

VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NO SETOR FERROVIÁRIO – CASO DE RENOVAÇÃO E INSPEÇÃO DA VIA FÉRREA

VIABILITY OF BIM METHODOLOGY IMPLEMENTATION ON THE RAILWAY SECTOR – CASE OF RAIL TRACK REHABILITATION AND INSPECTION

VILELA, Manuel

Estudante de Mestrado, IST-Ulisboa, Portugal
manuel_vilela@hotmail.com

NEVES, José

Professor, CERIS, IST-ULisboa, Portugal
jose.manuel.neves@tecnico.ulisboa.pt

SAMPAIO, Zita

Professora, CERIS, IST-ULisboa, Portugal
zita.sampaio@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Atualmente a metodologia “Building Information Modelling” (BIM) tem vindo a ser implementada em todos os sectores da indústria da Construção, incluindo os sistemas de infraestruturas de transporte. O estudo apresenta um caso de concreto de renovação duma infraestrutura ferroviária em Portugal, recorrendo à aplicação de geotêxtil e geogrelha na base da camada da balastro. Numa primeira fase é efectuada a modelação tridimensional (3D) da obra através do *software* Civil 3D®. É, de seguida, efectuada a transposição do modelo 3D para um sistema de base BIM e é analisado o nível de interoperabilidade verificada. É ainda considerada a capacidade de extração de informação do modelo, para efeitos de inspeção e de planeamento do processo de construção. Concluiu-se que a utilização de um *software* de base BIM na execução destas tarefas apresenta ainda bastantes limitações que devem ser consideradas.

Palavras-chave: Via férrea, modelo 3D, BIM, inspeção, renovação.

ABSTRACT

Currently the methodology "Building Information Modelling" (BIM) has been implemented in all sectors of the construction industry, including transport infrastructure systems. The study presents a concrete case of renewal of a railway infrastructure in Portugal, through the application of geotextiles and geogrid at the base of the ballast layer. The first phase is the three-dimensional (3-d) modelling of the work using Civil 3D® software. After, the 3D model is transposed to a BIM system and its level of interoperability level is checked. It is still considered the ability of model information extraction for the purposes of inspection and of construction process planning. It was concluded that the use of a basic BIM software in the execution of these tasks still shows several limitations that must be taking in consideration.

Keywords: Rail track, 3D model, BIM, inspection, rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem vindo a ser direcionada para a implementação da metodologia “Building Information Modelling” (BIM) em diversos setores. O BIM envolve o 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 edemolição. No entanto, está ainda pouco divulgado 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 projectos, do processo de construção e posteriormente na gestão, inspeção e manutenção de toda a infraestrutura (Campestrini et al., 2015).

A implementação do BIM no desenvolvimento do projeto ferroviário 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 frequente a utilização do *software* InfraWorks®, pois oferece suporte à modelação de configurações relacionadas com estradas e linhas ferroviárias. O sistema permite a representação espacial do projeto e a sua análise em fase conceptual. Por integração deste sistema com a informação fornecida por um sistemas SIG, nomeadamente, desenhos, mapas, imagens *raster* e dados de satélite), é possível apresentar 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 numa perspetiva de integrar o conceito paramétrico inerente ao conceito 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 admite soluções de interoperabilidade, disponibilizada na versão 2014 e o formato padrão de intercâmbio de informação no âmbito BIM, *Industry Foundation Classes* (IFC) passou a ser suportado na

versão 2016. Assim, o Civil 3D® passou a ter mais capacidade para apoiar a elaboração de projetos de infra-estruturas em BIM (André e Ribeirinho, 2018). No domínio da ferrovia, os *softwares* mais populares são o 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* mais específico para cálculo estrutural e infraestruturas (Bensalah e Mharzi, 2018).

De forma a poder julgar da eficiência da implementação da metodologia BIM nas infraestruturas de transporte, o presente estudo apresenta uma análise da utilização de *software* de modelação 3D normalmente utilizadas, Civil 3D® e InfraWorks®, e a limitação ainda existente na sua aplicação no âmbito do projeto BIM. Com base numa obra de renovação numa linha férrea nacional em serviço, procedeu-se à modelação tridimensional (3D) da geometria da infraestrutura ferroviária, através do *software* Civil 3D® e à demonstração da capacidade de extrair informação do modelo criado com aplicação aos principais parâmetros geométricos da via: a bitola e o nivelamento transversal. Por recurso a ferramentas de base BIM foi criado o modelo BIM do troço em estudo, podendo concluir-se quanto à sua aplicabilidade no sector das infraestruturas.

2. CASO DE ESTUDO

2.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

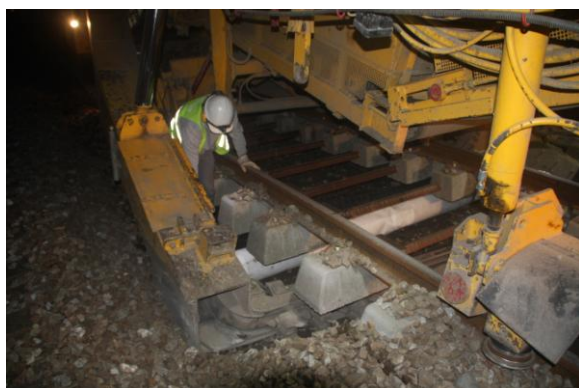
O caso de estudo é relativo a uma obra de renovação integral dum troço de via férrea nacional com extensão aproximada de 35 km. Esta linha tem tráfego misto de diferentes características (passageiros e mercadorias; longa distância e urbano). A obra foi finalizada em setembro de 2016 e pretendeu melhorar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

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

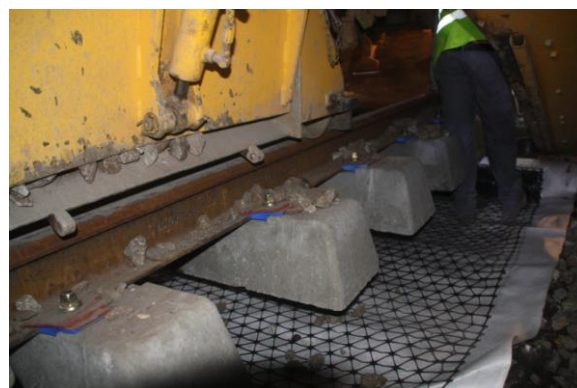
No âmbito da renovação da via férrea, a obra consistiu também na aplicação combinada de geogrelha com geotêxtil na base da camada de balastro com a principal função de estabilização da camada de balastro. A aplicação do geotêxtil teve como principais funções a separação e filtro, face à superfície de desgarnecimento. A Figura 1 mostra a fase de

desguarnecimento mecânico do balastro (Figura 1a) e a fase de colocação da geogrelha e do geotêxtil (Figura 1b).

Figura 1: Desguarnecimento mecânico do balastro (a) e colocação de geogrelha e geotêxtil (b).



(a)



(b)

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. Os trabalhos tiveram a duração de 7 horas diárias, em período diurno, enquanto a via adjacente se encontrava em exploração ferroviária, ou seja, circulação em via única temporária.

Vilela (2018) apresenta com maior detalhe a descrição da obra, o faseamento construtivo e o equipamento utilizado.

2.2. MODELAÇÃO 3D 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 existentes.

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

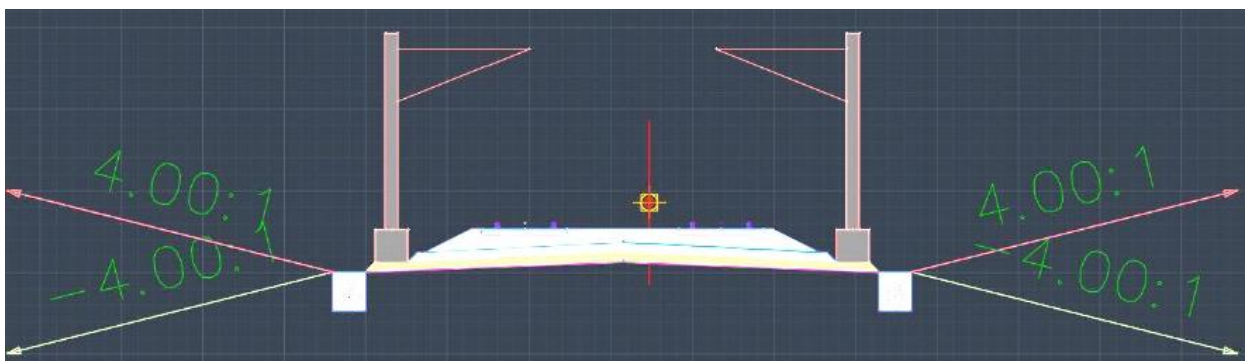
A configuração do perfil longitudinal resultou da análise conjunta da subida da rasante pelas especialidades de terraplenagem e drenagem, catenária e via. A análise foi efetuada com o objetivo de compatibilizar as possíveis subidas da rasante que possam

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. Havia locais onde, por via dos pressupostos do projeto, não foi possível subir a rasante e, conseqüentemente, foi necessário optar pela instalação da geogrelha com geotêxtil incorporado. Os trainéis de projeto variaram, em valor absoluto, entre 0 ‰ e 14,5 ‰.

No processo de modelação 3D da via foi utilizado o *software* Autocad Civil 3D® (Autodesk). O primeiro passo para a modelação requereu a localização da obra através do *software* Infracore®, que permitiu não só estabelecer com exatidão a georreferenciação do local mas também obter um mapa com vista de satélite onde foi possível visualizar o troço da linha férrea. A informação da localização obtida no Infracore® foi importada posteriormente para o Civil 3D® onde foi iniciado o processo de modelação de toda a estrutura da linha ferroviária. 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 (superestrutura), sub-balastro, sub-base, fundação (subestrutura), drenagem e postes de catenária. Procedeu-se, ainda, à introdução de uma submontagem que permitiu definir a solução de aterro ou de escavação em função da posição do terreno.

Figura 2: Modelação da secção transversal da via.

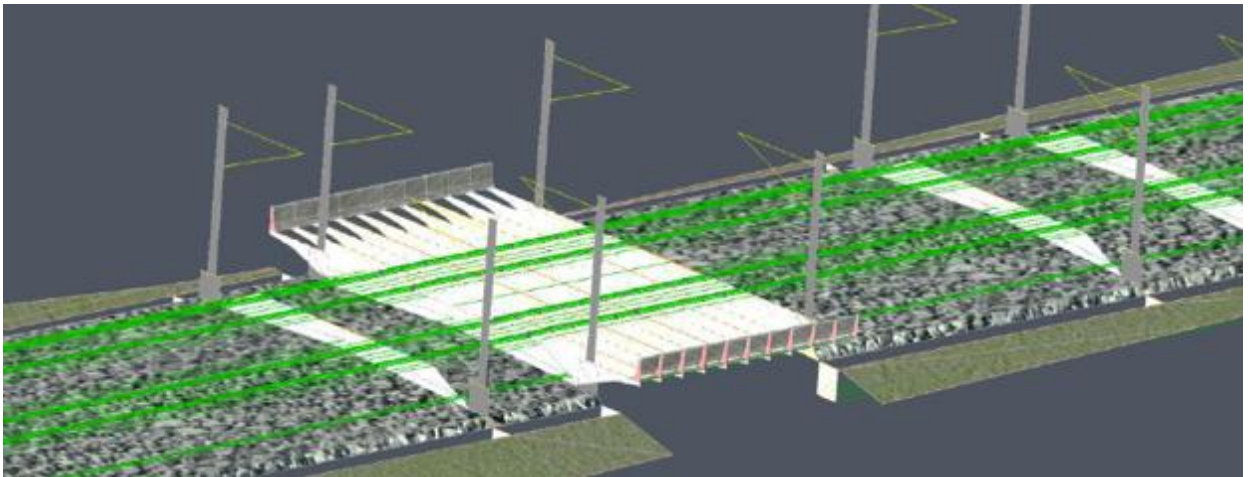


Obtidos os elementos fundamentais da geometria da via, foi possível criar um corredor de todo o troço a partir de uma linha base (alinhamento), depois de criar secções 2D (montagens) em localizações incrementais e criando inclinações coincidentes que atingem o modelo de superfície. O corredor utiliza 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 uma melhor identificação de alguma incompatibilidade da geometria. A Figura 3 mostra como exemplo a perspectiva de modelo 3D da via férrea em zona onde existe uma passagem hidráulica.

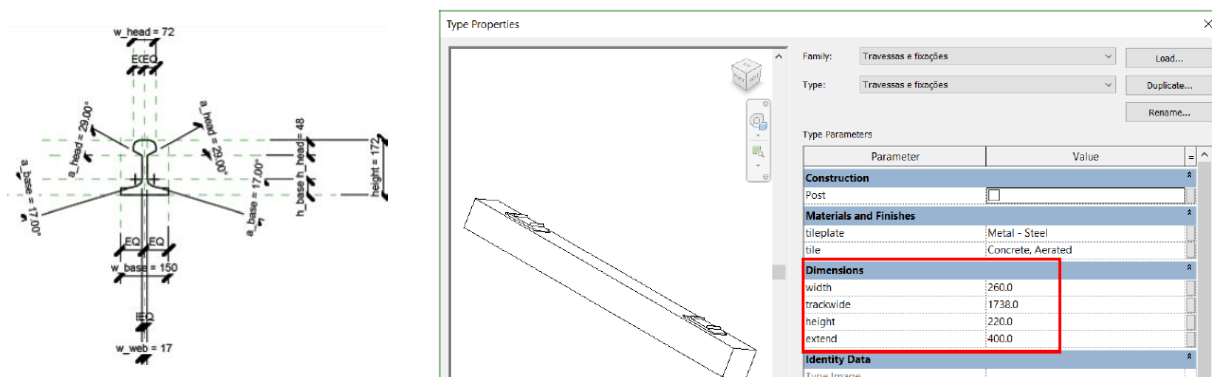
Figura 3: Exemplo de modelo 3D.



3. MODELAÇÃO BIM DA RENOVAÇÃO DA VIA FÉRREA

Numa tentativa de utilizar os recursos atuais BIM, efetuou-se a transposição do modelo 3D criado, e exportado no formato dwg, para o *software* de base BIM de uso frequente, o Revit®. Verificou-se que a interoperabilidade entre os dois sistemas é ainda muito limitada. Assim foi necessário selecionar famílias de objetos paramétricos, como travessas, fixações e carris, e efectuada a adaptação ao caso de estudo, quanto à geometria e material utilizado no troço. O perfil do carril é do tipo 60E1, as travessas e fixações correspondem a bi-bloco VAX LU NG(60) (Figura 4).

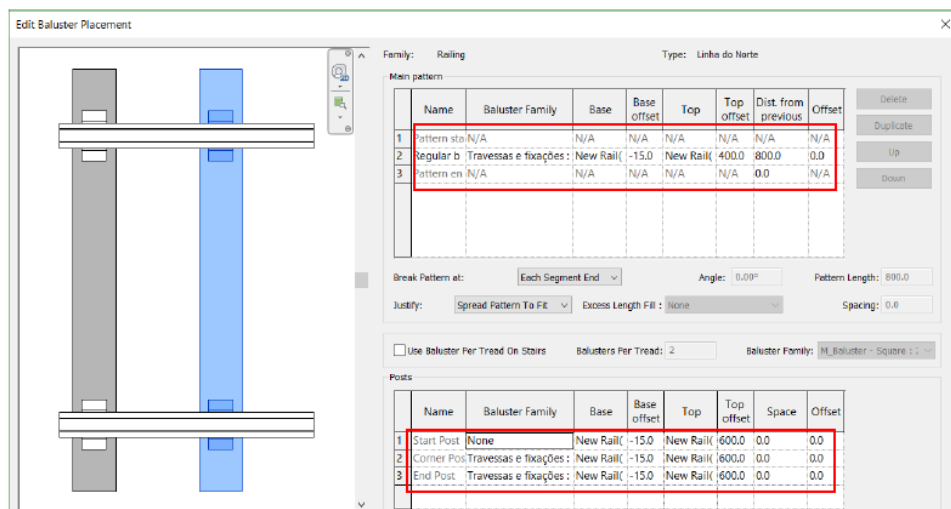
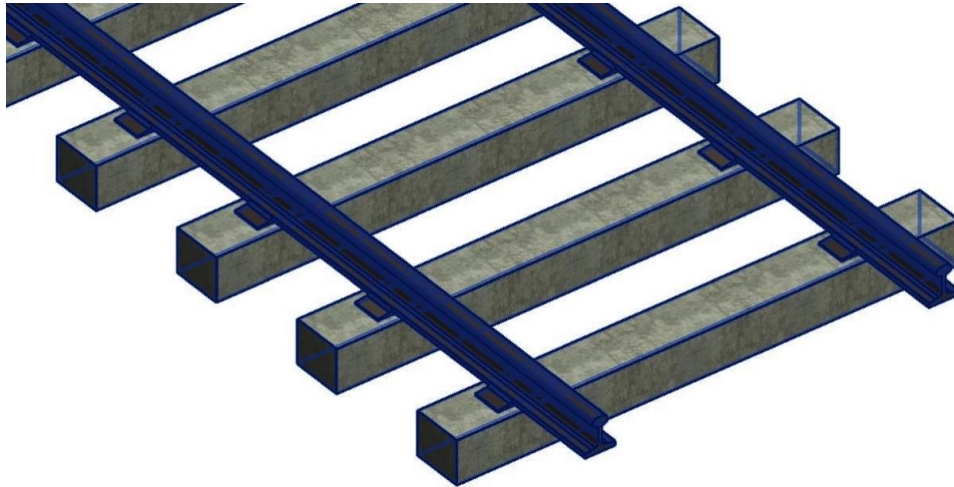
Figura 4: Geometria e parâmetros do carril e travessas.



Posteriormente, estabeleceu-se a composição e a distribuição destes elementos. Os carris apresentam um desenvolvimento longitudinal e as travessas são dispostas transversalmente aos outros elementos de forma a apresentar o espaçamento estabelecido no projeto consultado. Para modelação das distintas camadas a considerar sob a infraestrutura, como o sub-balastro, balastro e geossintético, foram adaptados elementos da família das lajes. Finalmente procedeu-se à modelação dos elementos de drenagem da via férrea, por recurso a elementos do painel *Plumbing & Piping*, sendo selecionado o comando *Pipe*. O resultado é ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Modelação de sub-balastro, balastro, geossintético, travessas e elementos de drenagem.

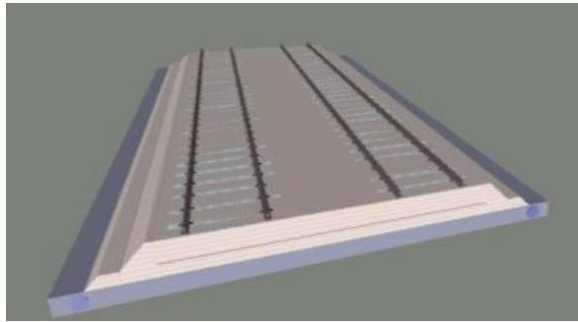




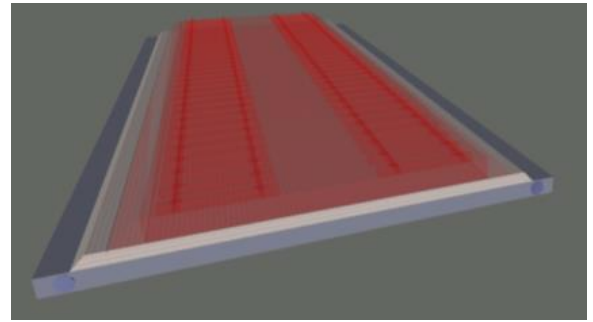
Ainda no âmbito BIM, foi criado o modelo 4D/BIM do processo construtivo, por recurso ao visualizador Navisworks®, conforme se ilustra na Figura 6 para algumas das principais fases construtivas. Foi considerado também o planeamento realizado em Project, onde consta todo o processo construtivo de renovação da linha férrea e importado modelo BIM criado no Revit®. O resultado é apresentado na Figura 7.

Em relação ao caso de estudo, foram obtidos mapas de quantidades de materiais, nomeadamente, os volumes de balastos e de sub-balastro e área de geossintético. Foi ainda realizado um estudo de movimento de terras a partir do modelo do Civil 3D®. Por fim, foi analisada a capacidade de extração de dados do modelo, para apresentação de documentação. A obtenção de quantidades foi aplicada ao modelo criado no Revit® e no Civil 3D®, e foi efetuada a comparação entre os dois processos.

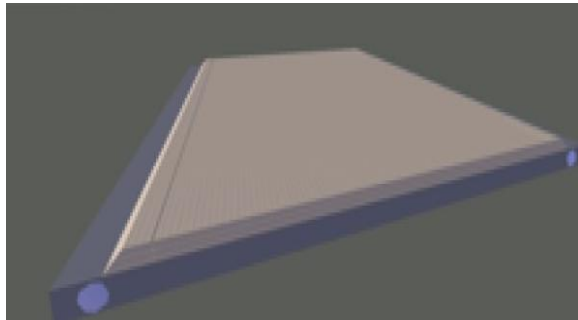
Figura 6: Geração do modelo 4D/BIM e simulação do faseamento construtivo.



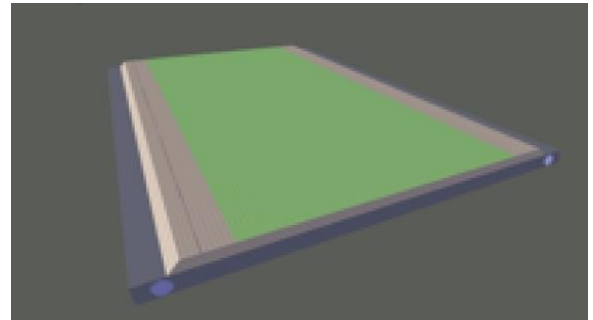
(a) Via férrea existente



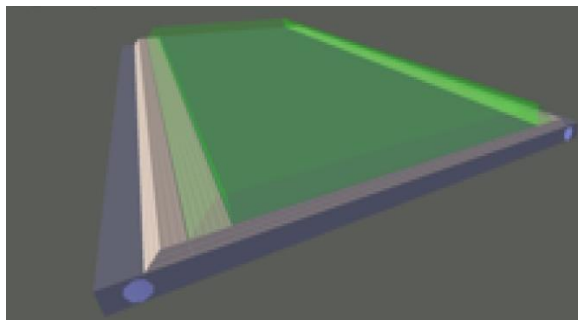
(b) Desguarnecimento de balastro



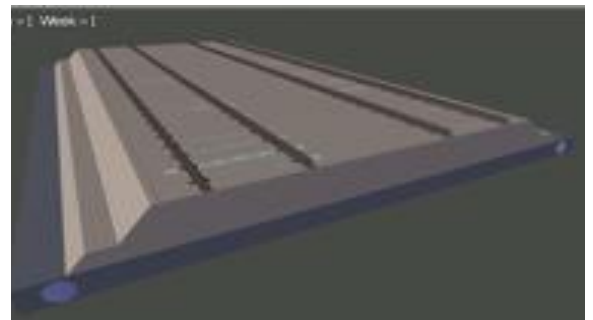
(c) Subestrutura



(d) Aplicação de geotêxtil e geogrelha

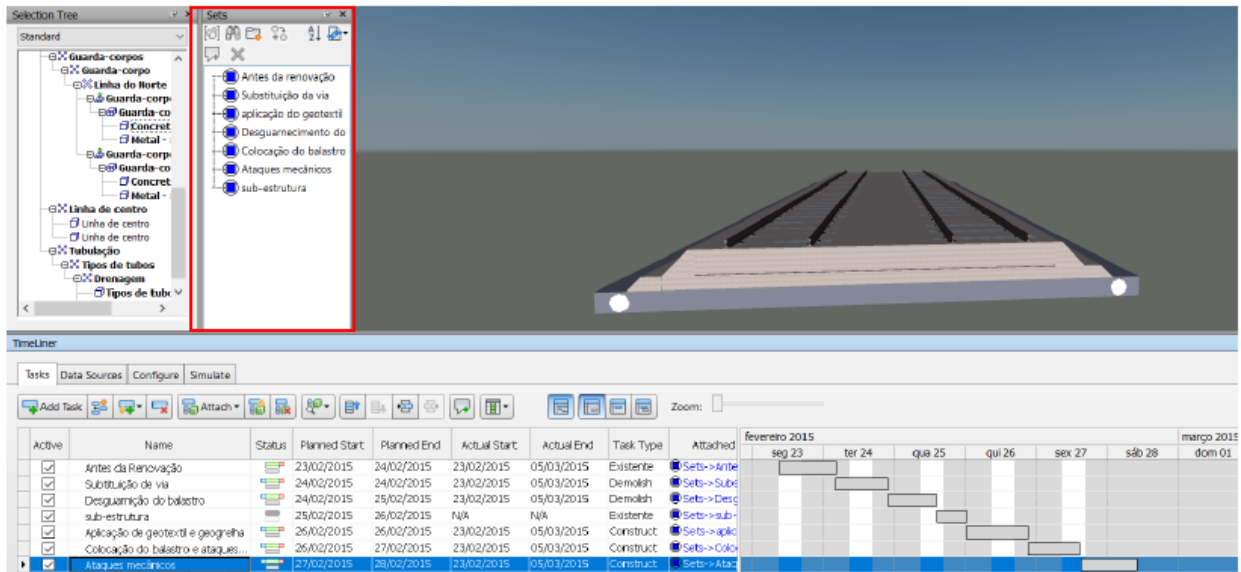


(e) Colocação de balastro e ataques de enchimento



(f) Via férrea renovada

Figura 7: Planeamento do processo construtivo.

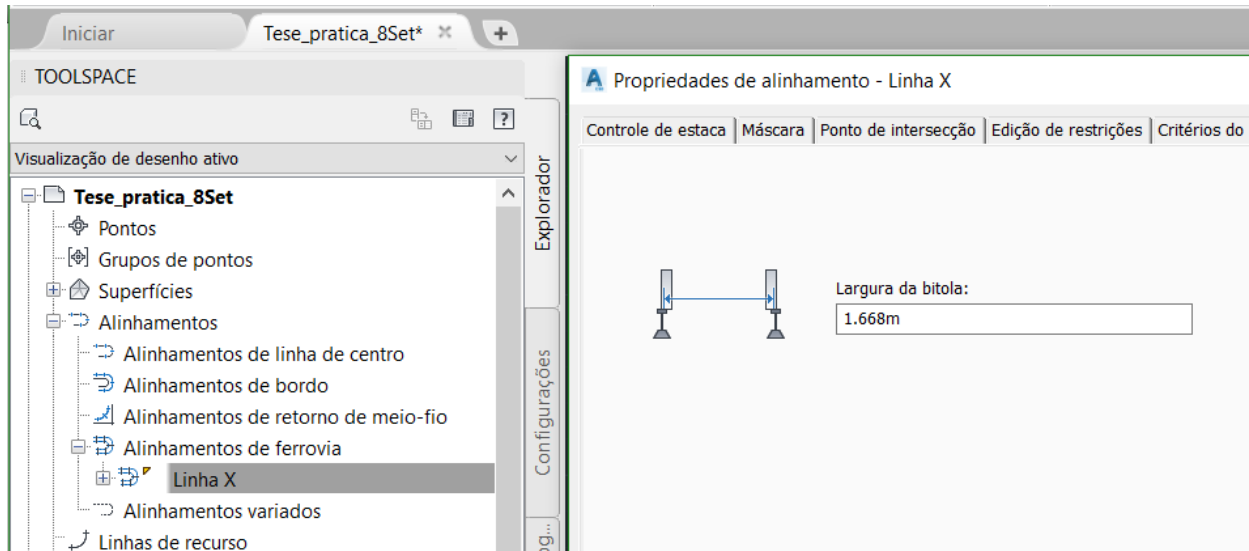


4. INSPEÇÃO DA VIA FÉRREA

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, empeno, nivelamento longitudinal e transversal.

Por recurso ao Civil 3D® foi apenas possível controlar dois parâmetros: a bitola e o nivelamento transversal. A bitola corresponde por definição à mínima distância entre os dois carris, 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 8). Através da interface, foi inserido o valor da bitola.

Figura 8: Propriedades do alinhamento para consideração da bitola.



Em relação ao nivelamento transversal, procedeu-se de maneira semelhante, mas selecionando *Adicionar declive transversal*. Na interface da Figura 9 podem ser escolhidos três métodos para o cálculo do nivelamento transversal: *Ferrovia do lado alto*, *Ferrovia do lado baixo* e *Linha base de centro*. Na escolha do método optou-se por não alterar o já selecionado (*Ferrovia do lado alto*). A Figura 10 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 11. Esta funcionalidade não deixa de ser bastante importante nos projetos ferroviários mais complexos.

5. CONCLUSÕES

A análise sobre a aplicabilidade da metodologia de trabalho em BIM consistiu na modelação de todos os elementos geométricos no Revit®.

Embora já muito difundida nas comunidades de arquitetura, engenharia e construção (AEC), predominantemente nas áreas de estruturas e construção, constata-se ainda uma maior dificuldade de implementação da metodologia BIM ao caso dos sistemas de infraestruturas de transporte.

Figura 9: Cálculo do nivelamento transversal.

A Calcular declive transversal - Tipo de ferrovia

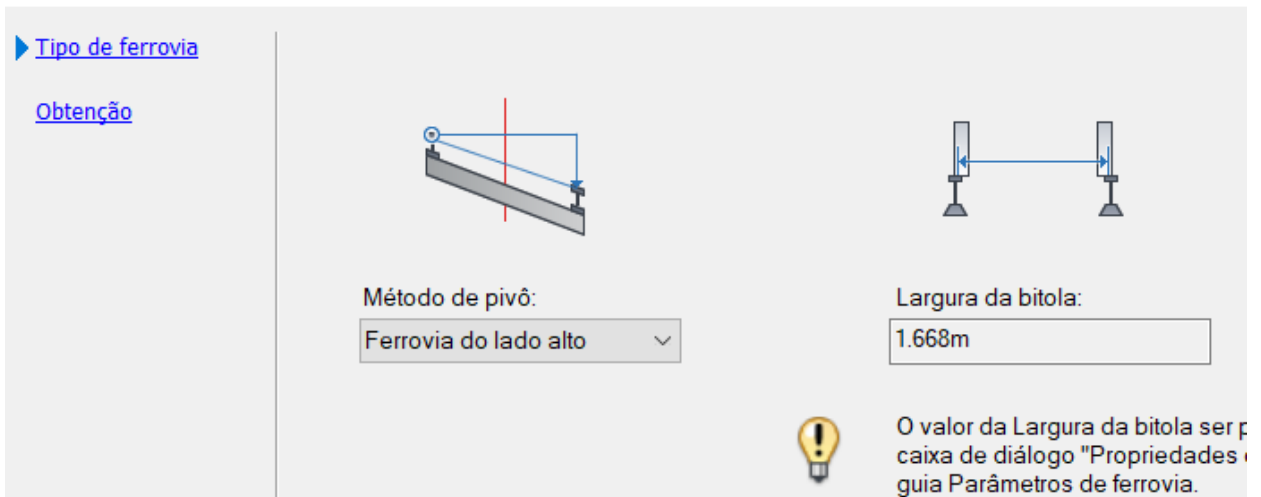


Figura 10: Variáveis do nivelamento transversal.

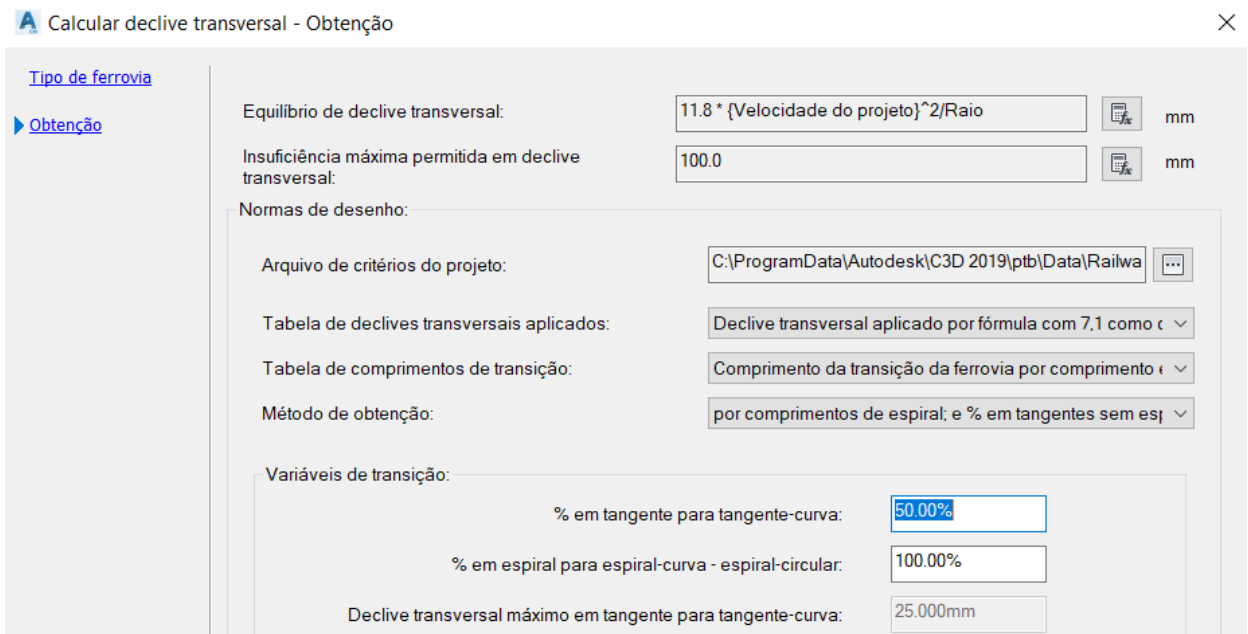
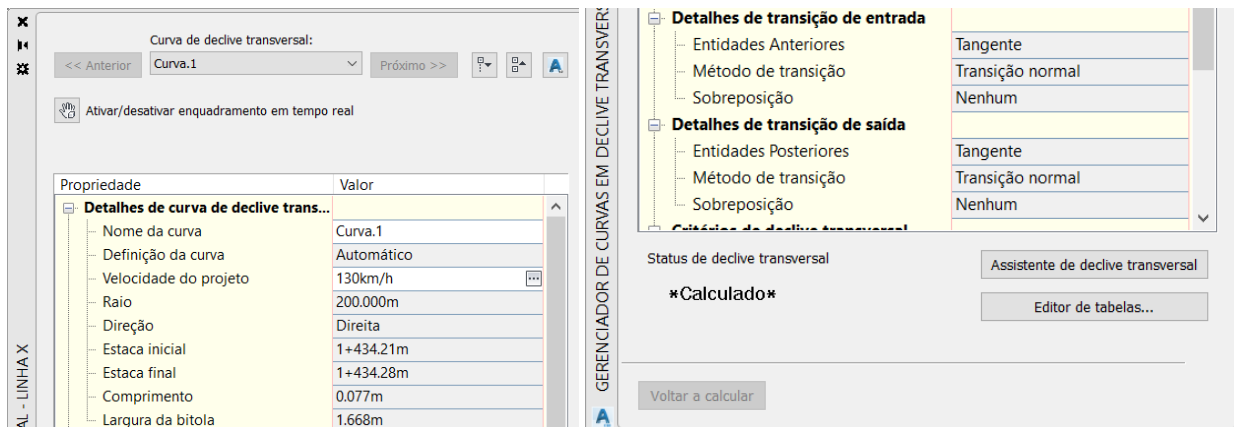


Figura 11: Janela de propriedades do nivelamento transversal.



No presente artigo, com base numa obra de renovação de linha férrea nacional, apresentou-se a modelação tridimensional (3D) da geometria da via, através do *software* Civil 3D®, e à demonstração da capacidade de extrair informação do modelo criado com aplicação à bitola e nivelamento transversal da via férrea.

A criação do modelo 3D foi possível, embora com algumas limitações. Apesar do Civil 3D® permitir a criação de representações tridimensionais de modo bastante correto, os modelos gerados ainda são constituídos de arestas e superfícies, como acontece no AutoCAD® tradicional. Tal pode originar problemas de interoperabilidade, que por sua vez limitam a definição de modelos mais avançados, como é o caso do modelo 4D. No entanto, por recurso ao Revit®, foram selecionadas diversas famílias de objetos paramétricos e procedeu-se à geração do modelo BIM do caso de estudo da via férrea. Posteriormente foi criado o modelo 4D relativo ao processo construtivo. Relativamente à inspeção da via, constatou-se muitas limitações ainda relativamente ao armazenamento e manipulação desse tipo de informação. Recomenda-se que em trabalhos futuros se analise de forma mais aprofundada a possibilidade de ter um adequado sistema 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 e mais completo.

AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam o seu agradecimento à Infraestruturas de Portugal, SA, por disponibilizar a informação da obra de renovação da via férrea que serviu de apoio ao caso de aplicação apresentado neste artigo.

REFERÊNCIAS

AEC MAGAZINE. **Autodesk 2017 updates**. Disponível em: <https://www.aecmag.com/59->

features/1122-autodesk-2017-updates, 2016 (Acedido a 14 de Março de 2018).

ANDRÉ, A., RIBEIRINHO, L. **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., MHARZI, H. **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, 2018.

BRADLEY, A., LI, H., LARK, R., DUNN, S. **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, 2016.

CAMPESTRINI, F., GARRIDO, M., SCHEER, S., FREITAS, M. **Entendendo BIM.** Disponível em: http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf, 2015 (Acedido a 5 de Março de 2018).

EASTMAN, C., LISTON, K., SACKS R. **BIM Handbook.** Paul Teicholz Rafael Sacks. doi: 2007029306, 2008.

GRILO, A., JARDIM-GONCALVES, R. **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, 2010.

IPQ. EN 13848-1:2003+A1:2008 – **Railway applications; Track – Track geometry quality; Part 1: Characterisation of track geometry.** Instituto Português da Qualidade, Almada, Portugal, 2008.

VILELA, M. **Potencial de aplicação da metodologia BIM a infraestruturas ferroviárias.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2018.