

## **Integração de ferramentas BIM e SIG para gestão e manutenção de infraestrutura urbana**

*Integration of BIM and GIS tools for urban infrastructure management and maintenance*

*Integración de herramientas BIM y GIS para la gestión y el mantenimiento de infraestructuras urbanas*

### **Pedro Veríssimo Soulé**

Mestrando, PPGEU, UFSCar,  
Brasil  
pvsoule@estudante.ufscar.br

### **Cristiane Bueno**

Profa. Dra. PPGEU, UFSCar,  
Brasil  
cbueno@ufscar.br

### **RESUMO**

As ferramentas computacionais podem ser importantes mecanismos para avaliações mais precisas do meio urbano, ajudando na tomada de decisão dos diversos atores envolvidos nos processos de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana. Ferramentas desenvolvidas com propósitos diferentes podem ser utilizadas de forma conjunta para desenvolver uma plataforma com um potencial de análise mais robusto. O objetivo deste artigo é discutir como a utilização em conjunto de ferramentas BIM e SIG, no manejo de redes de infraestrutura urbana, poderia melhorar a gestão de operação e manutenção dessas redes. Para isso, foi realizada pesquisa bibliográfica, a partir de levantamentos de artigos científicos publicados por meios eletrônicos e revisados por pares, sobre os temas BIM e SIG. Foi analisado como os autores têm utilizado as potencialidades dessas ferramentas em conjunto, de forma a se complementarem, e como tal integração pode gerar melhores resultados nas etapas e processos de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana. Verificou-se que, devido à diferença entre suas características, a integração entre BIM e SIG não é simples, porém é possível trabalhar com essas ferramentas computacionais de maneira conjunta possibilitando a criação de uma plataforma CIM, que servirá como suporte para o processo de tomadas de decisões dos gestores das cidades para o planejamento da gestão e da manutenção das redes de infraestrutura urbana.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIM; SIG; Infraestrutura Urbana; Gestão; Manutenção;

### **ABSTRACT**

Computational tools can be important mechanisms for more accurate assessments of the urban environment, helping in the decision-making of the various actors involved in the management and maintenance of urban infrastructure networks. Tools developed for different purposes can be used together to develop a platform with a more sturdy analysis potential. The purpose of this article is to discuss how an integrated BIM-GIS method, in the management of urban infrastructure networks, could improve the operation and maintenance management of these networks. For this, bibliographic research was carried out, based on surveys of scientific articles published by electronic means and peer-reviewed, on the topics BIM and GIS. It was analyzed how the authors have used the potential of these tools together, in order to complement each other, and how such integration can generate better results in the stages and processes of management and maintenance of urban infrastructure networks. It was found that, due to the difference between their characteristics, the integration between BIM and GIS is not simple, but it is possible to work with these computational tools together, enabling the creation of a CIM platform, which will serve as a support for decision-making process for city managers to plan the management and maintenance of urban infrastructure networks.

**Keywords:** BIM; GIS; Urban Infrastructure; Management; Maintenance

### **RESUMEN**

Las herramientas computacionales pueden ser mecanismos importantes para evaluaciones más precisas del entorno urbano, ayudando en la toma de decisiones de los diversos actores involucrados en la gestión y mantenimiento de las redes de infraestructura urbana. Las herramientas desarrolladas para diferentes propósitos se pueden usar juntas para desarrollar una plataforma con un potencial de análisis más robusto. El objetivo de este artículo es discutir

cómo el uso conjunto de herramientas BIM y GIS, en la gestión de redes de infraestructura urbana, podría mejorar la gestión de operación y mantenimiento de estas redes. Para ello, se llevó a cabo una investigación bibliográfica, basada en encuestas de artículos científicos publicados por medios electrónicos y revisados por pares, sobre los temas BIM y GIS. Se analizó cómo los autores han utilizado el potencial de estas herramientas en conjunto, con el fin de complementarse, y cómo dicha integración puede generar mejores resultados en las etapas y procesos de gestión y mantenimiento de redes de infraestructura urbana. Se encontró que, debido a la diferencia entre sus características, la integración entre BIM y GIS no es sencilla, pero es posible trabajar con estas herramientas computacionales de manera conjunta permitiendo la creación de una plataforma CIM, que servirá de soporte para el proceso de toma de las decisiones de los administradores de la ciudad para planificar la gestión y el mantenimiento de las redes de infraestructura urbana.

**Palabras-Clave:** BIM; GIS; Infraestructura Urbana; Gestión; Mantenimiento

## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços das tecnologias de comunicação e informação digital permitiram a criação de uma nova interpretação dos métodos modernos de gestão e desenvolvimento da infraestrutura urbana, garantindo uma integração eficiente e o desenvolvimento de seus elementos (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020). O uso de ferramentas com tecnologias de informação e comunicação pode melhorar a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos, ao mesmo tempo em que pode atender as necessidades das gerações atuais e futuras, sem prejudicar os componentes econômicos, sociais e ambientais da cidade (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020).

Ferramentas computacionais munidas com tecnologias Building Information Modeling (BIM) e Geographic Information System (GIS) ou Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser grandes aliadas na melhoria dos serviços públicos e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (DANTAS, SOUZA E MELO, 2019). Apesar de o BIM ter sido o centro do desenvolvimento da construção civil nas últimas

duas décadas, não existem muitas pesquisas que tratam da utilização dessa ferramenta para a gestão e o desenvolvimento dos meios urbanos e das cidades (MARZOUK & OTHMAN, 2020). Isso ocorre devido às limitações do BIM em relação à expansão horizontal, por não se tratar de uma ferramenta desenvolvida para trabalhar em escala urbana, desencadeando sua integração com o SIG com a intenção de superar essas limitações e começar a aproveitar os benefícios do BIM em relação aos processos de desenvolvimento da cidade (MARZOUK & OTHMAN, 2020).

Essas ferramentas foram desenvolvidas com propósitos diferentes: enquanto o BIM foi desenvolvido para desenvolver modelos de projetos ricos de informação, o SIG foi criado para representar instalações em grandes áreas geográficas. Desse modo, por serem ferramentas computacionais com características distintas, a integração desses dois modelos ainda é um desafio (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019).

A utilização de ferramentas BIM e SIG de forma conjunta permite

a criação de uma plataforma City Information Modeling (CIM), criando um modelo de informação da cidade com características de ambas as ferramentas (AMORIM, 2016). A criação de um modelo nesse formato para uma área urbana permitiria uma visão ao mesmo tempo global e rica em detalhes das redes de infraestrutura urbana, dando acesso a um complexo conjunto de dados de forma mais simples e organizada, munindo de informações os gestores das cidades nas tomadas de decisões referentes à gestão e a manutenção dessas redes. O SIG seria utilizado para retratar as instalações existentes em uma escala geográfica ampla e o BIM seria utilizado para armazenar e manipular as informações de projeto (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019). Almeida e Andrade (2015), afirmam que o uso de um sistema tecnológico de monitoramento e análise é indispensável na gestão pública do território urbano.

Este artigo faz uma análise de diversas publicações científicas que utilizam ferramentas BIM e SIG de maneiras distintas no meio urbano, apresentando suas potencialidades e algumas possíveis maneiras de integração. A partir desses estudos, este trabalho questionou quais seriam as possíveis formas de utilizar esse conhecimento para melhorar o planejamento de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana, como rede de distribuição de água potável, coleta de esgoto sanitário, drenagem de águas pluviais, rede de distribuição e iluminação pública, sistema viário, transporte público e limpeza pública.

## **2. OBJETIVOS**

Este artigo tem como objetivo analisar pesquisas já realizadas

sobre a utilização em conjunto de ferramentas BIM e SIG no manejo de redes de infraestrutura urbana, e discutir como a utilização de forma conjunta dos potenciais dessas ferramentas poderia melhorar a gestão de operação e manutenção dessas redes.

## **3. MÉTODO DE ANÁLISE**

O método utilizado para desenvolvimento deste trabalho foi o da pesquisa bibliográfica, a partir de levantamentos de artigos científicos publicados por meios eletrônicos e revisados por pares sobre os temas BIM e SIG, voltados para utilização em projetos, execução, operação e manutenção de redes de infraestrutura urbana, além de artigos que tratavam sobre o uso de ferramentas com tecnologia BIM e SIG utilizadas de maneira complementar.

A partir da leitura e estudo desses artigos, foi analisado como os autores têm utilizado as potencialidades dessas ferramentas em conjunto, de forma a se complementarem, e como tal integração pode gerar melhores resultados nas etapas e processos das redes de infraestrutura urbana desde sua constituição até a gestão de manutenção para atender a sua vida útil de projeto (VUP).

Os resultados foram agrupados em temas que explicam as necessidades de manutenção da infraestrutura urbana e sua relação com a sustentabilidade, às potencialidades do uso das ferramentas BIM e SIG na gestão urbana e na compatibilização de novas redes com as existentes, o uso de ferramentas BIM na gestão e manutenção de edificações e as maneiras de integrar essas duas ferramentas com características

diferentes.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os artigos selecionados foram publicados de 2010 a 2020, revisados por pares, focados em temas de manutenção de infraestrutura urbana, que se mostrou fortemente relacionado com a sustentabilidade do meio urbano, utilização de BIM e SIG na gestão das cidades e na utilização dessas duas ferramentas em conjunto. Os resultados levantados são apresentados a seguir.

A infraestrutura urbana tem um papel importante no desenvolvimento sustentável, sendo a sua manutenção crucial para manter o sistema funcionando de forma adequada e segura. A integração das tecnologias de informação e comunicação podem ser ferramentas importantes para atender as necessidades de suporte para as estratégias e planos de manutenção das redes de infraestrutura urbana, porém a sua aplicação é um desafio, por se tratar de uma atividade complexa, envolvendo vários agentes e requisitando de muitos recursos (HU, M. & LIU, Y.; 2020). O uso dessas ferramentas para gerenciamento da infraestrutura urbana tem a intenção de auxiliar os serviços de manutenção reduzindo os potenciais riscos de segurança causados por processos desordenados de manutenção, facilitando o acesso à informação, sendo possível que qualquer administrador, operador ou especialista faça um diagnóstico, conserte, monitore e colete dados remotamente às redes, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária e a complexidade das operações de manutenção, além de auxiliar as tomadas de decisões (HU,

M. & LIU, Y.; 2020).

##### 4.1 MANUTENÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Olazabal et al. (2010), mediante um estudo prospectivo, para identificar os principais desafios, critérios e indicadores para a gestão sustentável do território, apresentaram uma abordagem integrada ao gerenciamento espacial sustentável com base no desenvolvimento de um sistema integrado de apoio à decisão, para gestores territoriais que lidam com a implementação de estratégias e planos em nível regional e local. Foram utilizadas ferramentas com tecnologia SIG para criação de mapas, visualização, gerenciamento, processamento e análise dos dados. A elaboração de um modelo conceptual a partir de sessões participatórias e de técnicas de dramatização para identificar demandas e necessidades, constatou que os serviços de infraestrutura urbana são fatores importantes na avaliação de sustentabilidade, tanto para o fornecimento de serviços existentes como para novas demandas (OLAZABAL, *et al.* 2010).

Sohail, Cavill e Cotton (2005) definiram que a operação e manutenção dos serviços urbanos são sustentáveis se a infraestrutura urbana atingir sua VUP. A operação adequada dos serviços refere-se às atividades envolvidas na prestação de um serviço, depende dos usuários e provedores, usando as facilidades e os equipamentos com cuidado para garantir a VUP dos serviços e reduzir as necessidades de manutenção, que são referentes às atividades que garantem que a infraestrutura permaneça em condições de serviço, abrangendo manutenção preventiva,

manutenção corretiva e manutenção de crises (SOHAIL, CAVILL & COTTON, 2005).

As tecnologias de comunicação e informação digital possibilitaram a criação de uma nova interpretação dos métodos modernos de gestão de desenvolvimento da infraestrutura urbana, garantindo uma integração eficiente e o desenvolvimento dos elementos da infraestrutura urbana (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020). Para Sycheva, Budagov e Novikov (2020) o uso dessas novas tecnologias é definido como sustentável à medida que, ao mesmo tempo em que melhoram a qualidade de vida e a eficiência dos serviços urbanos, também se preocupam em atender as necessidades das gerações atuais e futuras sem prejudicar os componentes econômicos, sociais e ambientais da cidade.

O uso das tecnologias de informação e comunicação permite a otimização dos processos urbanos a partir da combinação de vários elementos e participantes pela interação por um sistema inteligente, permitindo a previsão de situações e comportamentos individuais das infraestruturas, assim como da cidade como um todo. O desenvolvimento dessas novas tecnologias tem conduzido para uma reinterpretção dos métodos modernos de gestão da infraestrutura urbana (SYCHEVA, BUDAGOV & NOVIKOV, 2020).

#### **4.2 BIM COMO FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO DE PATRIMÔNIO**

Para Hu e Liu (2020), o uso integrado das tecnologias de informação e comunicação pode atender as necessidades de suporte para as estratégias e planos de manutenção. A partir da internet é possível que

qualquer administrador, operador ou especialista faça um diagnóstico, conserte, monitore e colete dados remotamente às redes, reduzindo a quantidade de mão de obra necessária e a complexidade das operações de manutenção, além de auxiliar as tomadas de decisões (HU, M. & LIU, Y.; 2020).

A modelagem de informações de construção (BIM) pode integrar uma ampla gama de fluxos de informação de sistemas interdepartamentais de forma a alinhar decisões sobre gestão e manutenção com o desempenho organizacional (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

O processo de manutenção de um ativo deve estar estrategicamente dirigido ao longo de todo o ciclo de vida desse ativo, incluindo o planejamento e aquisição, manutenção e descarte ou substituição. A manutenção deve busca garantir a melhor relação custo-benefício dos ativos no atendimento as necessidades estratégicas das organizações do setor público, além de implicar um processo de orientação estratégica para garantir que a otimização dos ativos de uma organização apoie seus principais negócios metas e objetivos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Inicialmente o BIM foi introduzido para resolver problemas das fases de projetos e construção, a partir de uma comunicação aprimorada, servindo como uma ferramenta para mitigar problemas como falta de produtiva, assertividade em custo e planejamento, qualidade da construção e previsões de incompatibilidades (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

O BIM possui potencial para ser uma importante ferramenta de tecnologia da informação e comunicação no auxílio da manutenção ao longo da vida útil de uma construção, porém no pós obra o BIM tem sido mais utilizado apenas nos estágios iniciais do ciclo de vida da construção (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Sistemas computadorizados de gerenciamento de manutenções e instalações já são utilizados para atividades de gestão de ativos, a partir de programações, registro e controle de atividades de manutenção e operação, geração e solicitações de serviços, orçamento e contabilidade de instalações, entre outros (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). Esses sistemas podem ser melhorados a partir da integração com ferramentas computacionais como o BIM, capazes de fornecer diagnósticos do sistema, raciocínio de decisão e coleta e transferências de dados entre sistemas (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). O BIM pode ser uma importante ferramenta para auxílio na manutenção de ativos construídos em que há necessidade de processar grandes conjuntos de informações complexas, utilizando alimentação de dados múltiplos por meio de diferentes partes interessadas (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Modelos BIM podem fornecer um armazenamento de informações rico e centralizado para facilitar a recuperação e transferência de dados entre diferentes sistemas de tecnologia da informação e comunicação usados para manutenção de ativos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). O BIM pode

ajudar a organizar grandes volumes de dados, melhorando a eficiência das atividades de manutenção de ativos, reduzindo o processamento manual de transferência de informações, aumentando a precisão dos dados, apoiando as tomadas de decisões orientadas para manutenção de ativos (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

Os problemas que impedem a implementação do BIM raramente são técnicos, normalmente estão mais relacionados a questões de gestão e pessoas e na visão de muitas organizações que enxergam a manutenção de ativos construídos como um custo e não como uma adição de valor para a organização (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019). Para que o BIM possa ser utilizado em todo seu potencial para as atividades de gestão e manutenção é necessário que as práticas de trabalho mudem, as disciplinas individuais e os regimes de dados proprietários devem ser revertidos para práticas interdisciplinares, baseadas em dados compartilhados em que modelos de informação prevaleçam (WANIGARATHNA, JONES, BELL & KAPOGIANNIS, 2019).

### **4.3 UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM E SIG NA GESTÃO URBANA**

O uso de ferramentas BIM permite o armazenamento de grandes quantidades de dados, a visualização tridimensional de objetos e a facilidade de identificação de incompatibilidades. Todas essas características podem auxiliar significativamente o gestor na identificação das informações necessárias para tomada de decisão. Entretanto, a representação de redes

de infraestrutura urbana necessita trabalhar em grande escala com coordenadas georreferenciadas, que não são características BIM (TRISYANTI, S. et al., 2019).

Segundo Almeida e Andrade (2015), o SIG é a ferramenta com maior tendência de aplicação nos órgãos públicos de gestão e a sua integração com o BIM possibilitaria a compatibilização automática da infraestrutura urbana e a noção precisa do consumo das demandas a partir de informações extraídas diretamente do modelo. Além disso, permitiria deter maior controle da execução e manutenção das redes instaladas e permitiria tomadas de decisões mais embasadas (ALMEIDA & ANDRADE, 2015).

Dantas, Souza e Melo (2019) afirmam que a gestão da infraestrutura urbana com as ferramentas de modelagem da informação possibilita maior precisão no processo de identificação de problemas, permitindo ações de manutenção mais assertivas, reduzindo gastos para os municípios, e melhorando a qualidade do serviço público para a população.

As cidades possuem muitos agentes envolvidos nos processos decisórios e operacionais, fazendo com que as tomadas de decisões e operações de manutenção não fiquem na responsabilidade de apenas um administrador. Drenagem pluvial, sistema viário e limpeza pública são de responsabilidade do poder público municipal, enquanto serviços como energia elétrica, iluminação pública, abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, geralmente, ficam a cargo de uma autarquia (AMORIM, 2016). Esse cenário cria um quadro constituído por múltiplos agentes operacionais, para cujas atividades

são empregadas diferentes plataformas e sistemas com baixo nível de integração (AMORIM, 2016). Esse modelo de distribuição de responsabilidade pode variar, mas o importante a ser observado é que, raramente, a gestão das redes de infraestrutura urbana está concentrada em um único órgão.

Uma grande diferença entre um modelo CIM em relação ao modelo BIM reside no fato de que as decisões sobre o modelo BIM ficam sob a responsabilidade do proprietário do empreendimento, enquanto no CIM esta responsabilidade é compartilhada por diversas agências oficiais e concessionárias (AMORIM, 2016). Um modelo que integrasse as redes de infraestrutura urbana possibilitaria o acesso de diferentes gestores ao sistema e com níveis de comando diferentes. Trisyanti et al. (2019) criaram um modelo digital tridimensional para gestão de edificações por meio de ferramentas BIM e SIG, que era acessado de forma diferente pelos usuários, separados em grupos "público" e "privado". O primeiro grupo poderia apenas visualizar o modelo e acessar informações gerais, e o segundo grupo teria acesso a uma quantidade maior de dados, podendo editar essas informações, além de customizar as aplicações segundo suas necessidades.

Considerando o objetivo deste estudo é possível fazer uma analogia do modelo criado por Trisyanti et al. (2019) para um modelo CIM hipotético de um meio urbano, em que as responsabilidades das redes de infraestrutura urbana ficam a cargo de diferentes atores. Nesse modelo hipotético, a agência reguladora responsável pela rede de distribuição de água teria acesso às informações

das redes de drenagem para que fosse possível prever compatibilizações e interferências em possíveis obras de expansão e manutenção das redes de água, porém não teria permissão para editar as informações das redes de drenagem, uma vez que a responsabilidade por essas redes fica a cargo de outra agência.

A criação de um modelo CIM que compatibilizasse as redes de infraestrutura urbana de uma cidade traria a integração de informações de responsabilidade distintas para um único modelo, o que poderia facilitar a comunicação entre diferentes agências, encontrando soluções mais compatíveis e ágeis. A gestão pública do território urbano deve acompanhar as transformações que acontecem na cidade e os impactos dessas transformações. Para isso, o uso de um sistema tecnológico de monitoramento e análise se torna indispensável (ALMEIDA & ANDRADE, 2015).

#### **4.4 IMPLANTAÇÃO DE REDES URBANAS EM AMBIENTES CONSOLIDADOS COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS**

A implantação de novas redes de infraestrutura urbana em ambientes já estabelecidos tem o desafio de criar o menor impacto possível às redes existentes, compatibilizando a nova rede sem criar interferências com as redes já instaladas. Isso se deve à dificuldade, ou, muitas vezes, impossibilidade, de fazer alterações nessas redes. Além do processo de compatibilização entre redes, deve ser previsto o impacto ao meio urbano durante as obras de execução da nova rede. Ferramentas computacionais com tecnologia BIM podem ser grandes aliadas para superar esse tipo de desafio, por se

tratar de ferramentas com capacidade de identificar interferências durante a fase de projeto de maneira mais simples e direta, a partir da modelagem das redes em três dimensões (3D), dependendo menos da percepção dos projetistas, em comparação com os métodos de projetos em duas dimensões (2D) (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019). Entretanto, as ferramentas BIM não foram desenvolvidas para trabalhar em grandes escalas (MARZOUK & OTHMAN, 2020), criando um empecilho para sua utilização em meios urbanos.

Zhao, Liu e Mbachu (2019) utilizaram ferramentas BIM e SIG em conjunto para o projeto de uma nova rede de distribuição de água em um ambiente urbano já consolidado. Nesse projeto, o SIG foi utilizado para retratar as instalações existentes em uma escala geográfica ampla, enquanto o BIM foi utilizado para armazenar e manipular as informações de projeto. Para a criação do modelo tridimensional do estudo, incluindo superfície, edificações existentes e sistemas de tubulação, foram utilizados ArcGIS®, AutoCAD®, Revit® e SketchUp®. A partir do levantamento da área, os pontos foram passados para o AutoCAD e, em seguida, transferidos para o ArcGIS® com as cotas dos pontos, criando uma superfície triangular para representar a superfície real do terreno. As edificações tiveram seus perímetros levantados a partir de imagens aéreas e representadas suas alturas tridimensionalmente no SketchUp®, sendo em seguida exportado para o ArcGIS®. As redes foram preparadas no AutoCAD e exportadas para o Revit®, onde foram modeladas e inseridas as informações dos tubos, sendo na sequência incorporados os dados



no SIG utilizando o CityGML/UtilityNetwork, integrando o modelo tridimensional de tubos no ArcGIS®. Para compatibilização da nova rede com as redes existentes, foi feita uma análise topológica com a ferramenta SIG, considerando os fatores de execução existentes, como espaços para equipamentos, material, serviços, construção no geral. Para isso, foram criadas regras para as representações gráficas no SIG, sendo pontos, linhas e áreas, em que cada uma dessas representações correspondia a um elemento da rede hidráulica. Automaticamente, a partir das regras prescritas para o programa, eram identificados e examinados erros de compatibilização, fazendo com que fosse necessário alterar os locais com esses erros a partir de análises detalhadas. Após a correção, o programa refazia as verificações até que não fossem encontrados mais problemas de compatibilização, estando o projeto pronto para obra. A utilização das ferramentas BIM e SIG de forma complementar permitiu a geração de um modelo tridimensional completo de informações e que previsse os conflitos, permitindo seus ajustes, antes da execução da obra da nova rede de água potável (ZHAO, L.; LIU, Z. & MBACHU, J.; 2019).

#### **4.5 TRANSFERÊNCIA DE DADOS ENTRE FERRAMENTAS BIM E SIG**

Em seu estudo de caso, Trisyanti et al. (2019) salvou o modelo tridimensional BIM como Industry Foundation Classe (IFC) e o resultado do mapeamento da área de estudo foi modelado tridimensionalmente em uma ferramenta SIG capaz de armazenar, representar e gerir modelos virtuais tridimensionais de cidades, a partir de um esquema

do banco de dados implementado pelo padrão City Geography Markup Language (CityGML). Da mesma maneira, Zhao, Liu e Mbachu (2019) realizaram a transferência de informações do arquivo BIM do seu modelo de redes para o SIG, utilizando o IFC, a partir de adequações que permitem a leitura dessas informações pelo programa, transformando cada objeto tridimensional e carregado de informações das redes em representações gráficas simplificadas para serem representadas no SIG.

IFC é um formato de dados neutros que constitui um padrão internacional para BIM, possibilitando o compartilhamento de dados da edificação, independentemente da plataforma de trabalho (AMORIM, 2016). Segundo Amorim (2016), o modelo IFC foi desenvolvido com o intuito de permitir o intercâmbio e o compartilhamento de informações sobre edificações, estando em um constante processo de melhoria, sendo que esta prevista a criação do IFC5 para incorporar a modelagem de elementos de infraestrutura urbana, o que possibilitaria a integração de modelos das edificações com modelos de cidade, viabilizando a constituição dos modelos CIM.

O CityGML é um padrão internacional aberto que permite o armazenamento da forma e da geometria tridimensional dos objetos, sendo compatível com ferramentas computacionais com SIG (AMORIM, 2016). O CityGML também pode ser definido como um modelo de dados aberto que permite a troca de dados que descrevem os objetos urbanos e paisagísticos, juntamente com seus atributos espaciais e não espaciais, relação e suas estruturas hierárquicas complexas em cinco níveis de detalhe (LoD) (TRISYANTI,

S. et al., 2019).

## 5. CONCLUSÃO

O planejamento de gestão e manutenção das redes de infraestrutura urbana é um trabalho complexo, que envolve vários atores das esferas público e privada. As atividades relacionadas à infraestrutura urbana abrangem áreas de grandes escalas, podendo envolver cidades inteiras ou até áreas maiores, como conurbações urbanas ou redes de produção, tratamento e distribuição que iniciam e terminam em cidades, estados ou até mesmo países diferentes. As atividades relacionadas à infraestrutura urbana estão em constantes mudanças, devido a novos empreendimentos, mudanças no tecido urbano, variações de consumos e até mesmo pelo limite da VUP das redes instaladas, fatores que aumentam ainda mais a complexidade desses serviços. Isso faz com que o campo de pesquisas futuras para o CIM seja muito amplo, com grande quantidade de oportunidades e desafios, sendo de grande importância para o futuro das cidades, pois a utilização de plataformas com essa tecnologia pode melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas.

Ferramentas SIG são voltadas para a gestão de informação, não tendo características para desenvolvimento de projetos e de modelagem, por esse motivo é necessária sua integração com o BIM para trabalhar com redes de infraestrutura. Da mesma maneira, ferramentas BIM não foram desenvolvidas para trabalhar com dados com referência espacial ou coordenadas geográficas, sendo necessária a sua compatibilização com o SIG para preenchimento dessa lacuna na

utilização para projetos de grande escala. As publicações estudadas neste artigo mostram que é possível o uso dessas duas ferramentas de forma a se complementarem, sendo que utilização do BIM e do SIG pode facilitar desde a visão global até o detalhe dos sistemas de infraestrutura, munindo de informações os atores envolvidos na gestão patrimonial para as tomadas de decisões.

Por se tratarem de ferramentas computacionais com características diferentes, a integração entre BIM e SIG não é simples. As ferramentas BIM utilizam o IFC como formato neutro de transferência de dados entre diferentes ferramentas com essa tecnologia, mas esse formato não é compatível com ferramentas SIG, que utilizam o padrão CityGML para transferência de dados entre ferramentas com essa mesma característica. Essas dificuldades não impossibilitam a transferência de dados entre ferramentas BIM e SIG, pois os objetos tridimensionais criados em um modelo BIM podem ser transformados em representações gráficas passíveis de serem representadas em SIG. Porém, deve-se sempre atentar para o nível de detalhamento desejado, pois mesmo transferências entre ferramentas BIM distintas podem perder informações nas transferências em formatos IFC.

O uso das ferramentas computacionais BIM e SIG em conjunto pode ser a base para a criação de uma plataforma CIM que servirá como suporte para as tomadas de decisões dos gestores das cidades para o planejamento da gestão e da manutenção das redes de infraestrutura urbana. Essa plataforma possibilitaria a integração de redes, que usualmente ficam a cargo de diferentes gestões,

em um mesmo modelo repleto de informações de fácil acesso e passível de atualizações à medida que essas redes vão se expandindo ou alterando.

Devido às particularidades dos municípios em relação à gestão pública dessas redes, a plataforma criada deve ser desenvolvida a atender as necessidades específicas da cidade em que será utilizada.

A criação e utilização de uma plataforma CIM utilizando a modelagem da informação, baseada em um sistema de informações geográficas, pode facilitar a gestão e a manutenção de redes de infraestrutura urbana, mas não só isso. Uma plataforma nesse formato completa e acessível pode ser estudada como fonte de dados para tomadas de decisões no direcionamento de verbas públicas, acompanhamento transparente e detalhado do uso do dinheiro público para as obras de infraestrutura e como parte do desenvolvimento de cidades inteligentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 1º. Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max. A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana. *VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015)*, Recife, 2015.

AMORIM, Arivaldo Leão de. Estabelecendo requisitos para a modelagem da informação da cidade (CIM). *Espaços e Fronteiras da Modelagem da Informação da Cidade (CIM)*. IV ENANPARQ jul, 2016.

DANTAS, H. S.; SOUSA, J. M. M. S.; MELO, H. C. The importance of city information modeling (CIM) for cities' sustainability. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012074.

HU, Min; LIU, Yunru. E-maintenance platform design for public infrastructure maintenance based on IFC ontology and Semantic Web services. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, v. 32, n. 6, p. e5204, 2020.

MARZOUK, Mohamed; OTHMAN, Ahmed. Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustainable Cities and Society*, v. 57, p. 102120, 2020.

OLAZABAL, M. et al. Sustainable spatial management: an integrated approach. In: *Proceedings of the institution of civil engineers-municipal engineer*. Thomas Telford Ltd, 2010. p. 33-41.

SYCHEVA, Evelina; BUDAGOV, Artur; NOVIKOV, Andrey. Urban infrastructure development in a global knowledge-based economy. In: *SHS Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. p. 03013.

TRISYANTI, S. W. et al. Low cost web-application for management of 3d digital building and complex based on BIM and GIS. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 42, p. 371-375, 2019.

WANIGARATHNA, Nadeeshani et al. Building information modelling to support maintenance management of healthcare built assets. *Facilities*

37, no. 7/8, p. 415-434, 2019.

ZHAO, Linlin; LIU, Zhansheng; MBACHU, Jasper. An integrated BIM-GIS method for planning of water distribution system. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 8, p. 331, 2019.