

ANÁLISE DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM À INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DA VIA FÉRREA

ANALYSIS OF THE POTENTIAL FOR IMPLEMENTING THE BIM METHODOLOGY TO THE INSPECTION AND MAINTENANCE OF RAILWAY

Vilela, Manuel; *Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, manuel_vilela_@hotmail.com*

Neves, José; *CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, jose.manuel.neves@tecnico.ulisboa.pt*

Sampaio, Zita; *CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, zita.sampaio@tecnico.ulisboa.pt*

RESUMO

A generalização da implementação da metodologia "Building Information Modelling" (BIM) nos sistemas produtivos tem sido fundamental ao desenvolvimento da Indústria 4.0. Este é já o paradigma atual de muitas áreas da arquitetura, engenharia e construção onde o BIM tem sido aplicado com muito sucesso e como metodologia de apoio à gestão de ativos, numa abordagem baseada no modelo de economia circular. Contudo, esta não é a realidade ainda em muitos setores, como é o caso das obras lineares de infraestruturas de transporte. O presente artigo tem como objetivo geral apresentar uma análise do potencial de aplicação da metodologia BIM às infraestruturas ferroviárias, nomeadamente à via férrea. Com base na informação de um caso de obra de renovação duma linha férrea nacional em serviço, procedeu-se: (1) à modelação tridimensional (3D) da geometria da infraestrutura ferroviária, através dos softwares Civil 3D® e Infraworks®; (2) à demonstração da capacidade de extrair informação do modelo criado com aplicação aos principais parâmetros geométricos da via, através do Civil 3D. Do ponto de vista da modelação, concluiu-se que a utilização do Civil 3D apresenta limitações à implementação da metodologia BIM, nomeadamente no que diz respeito à interoperabilidade na definição de modelos 4D. Relativamente à inspeção e manutenção da via, constataram-se ainda muitas limitações no armazenamento e manipulação desse tipo de informação.

ABSTRACT

The implementation of the Building Information Modelling (BIM) methodology in production systems has been fundamental to the development of Industry 4.0. This is already the current paradigm of many areas of architecture, engineering, and construction where BIM has been applied with great success and as a methodology to support asset management in an approach based on the circular economy model. However, this is not the case in many sectors, as it is the case of linear transport infrastructures. The present paper has the main objective to present an analysis of the potential of the BIM methodology application to the railway infrastructures. Based on the information of a case of renovation of a national railway in service, the following tasks were carried out: (1) the three-dimensional modelling (3D) of the geometry of railway infrastructure, using Civil 3D® and Infraworks® softwares; (2) the capacity to extract information from the created model with application to the main geometric parameters of the rail track, through Civil 3D. From the modelling point of view, it was concluded that the use of Civil 3D presents limitations to the implementation of the BIM methodology, namely with respect to interoperability in the definition of 4D models. Regarding the inspection and maintenance of the railway, many limitations were also observed in the storage and processing of this type of information.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria da construção tem vindo a ser direcionada para a implementação da metodologia "Building Information Modelling" (BIM) em diversos setores. O BIM é um conceito de trabalho colaborativo, fortemente apoiado nos avanços tecnológicos computacionais. As atuais ferramentas de base BIM permitem o desenvolvimento de projetos de edifícios, incluindo as fases de conceção, construção, manutenção, gestão e, ainda, demolição. No entanto, é ainda pouco utilizado no setor das infraestruturas de transporte (estradas, ferrovia, pontes, túneis, aeroportos e portos) (Campestrini et al., 2015). Encontram-se, no entanto, alguns registos bibliográficos, no domínio das infraestruturas, permitindo concluir que recentemente tem havido um interesse crescente na aplicação do BIM também neste setor (Bradley et al., 2016). A sua aplicação requer o envolvimento

dos profissionais, de modo a que a tecnologia BIM possa ser reconhecida como um auxiliar no desenvolvimento de projetos (Campestrini et al., 2015).

Em geral, a metodologia BIM é apoiada na utilização de sistemas de informação, com elevado nível de interoperabilidade, de forma a conceber modelos digitais centralizadores de dados. A informação contida no modelo BIM é utilizada no suporte à tomada de decisões durante o ciclo de vida do empreendimento, permitindo a obtenção de documentos de alta qualidade, a análise do comportamento energético ou de sustentabilidade, a comparação de custos em diversas fases do projeto e construção, o planeamento da manutenção e a atividade de gestão do empreendimento. O modelo BIM apoia a colaboração entre diferentes utilizadores, em diversas fases do ciclo de vida da estrutura, pois permite a adição, a extração, a atualização e alteração de dados em cada uma das etapas, conforme necessário ao longo do processo (Eastman et al., 2008).

Na indústria da construção, o desenvolvimento do projeto deve integrar um trabalho de equipa, onde cada especialidade é suportada por diferentes aplicações. As aplicações CAD permitem essa colaboração, embora de um modo bastante segmentado, com base na realização e interpretação de desenho e no recurso a padrões uniformes de dados digitais, quando distintos softwares são utilizados. A capacidade de interoperabilidade entre sistemas constitui um problema devido à necessidade de se recorrer a várias aplicações e sistemas heterogêneos, utilizados pelas diferentes empresas. A interoperabilidade pode ser definida como “a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes poderem trocar informação e utilizar essa mesma informação” (Grilo e Jardim-Goncalves, 2010).

A *Industry Foundation Classes* (IFC) é uma norma criada para permitir a partilha de modelos completos e precisos, entre os vários intervenientes, independentemente das aplicações por eles utilizadas e de forma a garantir uma troca de informação eficaz ao longo do processo (Ham et al., 2008). O problema da interoperabilidade tem vindo a ser resolvida no âmbito da construção vertical, em detrimento do domínio das infraestruturas horizontais (ferrovia, estradas, aeroportos, etc.), que tem sido menos estudada. Em parte, devido à ainda falta de dados padronizados que possam ser considerados com uma organização e designação aceitáveis e suficientemente conhecidas no âmbito BIM. Esta lacuna limita a adoção e eficácia do BIM como meio de integração e de colaboração no projeto ferroviário. No entanto, a organização *BuildingSMART* começou recentemente a expandir o formato IFC de forma a suportar o projeto de infraestruturas horizontais.

O primeiro IFC, dirigido ao projeto de infraestruturas, foi estabelecido com a colaboração da *buildingSMART* com a instituição *Open Geospatial Consortium* (OGC) (Russell et al., 2016). O primeiro projeto de extensão *buildingSMART* IFC para a infraestrutura foi lançado em julho de 2015, com a designação P6 “IFC Alignment”. Esta norma tem servido de base para o desenvolvimento de outras normativas, como a IFC-Bridge e a IFC-Road, e fornece o modelo de dados para a informação relativa ao alinhamento, em 2D e 3D, e para a localização espacial de recursos de infraestrutura (*buildingSMART*, 2016). Esses padrões estendem a IFC de base, de forma a incluir os padrões OGC, oferecendo suporte a coordenadas e níveis geográficos globais e não locais. Ao utilizar estes padrões, os dados geométricos podem ser partilhados com precisão através de diferentes modelos, sistemas e ferramentas com redundância mínima de dados (Russell et al., 2016). No caso específico da ferrovia, os caminhos de ferro chineses desenvolveram um modelo de IFC *Railway* para as linhas de alta velocidade. O IFC *Railway* apresenta uma separação evidente entre o modelo semântico e o modelo geométrico: o modelo semântico pretende desenvolver novas entidades relacionadas com os vários elementos ferroviários (plataforma, via, sub-base, túneis ou viadutos). O modelo geométrico caracteriza novas formas geométricas de entidades ferroviárias, baseadas em algumas entidades IFC existentes. Adicionalmente, é possível a interligação com a estrutura IFC *Road*, pois há diversos elementos estruturais idênticos, assim como modelação geométrica. Como as infraestruturas ferroviárias são usualmente sistemas lineares, estas podem sofrer alterações no seu traçado. Um mecanismo introduzido no IFC *Railway* possibilita conhecer a posição relativa dos elementos e manter o posicionamento de sinais, carris, postes de catenária, etc., sempre que há alterações ao traçado. Esta capacidade revela-se importante quando é necessário desenhar outros elementos de via, distintas das habituais travessas, carris ou balastro, como por exemplo, caleiras de cabos e catenária, entre outros (Sécio, 2018).

A integração do BIM em projetos ferroviários tem vindo a ganhar alguma importância no setor das infraestruturas. Segundo Bensalah e Mharzi (2018), as vantagens e os benefícios são consideráveis, como por exemplo: controlo de custos; suporte à tomada de decisões; redução do volume de trabalhos adicionais por erros de projeto; análise de deteção de problemas de interface; melhoria da perceção visual; apoio à pré-fabricação; suporte à planificação de manutenção e da gestão da infraestrutura.

No âmbito do projeto de infraestruturas é frequentemente utilizado o software InfraWorks que oferece suporte para configurações de estradas e de linhas ferroviárias. O sistema permite a representação espacial do projeto e a sua análise em fase conceptual do processo. Quando combinado com gráficos obtidos de sistemas SIG, desenhos, mapas, imagens raster e dados de satélite, o sistema InfraWorks pode fornecer ainda a simulação de tráfego. A versão mais recente do InfraWorks admite uma melhor interoperabilidade com o Revit e Civil 3D (AEC Magazine, 2016). O conceito BIM e o sistema Civil 3D surgiram na década de 80, mas o Civil 3D não foi desenvolvido na perspetiva da metodologia BIM. O Civil 3D é um software orientado para conceber, executar e gerir projetos de engenharia civil, em áreas de transporte, águas e terraplanagem. Este software só mais recentemente desenvolveu questões de interoperabilidade, disponibilizada na versão 2014 e o formato IFC passou a ser suportado na versão 2016. Assim, o Civil 3D passou a ficar capacitado para executar projetos em BIM (André e Ribeirinho, 2018). No domínio da ferrovia, os softwares mais populares são Revit e Bentley. O Revit é um software mais abrangente que pode ser adequado para várias áreas da engenharia civil, enquanto que o Bentley é um software específico para a ferrovia (Bensalah e Mharzi, 2018).

Atendendo à necessidade de promover ainda mais a implementação da metodologia BIM às infraestruturas de transporte, o artigo tem como objetivo apresentar um estudo sobre a sua aplicação às infraestruturas ferroviárias, nomeadamente à via férrea. Com base numa obra de renovação duma linha férrea nacional em serviço, procedeu-se à modelação tridimensional (3D) da geometria da infraestrutura ferroviária, através dos softwares Civil 3D e Infravorks, e à demonstração da capacidade de extrair informação do modelo criado com aplicação aos principais parâmetros geométricos da via – bitola e o nivelamento transversal – através do Civil 3D.

1 - CASO DE ESTUDO

1.1 - Descrição da obra

O caso de estudo é relativo a uma obra de renovação integral dum troço de via férrea nacional com extensão de cerca de 35 km. Esta linha tem tráfego misto de diferentes características. A obra foi finalizada em setembro de 2016 e pretendeu melhorar as condições de exploração ferroviária e reduzir os custos de manutenção da infraestrutura.

A obra incluiu trabalhos de instalações fixas de tração elétrica em duas estações, a implementação do sistema de retorno de corrente de tração e terras de proteção (RCT+TP), a substituição das fixações das travessas, a renovação da superestrutura das vias existentes, a melhoria do sistema de drenagem, e de catenária, a adaptação das plataformas de passageiros e inerentes acessos pedonais, a manutenção dos aparelhos de mudança de via (AMV) existentes, a contabilização das estruturas metálicas e a colocação de vedações em zonas específicas.

No caso da renovação da via férrea, a obra consistiu na aplicação combinada de geogrelha com geotêxtil na base da camada de balastro com a principal função de reforço e estabilização da camada de balastro. A aplicação do geotêxtil teve como função a separação e filtro, face à superfície de desgarnecimento. A Figura 1 mostra a sucessão das principais fases construtivas, realizadas sempre em período noturno:

- Substituição de via (carris, travessas e fixações) (Figura 1a)
- Desgarnecimento mecânico de balastro (Figura 1b).
- Colocação da geogrelha e do geotêxtil (Figura 1c).
- Execução de ataques mecânicos pesados (alinhamento e nivelamento da via) (Figura 1d).

No troço de via em estudo, foram ainda realizados outros trabalhos complementares, nomeadamente, trabalhos de terraplenagem, drenagem, da adaptação da catenária e da sinalização. Os trabalhos de renovação da via férrea foram realizados em 10 dias úteis. Esta duração teve por base os dados fornecidos, seguidos de uma estimativa realizada. Os trabalhos tiveram a duração de 7h diárias, em período diurno, enquanto a via adjacente se encontrava em exploração ferroviária, ou seja, circulação em via única temporária (VUT). Vilela (2018) apresenta uma descrição pormenorizada da obra, do faseamento construtivo e equipamento.

1.2 - Modelação da via férrea

O traçado do troço de via em estudo foi desenvolvido sobre cartografia tridimensional à escala 1/1000, obtida a partir da restituição aerofotogramétrica decorrente de voo realizado para o efeito. A

definição da geometria em planta (diretriz) foi suportada na coordenação das linhas e aparelhos de mudança de via (AMV) existentes.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1 – Fases construtivas de renovação da via férrea

A quando da coordenação de via, foram igualmente objeto de caracterização os elementos associados à via, sendo que a maior parte constitui pontos fixos, sendo de destacar os seguintes: postes de catenária; passagem hidráulica (pontes); via existente, com identificação do carril e travessas (em madeira ou betão). Todos estes elementos foram caracterizados através de vários perfis transversais.

A configuração do perfil longitudinal (via ascendente e via descendente) resultou da análise conjunta da subida da rasante pelas especialidades de terraplenagem e drenagem, catenária e via. A análise foi efetuada com o objetivo de compatibilizar as possíveis subidas da rasante que possam beneficiar a drenagem existente e/ou nova, e minimizar a afetação de taludes e/ou estruturas existentes, com a necessidade de garantir determinado valor da altura do fio de contacto da catenária. Como referido, há locais onde, por via dos pressupostos do projeto, não foi possível subir a rasante e, consequentemente, foi necessário optar pela instalação da geogrelha com geotêxtil incorporado. Os trainéis de projeto variam, em valor absoluto, entre 0 ‰ e 14.5 ‰.

O processo de modelação tridimensional (3D) da geometria recorreu à utilização dos softwares Autocad Civil 3D e Infracore (versões de 2019), desenvolvidos pela Autodesk.

O primeiro passo para a modelação requereu a localização exata do local da obra, ou seja, fazer coincidir os sistemas de coordenadas e a utilização de mapas já integrados em ambos os softwares. A informação da localização obtida no Infracore foi importada para o Civil 3D, mas apenas com recurso ao local exato, georreferenciado, e um mapa com vista de satélite onde foi possível visualizar o troço da linha férrea. O processo de modelação incluiu toda a modelação da infraestrutura ferroviária, a sua subestrutura (fundação e sub-balastro) e superestrutura (carris, travessas e balastro), incluindo também o sistema de drenagem e postes de catenária. Importada a área de implantação do troço ferroviário, foi iniciado o processo de modelação de toda a estrutura da linha ferroviária no Civil 3D. A modelação iniciou-se com a criação da diretriz. Posteriormente foi produzido o perfil longitudinal do terreno e criada a rasante do projeto. Finalmente, procedeu-se à definição da secção transversal da via através da montagem de todas as componentes (submontagens), conforme se representa na Figura 2. O perfil transversal é constituído pelos carris, travessas, balastro, sub-balastro, sub-base, fundação, drenagem, postes de catenária e, ainda, a introdução de uma

submontagem que permite definir a solução de aterro ou de escavação em função da posição do terreno.

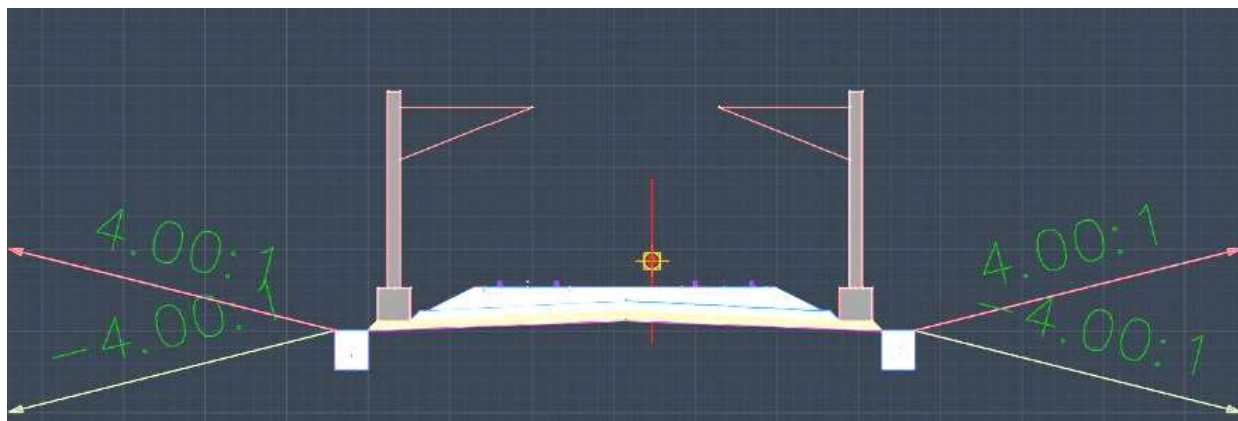


Figura 2 – Modelação da secção transversal

Obtidos os elementos fundamentais da geometria da via, foi possível criar um corredor de todo o troço a partir de uma linha base (alinhamento), depois de criar cortes 2D (montagens) em localizações incrementais e criando inclinações coincidentes que atingem um modelo de superfície. O corredor utiliza vários objetos e dados do Civil 3D, incluindo submontagens, montagens, superfícies, alinhamentos e perfis. Assim sendo, qualquer mudança nos mesmos, vai afetar todo o projeto.

Criado o modelo 3D de projeto, este pode ser observado segundo diversos pontos de vista, para uma correta percepção do resultado final e identificação de algum erro. A Figura 3 mostra como exemplo a perspetiva de modelo 3D em zona onde existe uma passagem hidráulica.

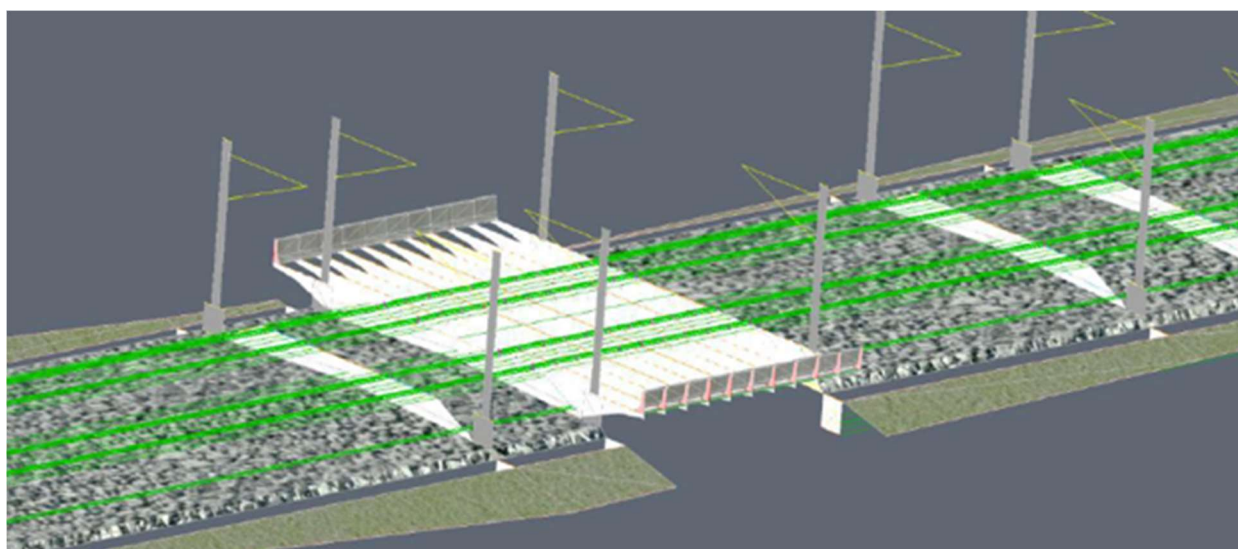


Figura 3 – Exemplo de modelo 3D

2 - UTILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO – INSPEÇÃO DA VIA

A metodologia BIM recorre a ferramentas com capacidade de extração de variado tipo de informação do modelo criado. Pretendeu-se analisar a possibilidade de analisar informação sobre a inspeção geométrica da via, de grande importância nas ações de manutenção. Os principais parâmetros geométricos da via a serem avaliados são estabelecidos na norma EN 13848-1 (2008), nomeadamente: bitola; alinhamento; nivelamento longitudinal e transversal; empeno.

Por recurso ao Civil 3D foi apenas possível controlar dois parâmetros: a bitola e o nivelamento transversal. A bitola corresponde à mínima distância entre os dois carris e medida a 14 mm abaixo da superfície de rolamento. O nivelamento transversal é a diferença entre a superfície de rolamento e o seu plano horizontal de referência. Para alterar o valor da bitola basta selecionar o alinhamento, do

modelo 3D, criado com o nome "Linha X" e selecionar as propriedades pretendidas (Figura 4). Através da interface, foi inserido o valor da bitola.

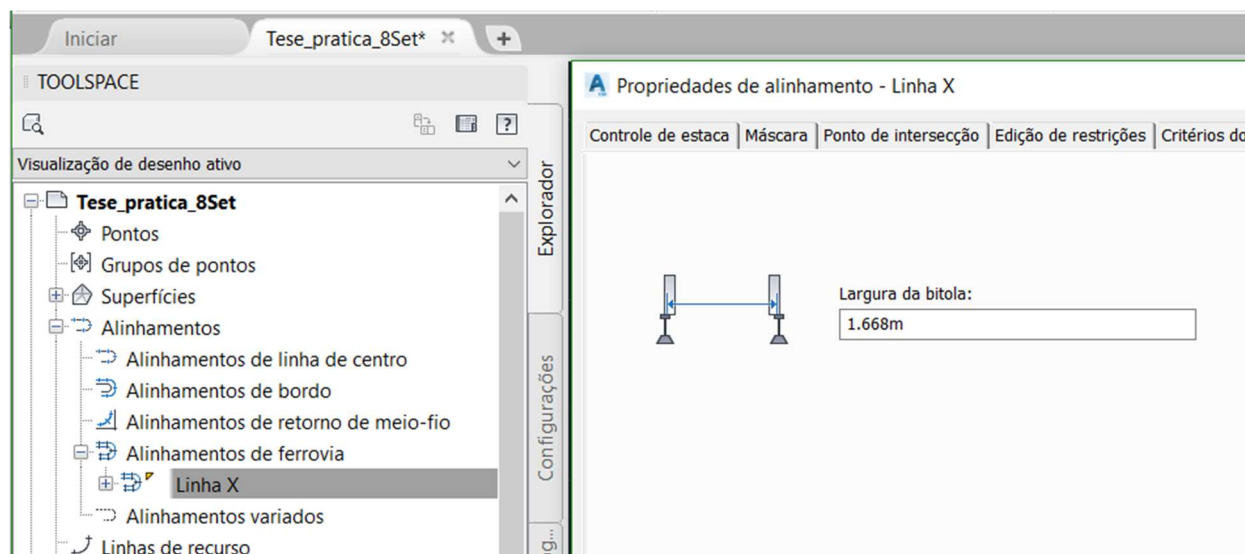


Figura 4 – Propriedades do alinhamento

Em relação ao nivelamento transversal, procedeu-se de maneira semelhante, mas selecionando Adicionar declive transversal. Na interface da Figura 5 podem ser escolhidos três métodos para o cálculo do nivelamento transversal: Ferrovia de lado alto, Ferrovia do lado baixo, Linha base de centro. Na escolha do método optou-se por não alterar o já selecionado (Ferrovia do lado alto). A Figura 6 ilustra a atribuição dos valores de variáveis para proceder ao cálculo. Este parâmetro é normalmente mais elevado em curvas. Sendo assim, não é muito relevante para o caso de estudo, devido à inexistência de curvas. Este programa como opção de base, admite uma curva embora muito suave, como se pode observar nos dados fornecidos na Figura 7. Esta funcionalidade não deixa de ser bastante importante noutros projetos ferroviários mais complexos.

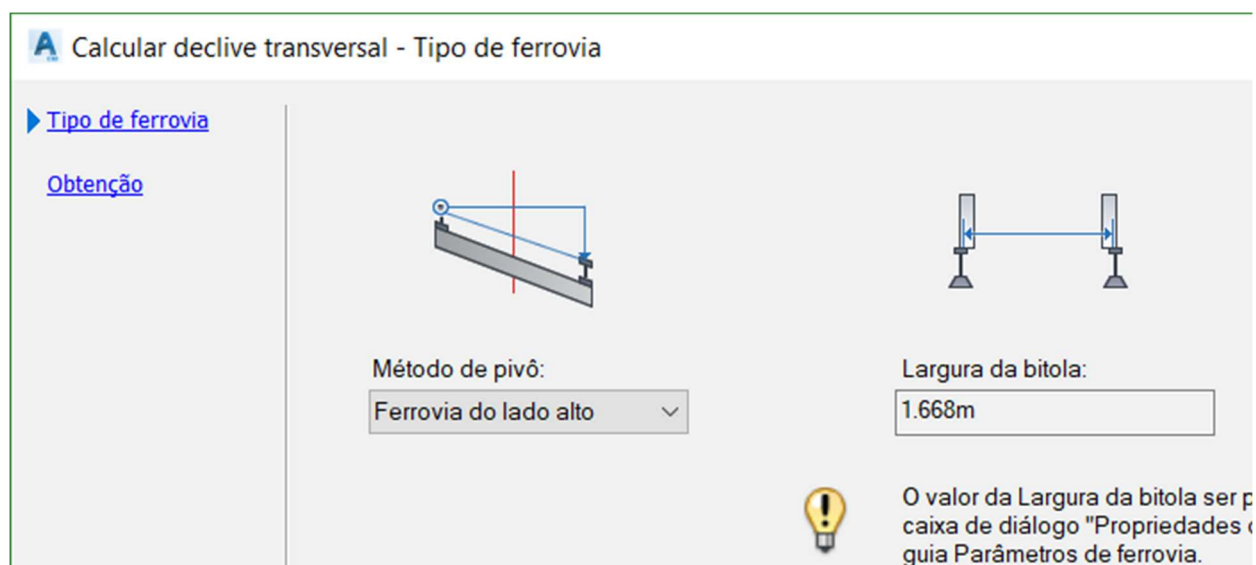


Figura 5 – Cálculo do nivelamento transversal

3 - CONCLUSÕES

A metodologia de trabalho BIM estabelece uma nova forma de trabalhar mais colaborativa que requer um elevado nível de interoperabilidade entre os softwares utilizados. Embora já muito difundida nas comunidades de arquitetura e engenharia, predominantemente nas áreas de estruturas e construção, constata-se ainda uma maior dificuldade de implementação da metodologia BIM nas infraestruturas de transporte. No presente artigo, com base numa obra de renovação de linha férrea nacional,

apresentou-se a modelação tridimensional (3D) da geometria da via, através dos softwares Civil 3D e Infraworks, e à demonstração da capacidade de extrair informação do modelo criado com aplicação à bitola e nivelamento transversal da via férrea, através do Civil 3D.

Figura 6 – Variáveis do nivelamento transversal

Propriedade	Valor
Nome da curva	Curva.1
Definição da curva	Automático
Velocidade do projeto	130km/h
Raio	200.000m
Direção	Direita
Estaca inicial	1+434.21m
Estaca final	1+434.28m
Comprimento	0.077m
Largura da bitola	1.668m

Figura 7 – Janela de propriedades do nivelamento transversal

A criação do modelo 3D foi possível, embora com algumas limitações pois inicialmente a modelação foi efetuada apenas no Civil 3D. Numa fase posterior da modelação verificou-se que o software não era adequado à metodologia BIM. Embora o Civil 3D permita a criação de representações tridimensionais de modo bastante correto, os modelos gerados ainda são constituídos de arestas e superfícies, como acontece no AutoCAD tradicional. Esta situação origina problemas de interoperabilidade, que limitam a definição de modelos 4D.

Relativamente à inspeção e manutenção da via, constatou-se muitas limitações ainda relativamente ao armazenamento e manipulação desse tipo de informação. Recomenda-se que em trabalhos futuros se analise mais aprofundada a possibilidade de ter um adequado sistema de manutenção e de inspeção de via com todos os parâmetros geométricos usualmente requeridos, de forma a que o planeamento da manutenção, associado a ensaios de inspeção de controlo de qualidade, possa ficar integrado.

REFERÊNCIAS

- AEC Magazine (2016). Autodesk 2017 updates. Disponível em: <https://www.aecmag.com/59-features/1122-autodesk-2017-updates> (Acedido: 14 de Março de 2018).
- André, A. e Ribeirinho, L. (2018). Aplicação de metodologia BIM no âmbito de projetos de regularização fluvial. Os casos de Díli e de Pante Macassar em Timor-Leste. 2º Congresso Português de Building Information Modelling 2018, pp. 221–230.
- Bensalah, M. e Mharzi, H. (2018). *Integrating BIM in railway projects: review & perspectives for Morocco & Mena*. International Journal of Recent Scientific Research, 9(1), pp. 23398–23403. doi: 10.24327/IJRSR.
- Bradley, A., Li, H., Lark, R., e Dunn, S. (2016). *BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective*. Automation in Construction, Elsevier B.V., 71, pp. 139–152. doi: 10.1016/j.autcon.2016.08.019.
- buildingSMART (2016). *Alignment overview — Welcome to buildingSMART-Tech.org*. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects/alignment> (Acedido: 6 de Março de 2018).
- Campestrini, F., Garrido, M., Scheer, S., e Freitas, M. (2015). Entendendo BIM. Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf (Acedido: 5 de Março de 2018).
- Eastman, C., Liston, K., e Sacks R. (2008). *BIM Handbook*. Paul Teicholz Rafael Sacks. doi: 2007029306.
- Grilo, A. e Jardim-Goncalves, R. (2010). *Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments*. Automation in Construction, Elsevier B.V., 19(5), pp. 522–530. doi: 10.1016/j.autcon.2009.11.003.
- Ham, N. H., Min, K.M., Kim, J.H., Lee, Y.S., e Kim, J.J. (2008). *A study on application of BIM (Building Information Modeling) to Pre-design in construction project*. Proceedings of the 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, ICCIT 2008, 1(January 2002), pp. 42–49. doi: 10.1109/ICCIT.2008.190.
- Russell, K., Toby, H., e Ali, B. (2016). *BIM Interoperability Limitations: Australian and Malaysian Rail Projects*. MATEC Web of Conferences, Vol. 66, p. 102. doi: 10.1051/mateconf/20166600102.
- Sécio, F. (2018). BIM nas Infraestruturas Ferroviárias. Um parente pobre. 2º Congresso Português de Building Information Modelling 2018, pp. 109–117.
- Vilela, M. (2018). Potencial de aplicação da metodologia BIM a infraestruturas ferroviárias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.