

UMA EXPERIÊNCIA DE MODELAGEM URBANA A PARTIR DE NUVEM DE PONTOS NA FERRAMENTA REVIT

An urban modeling experience based on point cloud in Revit software

Lorena Claudia de Souza Moreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | lorenasm@ufba.br

Paula Pontes Mota
Sippro Engenharia | Fortaleza, CE | paula.mota@sippro.eng.br

Arivaldo Leão de Amorim
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | alamorim@ufba.br

RESUMO

Devido ao crescimento, complexidade urbana, alta demanda por controle, eficiência e uso de processos mais sustentáveis, a organização da informação é essencial e tem gerado interesse no desenvolvimento de modelos urbanos que possam contribuir para o aprimoramento da gestão das cidades. Nesse sentido, a abordagem do *City Information Modeling* (CIM) envolve um conjunto de tecnologias, padrões e processos para planejar, construir e gerenciar a infraestrutura da cidade. Este artigo apresenta e discute a produção de modelos geométricos urbanos, baseados em nuvem de pontos, para o propósito de modelagem de informações da cidade. O processo de criação do modelo foi desenvolvido em quatro etapas: (1) captura de imagens aéreas e terrestres; (2) geração de nuvens de pontos e ortofotos; (3) produção de modelos geométricos; e (4) edição de texturas e sua aplicação. Como resultado, um modelo geométrico compatível com o CityGML LoD 2 foi obtido para cada construção de cada um dos três blocos trabalhados, com as texturas aplicadas às superfícies externas. Como contribuição, o artigo apresenta o fluxo de trabalho do processo, as limitações das ferramentas empregadas e as soluções adotadas para superá-las.

Paravras-Chave Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Dense Stereo Matching (DSM). Nuvem de Pontos. CityGML. Modelagem da Informação da Cidade (CIM).

ABSTRACT

Due to growth, urban complexity, high demand for control, efficiency and the use of more sustainable processes, the organization of information is essential and has generated great interest in the development of urban models that can contribute to the enhance of cities management. In this sense, the City Information Modeling (CIM) approach involves a set of technologies, standards and processes to plan, to build and to manage the city's infrastructure. This paper presents and discusses the production of urban geometric models, based on point cloud for the CIM purpose. The model's creation process was developed in four stages: (1) aerial and terrestrial images capture; (2) point clouds and orthophotos generation; (3) geometric models production; and (4) textures edition and their application. As a result, a geometric model compatible with CityGML LoD 2 was obtained for each building of each of the three worked blocks, with the textures applied to the external surfaces. As a contribution, the paper presents the process workflow, the limitations of the employed tools, and the solutions adopted to overcome them.

Keywords Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Dense Stereo Matching (DSM). Point cloud. CityGML. City Information Modeling (CIM).

1 INTRODUÇÃO

Devido à sua complexidade e demandas crescentes, as cidades transformam-se e reinventam-se em um ciclo de vida dinâmico e heterogêneo (AMORIM, 2015). Nesse contexto, o *City Information Modeling* (CIM) vem sendo apresentado como uma abordagem para organizar as informações da cidade (XUN et al., 2014). Para Stojanovski (2013), o CIM também pode ser compreendido como uma analogia ao BIM no urbanismo e uma expansão do GIS, em que são potencializadas as relações, entre os vários níveis e escalas, dos elementos 3D. Neste sentido, Thompson et al. (2016) apresentam o *Building Information Modeling* (BIM), o *Geographic Information System* (GIS), a ciência de dados e a visualização de informações, entre outros, como recursos digitais com o potencial transformador do planejamento urbano.

MOREIRA, L.; MOTA, P.; AMORIM, A. Uma experiência de modelagem urbana a partir de nuvem de pontos na ferramenta Revit. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/217

Uma abordagem CIM envolve um conjunto complexo de tecnologias, padrões e processos, amarrados numa estrutura conceitual e demanda recursos humanos de diversas áreas para planejar, construir e gerenciar a infraestrutura da cidade. Entretanto, apesar das tecnologias necessárias à implementação do CIM já existirem na solução de problemas específicos, a sua conceituação não está totalmente estabelecida, existindo ampla divergência nas visões dos diversos autores que se dedicam ao tema (AMORIM, 2016).

Este trabalho insere-se no projeto de pesquisa "Estabelecendo requisitos para a Modelagem da Informação da Cidade", em desenvolvimento no Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e tecnologias Digitais (LCAD), da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, em parceria com o Karlsruhe Institute of Technology, da Alemanha. Assim, foi escolhida uma área de teste no Centro Histórico de Salvador (CHS) visando a construção do modelo geométrico, para numa etapa posterior evoluir para um modelo CityGML. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo a construção do modelo geométrico, a partir do modelo de nuvem de pontos, uma poligonal do CHS, assim como a explicitação do processo de trabalho, as limitações e as soluções adotadas.

1.1 Justificativa

As experiências de planejamento urbano nos últimos cinquenta anos são geralmente consideradas desastrosas. O modelo de sistemas da cidade e os sistemas de planejamento desenvolvidos foram construídos em torno de uma concepção de cidades e gestão que está longe da realidade de como as cidades se desenvolvem (BATTY, 2011). Por sua vez, as cidades estão em constante transformação, com demandas crescentes, com novas ocupações ou implantando novos sistemas de infraestrutura. Em meio a toda essa dinâmica, as cidades reinventam-se a cada dia e demandam novas propostas e ferramentas. A partir dessa evolução das tecnologias digitais envolvendo a indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), surge o conceito do CIM ou Modelagem da Informação da Cidade (AMORIM, 2015).

Os autores Gil, Almeida e Duarte (2011) entendem o CIM como equivalente ao conceito de BIM para a projetação urbana. Lima (2016) complementa que BIM e CIM conectam em uma mesma plataforma um modelo geométrico com dados específicos que apoiam as decisões, abrangendo aspectos paramétricos e de interoperabilidade, respondendo questões de participação e imprevisibilidade. Nesse sentido, com a evolução da tecnologia computacional, os governos estão adotando cada vez mais modelos geométricos de cidades, tornando-se primordiais na tomada de decisões (BILJECKI, 2017). Na criação de modelos geométricos de cidades o emprego de ferramentas para a aquisição dos dados e modelagem que utilizam as nuvens de pontos têm se mostrado como as técnicas mais adequadas para a captura e representação da forma urbana, incluindo os modelos digitais de terreno (MDT) e de superfície (MDS) (JESUS et al., 2018).

Entre os formatos de dados que estão sendo propostos para a modelagem urbana destaca-se o *City Geography Markup Language* (CityGML), padrão internacional estabelecido *Open Geospatial Consortium* (OGC) e homologado pela ISO, visando a representação e troca de modelos urbanos. O padrão define a geometria tridimensional, a topologia, a semântica e a aparência dos objetos urbanos ou regionais. Essas definições são fornecidas em cinco diferentes níveis de detalhe (*Levels of Detail* - LoD), variando de 0 a 4, como apresentado por Gröger e Plümer (2012). Um exemplo é a cidade de Berlim, na Alemanha, que fornece uma base de dados única em que se pretende utilizar o modelo da cidade na pesquisa e no desenvolvimento de soluções tecnológicas (OGC, 2015). Por sua vez, Helsinki, na Finlândia, coleta e produz continuamente dados que são utilizados no planejamento, produção e tomada de decisão (HRI, 2019). Esses dados, incluindo o modelo da cidade nos LoD 1 e 2, estão sendo disponibilizados publicamente pelo Helsinki Region Infoshare Service (HRI), que é um servidor *web* para acesso a fontes de dados abertas.

2 MÉTODO

O presente artigo insere-se na pesquisa exploratória e seu processo para dos modelos geométricos urbano compatíveis com o LoD 2 foi dividida em quatro etapas principais. A etapa 1 compreendeu a captura de fotos tomadas a partir do solo e fotos aéreas tomadas com o uso de drone, na área de interesse, definida para os testes. As fotos foram então selecionadas e classificadas em lotes para a etapa seguinte. Na etapa 2, os lotes foram processados de modo a produzirem as nuvens de pontos e a obtenção de ortofotos das diversas superfícies das edificações. Na etapa 3, foram produzidos os modelos geométricos a partir das

nuvens de pontos. Por fim, na etapa 4, foram produzidas as texturas a partir das ortofotos, que foram aplicadas às superfícies visíveis dos modelos geométricos das edificações. O processo foi desenvolvido para três quadras do Pelourinho situadas no CHS, mais precisamente nas quadras situadas entre as ruas Alfredo de Brito, Leovigildo de Carvalho e João de Deus.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Captura das imagens aéreas e terrestres

Para a captura das imagens aéreas, foi utilizado um drone modelo Phantom 4. Foram feitos três voos a 50 metros de altura, sendo os dois primeiros ortogonais entre si, e com o eixo da câmera no nadir e terceiro com o eixo da objetiva à 45 graus, gerando 427 fotos. No planejamento dos voos usou-se a ferramenta Pix4Dcapture.

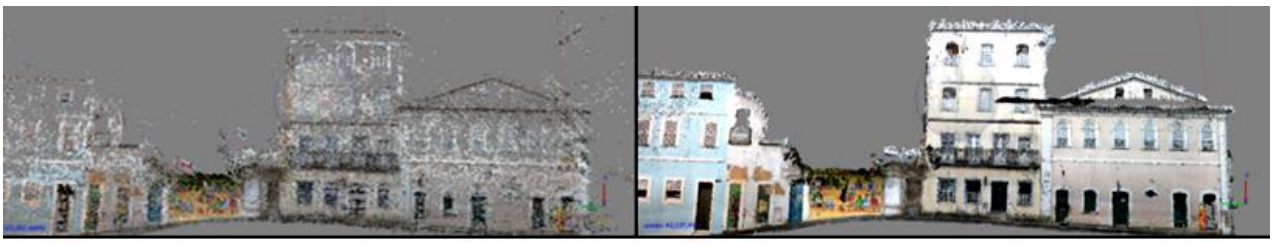
Na captura das imagens terrestres utilizou-se duas câmeras, uma Nikon D600 com objetiva 18-200 mm e uma Nikon D330 com objetiva de 12 mm. Em função das ruas estreitas houve uma certa dificuldade de fazer a cobertura das fachadas, buscando uma angulação menor que 15 graus entre fotos vizinhas. As fotos foram registradas com boa iluminação e nitidez, em um curto espaço de tempo, de modo a não haver alterações nas condições de luminosidade. Na sequência as fotos foram selecionadas e classificas em lotes para o processamento.

3.2 Geração das nuvens de pontos e ortofotos

A geração das nuvens de pontos e das ortofotos das edificações foi realizada na ferramenta Photoscan, versão 1.4.5 da Agisoft, que é uma ferramenta *Dense Stereo Matching* (DSM). Sendo que a geração das nuvens de pontos do levantamento fotográfico aéreo e terrestre foram realizadas separadamente. O fluxo para gerar a nuvem de pontos até a obtenção das ortofotos consistiu em: (i) alinhamento das fotos; (ii) geração da nuvem de pontos esparsa; (iii) geração da nuvem de pontos densa; (iv) criação da malha triangular; e (v) geração das ortofotos.

O alinhamento das fotos, que consiste na associação de aspectos homólogos por meio do reconhecimento de padrões, foi realizado automaticamente pelo programa, considerando a área de recobrimento previsto na tomada fotográfica. O tempo do alinhamento das fotos é diretamente proporcional à quantidade de fotos utilizadas. Após o alinhamento, uma nuvem de pontos esparsa foi criada (Figura 1a). A partir disso, foi criada uma nuvem de pontos densa (Figura 1b), para sucessivamente, gerar uma malha triangular (TIN). O tempo de processamento dessas três últimas etapas dependem da configuração do computador, bem como da área do modelo a ser processada. Por fim, após a criação da malha TIN, as ortofotos das superfícies foram geradas para posterior edição.

Figura 1: Nuvens de pontos: (a) esparsa; (b) densa



Fonte: os autores

3.3 Produção dos modelos geométricos

Durante esta etapa houve a construção dos modelos de sólidos, a partir das nuvens de pontos (Figura 2). A modelagem geométrica foi feita através da ferramenta Revit, da Autodesk, tendo sido utilizada a ferramenta Recap para a conversão das nuvens de pontos do formato .las para .rcp.

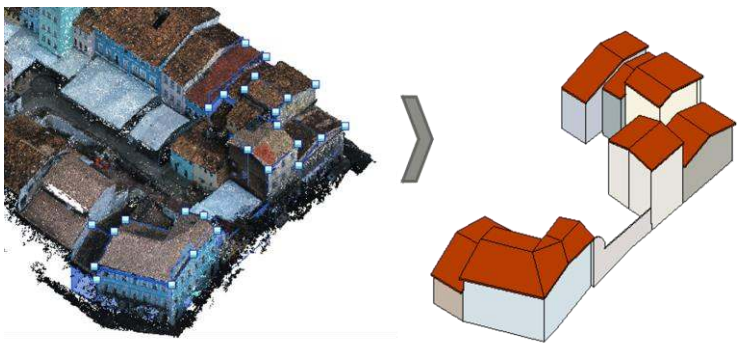
Figura 2: Modelo da nuvem de pontos gerada



Fonte: os autores

Nesta fase, foram criados os elementos construtivos paredes e piso (utilizado para compor os telhados) aproveitando-se as nuvens de pontos como base para obtenção dos limites das construções (Figura 3). Para otimizar o processo, a nuvem de cada edificação foi isolada pela ferramenta “caixa de corte”. Esse procedimento facilitou a visualização e reduziu o tempo de processamento.

Figura 3: Processo de modelagem a partir da nuvem de pontos



Fonte: os autores

3.4 Edição das texturas e sua aplicação

Nesta etapa, foi realizada a edição das ortofotos que serão inseridas como textura no modelo geométrico final. Como a CHS é uma área de comércio intenso e durante a tomada fotográfica existiam muitas lojas em funcionamento, os artefatos expostos nas fachadas foram registrados e a maioria das portas e janelas das edificações estavam abertas (Figura 4a). Assim, esta etapa consistiu no tratamento das ortofotos por meio da eliminação de componentes não construtivos, assim como a recomposição dos elementos construtivos (Figura 4b) realizada por meio da ferramenta Adobe Photoshop, versão 14.0.

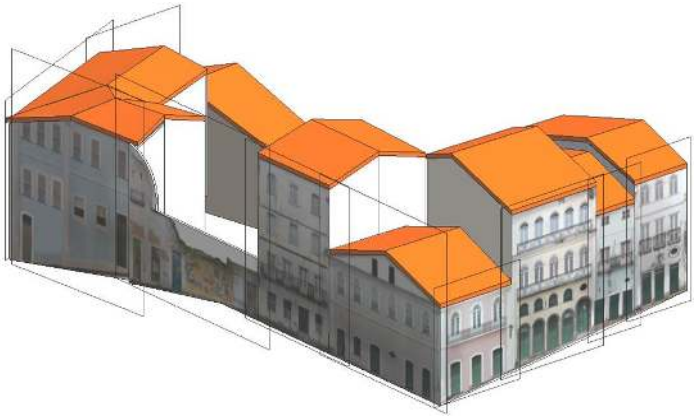
Figura 4: Textura das fachadas: (a) original; (b) editada



Fonte: os autores

Já a aplicação das ortofotos editadas nas faces do modelo geométrico desenvolvido foi realizada com a ferramenta decalque do Revit, que tem por função inserir uma imagem na superfície para fins de acabamento. Dessa forma, as texturas só podem ser visualizadas no modelo no estilo “*ray trace*” (Figura 5) ou quando aplicado um comando de *render*.

Figura 5: Modelo geométrico com ortofotos aplicadas

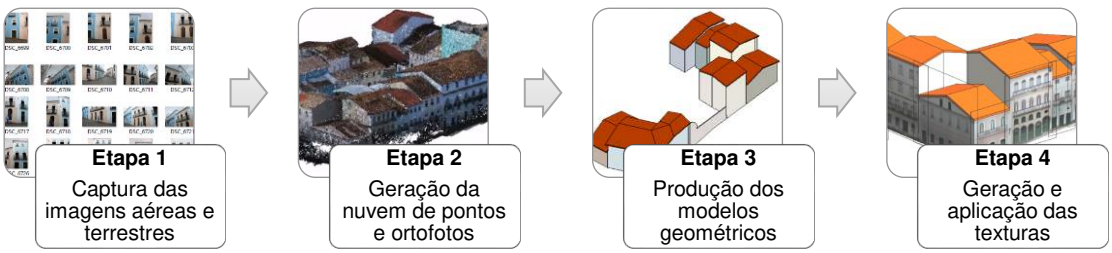


Fonte: os autores

4 ANÁLISE DE RESULTADOS E CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento do trabalho, foi possível validar o fluxo de tarefas (Figura 6) para geração de um modelo geométrico a partir de nuvem de pontos. Este processo pode ser usado como base para futuros trabalhos com aplicação semelhante.

Figura 6: Fluxo de trabalho da produção dos modelos geométricos urbanos



Fonte: os autores

Com relação às limitações e soluções adotadas, na etapa 1, observou-se a dificuldade de fotografar certas partes das edificações de maior altura, pela falta de ângulos e visadas adequadas. As fotos aéreas também não foram suficientes para sanar estes problemas tendo em vista ter sido feito um pano de voo geral para as três quadras. Para resolver esta questão adequadamente deveria ter sido executado um plano de voo específico para cada edificação, o que não foi possível na ocasião.

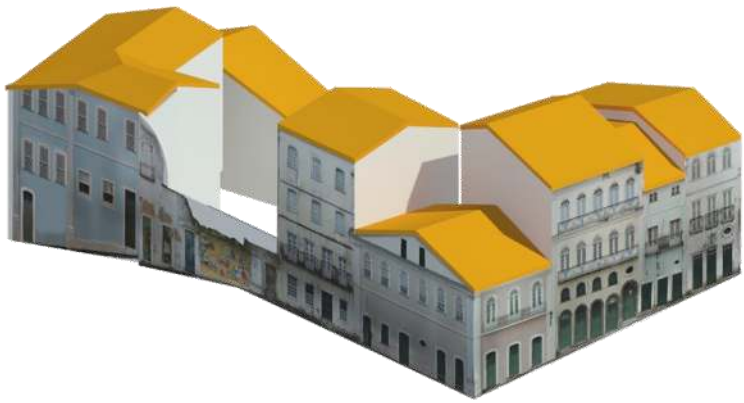
Por sua vez, na etapa 2, pode-se observar a alta qualidade nos produtos gerados com o Photoscan. Em relação às dificuldades encontradas, observou-se o tempo de processamento demasiado. Inicialmente, foi realizada a geração da nuvem esparsa das edificações. Entretanto, na fase de geração da nuvem densa, o tempo de processamento[1] para 4 edificações ultrapassou 6 horas e não produziu a qualidade esperada. Para minimizar tal fato, a nuvem de pontos foi segmentada em frações menores de modo a alcançar os produtos desejados. Dessa forma, o processamento da nuvem segmentada por fachada foi a solução adotada, reduzindo o tempo para 2 horas.

Já na etapa 3, identificou-se que o Revit possui limitações quanto à geração de formas irregulares. Como exemplo, o telhado foi criado na família piso para seguir as inclinações reais. Contudo, não foi possível aplicar as texturas nos telhados, pelos mesmos não possuírem faces planas e de configuração regular. Neste caso, poderia ter sido utilizado um *plug-in* de identificação de componentes na nuvem de pontos, porém este não estava disponível. Apesar disso, como vantagem, a modelagem foi otimizada com o isolamento da nuvem da edificação na fase de criação das paredes e pisos.

[1] Os processamentos foram executados em computador com processador core i7 e memória RAM de 16 Gb.

Por fim, na etapa 4, foi requerido um minucioso trabalho de edição por conta do acúmulo de interferências que haviam nas fachadas das edificações. Isso poderia ser minimizado se o levantamento fotográfico tivesse sido realizado fora do horário de funcionamento das lojas, entretanto isto ocasionaria problemas com a iluminação. Diante disso, os resultados foram alcançados e os modelos gerados foram compatíveis com o LoD 2 do CityGML (Figura 7). Ademais, na próxima fase do referido projeto, serão agregadas informações semânticas ao modelo geométrico urbano, caracterizando de fato um modelo CityGML. No mais, acredita-se ser este mais uma contribuição à implementação de modelos urbanos a partir de nuvem de pontos.

Figura 1: Modelo geométrico com aplicação de texturas



Fonte: os autores

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto, e ao professor Mauro Alixandrini Júnior da Escola Politécnica da UFBA, pela captura das fotos aéreas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. L. Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 87-99, jul./dez. 2015. http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i2.103163

AMORIM, A. L. Cidades Inteligentes e City Information Modeling. In: CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 20, 2016, Buenos Aires. **Proceedings…** São Paulo: Blucher, 2016.

BATTY, M. Cities, complexity, and emergent order, Era 21, v. 11, n. 5, p. 28-30, 2011.

BILJECKI, Filip. **Level of detail in 3D city models**. 2017. 353 f. Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Delft, Delft, 2017.

GIL, J; ALMEIDA, J; DUARTE, J. The backbone of a City Information Model (CIM): Implementing a spatial data model for urban design. In: COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29., 2011, Ljubljana. **Proceedings...**, Ljubljana: University of Ljubljana, 2011. p. 87 - 89.

GRÖGER, G.; PLÜMER, L. CityGML – Interoperable semantic 3D city models. **Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [s.l.], v. 71, p.12-33, jul. 2012. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.04.004.

HRI - Helsinki Region Infoshare. Disponível em: <https://hri.fi/data/en_GB/dataset/helsingin-3d-kaupunkimalli>. Acesso em: 03 mar. 2019.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico e Cultural. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/241/>. Acesso em: 20 Jan 2019

JESUS, E. G. V.; AMORIM, A. L.; GROETELAARS, N. J.; FERNANDES, V. O. Urban modeling for 3D GIS purposes from laser scanning: an implementation for university campus. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 22., 2018, São Carlos. **Proceedings...** São Paulo: Editora Blucher, 2018. ISSN 2318-6968. DOI 10.5151/sigradi2018-1813.

LIMA, M. Q. C. Limites e possibilidades do City Information Modeling (CIM) em planejamento urbano. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 4., 2016, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: 2016. p. 1 - 16.

OGC - Open Geospatial Consortium. **City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard**. Editores: Gerhard Gröger, Thomas H. Kolbe, Claus Nagel, Karl-Heinz Häfele. Versão: 2.0.0. OCG, 2012.

OGC - Open Geospatial Consortium. **Berlin 3D Portal provides CityGML data for 550,000 buildings.** 2015. Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/blog/2196>. Acesso em: 25 fev. 2019.

STOJANOVSKI, T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: Blocks, Connections, Territories, People and Situations. In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN, 2013, San Diego. **Proceedings...** San Diego: Simaud, 2013.

TOMPSON, E. E. et al. Planners in the Future City: Using City Information Modelling to Support Planners as Market Actors. **Urban Planning**. v. 1, n. 1, p. 79-94, 2016. Doi: 10.17645/up.v1i1.556

XUN, X. et al. From building information modeling to city information modeling, **Journal of Information Technology in Construction** (ITcon), v. 19, p. 292-307, 2014. Disponível em: <http://www.itcon.org/2014/17>. Acesso em: jan. 2019.