricos, os alunos foram alertados sobre a necessidade de se ter uma noção clara sobre o conceito de “nível de agregação”⁴, a fim de definir objetivamente os cálculos dos indicadores nos níveis requeridos. Em segundo lugar, o significado dos indicadores de densidade requerem uma interpretação detalhada à luz do contexto da intervenção urbana. Este último envolve uma abordagem teórica bastante complexa para definir como os indicadores de densidade estão relacionados, primeiro com a forma urbana, bem como com a qualidade urbana. Aqui, os métodos analíticos revelaram-se úteis para uma melhor compreensão do comportamento de ambientes urbanos. Embora os resultados do workshop tenham sido reconhecidos por todos os participantes como altamente positivos e formativos, ainda é possível abstrair comentários dos alunos e apresentações que poderiam ter apresentado possíveis melhores resultados com palestras mais aprofundadas sobre a teoria de projeto urbano, especialmente na identificação e no significado de indicadores de qualidade e, em particular, no contexto dos ambientes urbanos brasileiros.

DISCUSSÃO

Nos exercícios desenvolvidos nesse workshop foi possível perceber a lógica sequencial com que os alunos aplicaram os padrões, dando a entender o processo de detalhamento das decisões, mas deixando-as sempre dependentes de parâmetros que, por meio do modelo paramétrico, mantiveram-se sempre disponíveis para afinação em função das avaliações críticas e discussões em grupo. O sistema permitiu fazer alterações facilmente para cada padrão incorporado em termos de tipo e/ou parâmetros, possibilitando a avaliação de um número infinito de possibilidades.

Ainda que a plataforma de projeto definida como *CityMaker* seja essencialmente paramétrica, a combinação de diferentes padrões de projeto define a estrutura topológica do modelo que é produzido no processo projetual, constituindo um conjunto limitado de regras que são interpretadas pelo código paramétrico correspondente. Por conseguinte, o projeto contém um algoritmo e uma dimensão paramétrica que podem ser representados em termos mais abstratos por meio de uma gramática da forma, e mais simplificada por um diagrama de fluxos. Em outras palavras, o conjunto de padrões de projeto definidos como *CityMaker* constitui uma gramática genérica (BEIRÃO; DUARTE; STOUFFS, 2010) para o desenvolvimento de projetos urbanos na qual cada padrão codifica uma operação típica por meio de uma gramática da forma e é implementada em uma plataforma de projeto paramétrico. Cada plano urbanístico instanciado pode ser visto como uma gramática traduzida pela combinação de padrões na qual uma atribuição específica de parâmetros instancia uma solução no universo de soluções da gramática específica (BEIRÃO, 2014).

O workshop demonstrou (1) a facilidade com que alguns alunos não familiarizados com programação conseguiram explorar espaços de solução de projeto complexos por meio da programação paramétrica visual, (2) a possibilidade de combinar modelos analíticos com os modelos de exploração de projeto, (3) a capacidade de justificar suas soluções de projeto com o apoio das análises derivadas dos modelos geométricos. Os métodos de projeto experimentados permitiram assim integrar na mesma plataforma

⁴ Tal como definido por Berghauer-Pont e Haupt (2010).

tecnológica síntese e análise, em um discurso interativo conducente à decisão.

Conforme exposto anteriormente, o workshop aqui descrito faz parte de uma pesquisa maior com o objetivo de usar as estratégias de projeto baseado em regras (*rule-based design*) e modelagem paramétrica para desenvolvimento de maior diversidade dos espaços públicos em conjuntos de HIS no Brasil. Um dos planos urbanos desenvolvidos neste workshop foi escolhido como base para o segundo workshop, no qual os alunos usaram o formalismo da gramática da forma para projetar um conjunto habitacional, destacando questões referentes ao crescimento da população, planos de evolução e mix de função.

Além da contribuição para os campos de pesquisas referentes à modelagem paramétrica e ao projeto baseado em regras, esta pesquisa foi uma oportunidade para demonstrar como a fusão de diferentes tipos de conhecimento pode levar a novas introspecções. Dentro desse contexto foi possível fundir (1) pesquisa e ensino, (2) estudantes de graduação e pós-graduação em um ateliê de projeto, (3) as culturas europeia e latino-americanas, (4) a análise e o projeto, (5) o uso de parâmetros e regras combinadas no processo projetual, (6) pesquisadores especializados tanto em projeto arquitetônico como urbano e (7) a pesquisa desenvolvida por dois investigadores de doutorado.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processos nº 2012/10498-3, 2011/50139-0 e 2013/09362-2). Os autores também gostariam de agradecer a importante contribuição da professora Gisele Leonelli na avaliação e discussão dos resultados do workshop e a participação dos alunos: Camila Caetano, Daniel Creme Winnik, Filipe Campos, Giusepe Filocomo, Giulia Corsi Moreno, Isabela Tavares, Lucas Ariel Gomes, Marcia Anaf Wagner, Marina Duzzi, Maycon Sedrez, Maurício Oliveira, Renata Venitucci, Roberto Hirota Mori, Vinicius Mizobuti, Víctor Calixto e Yasmin Pinheiro.

REFERÊNCIAS

- BEIRÃO, J. N. CityMaker. Designing Grammars for Urban Design. **Architecture and the Built Environment**, n. 5, p. 1-440, 2012.
- BEIRÃO, J. N. Gramáticas genéricas para o domínio da cidade e urbanismo. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 2, n. 1, p. 44-46, 2014.
- BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P.; STOUFFS, R. Creating generic grammars from specific grammars: towards flexible urban design, 2010. **Nexus Network Journal**, v. 13, n. 1, p. 73-111, 2011.
- BERGHAUSER-PONT, M.; HAUPT, P. **Spacematrix**. Rotterdam: NAI Publishers, 2010.
- BROADBENT, G. **Design in architecture: architecture and the human sciences**. Londres: John Willey & Sons, 1970.
- CELANI, G.; CYPRIANO, D.; GODOI, G.; VAZ, C. E. V. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão - comunicação e cultura**, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, p. 180-197, 2006.
- DUARTE, J. P. A discursive grammar for customizing mass housing: the case of Siza's houses at Malagueira. **Automation in Construction**, v. 14, n. 2, p. 265-275, mar. 2005.
- DUARTE, J. P. **Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.
- DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N. Towards a methodology for flexible urban design: designing with urban patterns and shape grammars. **Environment and Planning B**:

planning and design, v. 38, n. 5, p. 879-902, 2012.

DUARTE, J. P.; BEIRÃO, J. N.; MONTENEGRO, N.; GIL, J. City induction: formulating, generating, and evaluating urban plans. In: ARISONA, S. M.; WONKA, P.; ASCHWANDEN, G.; ALATSCH J. A. (Eds.). Digital urban modeling and simulation. **Communications in Computer and Information Science (CCIS)**, v. 242, p. 79-104, 2012.

GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Design patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software**. New Jersey: Pearson Education, 1995.

GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J.P. The backbone of a City Information Model (CIM): implementing a spatial data model for urban design. In: CONFERENCE ON EDUCATION IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29. **Proceedings...** Ljubljana, Slovenia, September 19-20, 2011, p. 143-151.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the Digital Age: design and manufacturing**. Nova York: Routledge, 2005.

KNIGHT, T. Shape grammars in education and practice: history and prospects. **International Journal of Design Computing,**

v. 2, 2000-2001. Disponível em <<http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

MENDES, L. T. **Personalização de habitação de interesse social no Brasil: o caso da implantação urbana em conjuntos habitacionais**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, 2014.

MITCHELL, W. J. **A lógica da arquitetura**. Campinas: Unicamp, 2008.

MONEDERO, J. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in Construction**, v. 9, n. 4, p. 369-377, 2000. DOI: 10.1016/S0926-5805(99)00020-5.

MONTENEGRO, N.; BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P. Public space patterns: towards a CIM standard for urban public space. In: CONFERENCE ON EDUCATION IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29. **Proceedings...** Ljubljana, Slovenia, September 19-20, 2011, p. 79-86.

STEELE, J. **Arquitectura y revolución digital**. Trad. Jean Escofet. México: Gustavo Gilli, 2001.

José Nuno Beirão
jnb@fa.ulisboa.pt

Leticia Teixeira Mendes
leticia.mendes@ufpe.br

Gabriela Celani
celani@fec.unicamp.br