

BIM NA EMPREITADA DO METRO DE LISBOA – LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA: COLABORAÇÃO E COORDENAÇÃO

António Hipólito⁽¹⁾, Catarina Feio⁽²⁾, Pedro Serra⁽³⁾, Sebastien Roux⁽⁴⁾, Aline Hilgemberg⁽⁵⁾

(1) Mota-Engil Global, Lisboa, ID ORCID 0000-0002-9662-1308

(2) Mota-Engil Global, Lisboa, ID ORCID 0009-0007-7777-4978

(3) Coba Group, Lisboa

(4) Limsen Consulting, Lisboa

(5) Limsen Consulting, Lisboa, ID ORCID 0009-0007-5413-6615

Resumo

O presente artigo pretende descrever a aplicação da metodologia BIM na Empreitada do Metro de Lisboa entre S. Sebastião e Alcântara (extensão da linha vermelha). Tendo sido identificado o BIM como a metodologia adequada para um projeto com esta dimensão e complexidade, foi apresentado um conjunto de requisitos de informação em fase de concurso, disponibilizados para todos os *stakeholders*, e foram estabelecidos os objetivos de: transferência eficiente e eficaz de informação; gestão de quantidades e qualidade da informação, para assegurar que a informação produzida e partilhada é a suficiente e necessária; e a tomada de decisões informada e atempada.

No BEP estabelecemos os requisitos, objetivos, usos, funções e responsabilidades, entregáveis, informações e regulamentos aplicáveis aos modelos BIM.

A ML definiu como usos BIM para a empreitada:

- Colaboração e integração de todas as especialidades;
- Coordenação e compatibilização do projeto;
- Extração de quantidades;
- Apoio ao planeamento e controlo da obra;
- Apoio à manutenção em fase de operação;

A metodologia BIM pode ser desenvolvida conforme os diferentes usos, que atendem às necessidades do projeto, e o alinhamento das diversas partes envolvidas. A multiplicidade de usos BIM estabelecidos incrementa complexidade ao processo, mas adiciona também valor ao ciclo de vida do empreendimento.

O presente artigo foca-se na resposta aos EIR da ML, na colaboração interdisciplinar durante a fase de projeto, e no contributo das Equipas de Projeto.

1. Introdução

Com o desenvolvimento deste projeto, a ML tem como objetivos BIM, ganhos no âmbito da Sustentabilidade Ambiental (6D) e da Gestão de ativos (7D), garantindo que o modelo é um ativo com utilização mais alargada do que apenas dar apoio à construção, e que possa ser utilizado nas suas vertentes ambientais, de gestão do ativo e de operação e de manutenção.

O presente artigo propõe-se a explorar e detalhar a implementação e os desenvolvimentos do BIM no contexto específico de um projeto ambicioso e de grande importância para a infraestrutura urbana de Lisboa. Através desta análise, pretendemos demonstrar como o BIM, mais do que um recurso tecnológico, representa uma abordagem integrada e colaborativa, crucial para o sucesso de empreendimentos de grande envergadura e complexidade técnica.

Para além destes objetivos, foi estabelecido como prioridade desde a fase inicial do projeto, o desenvolvimento do mesmo em ambiente colaborativo, com integração das diversas especialidades, bem como a coordenação e compatibilização do projeto, através da plataforma *Autodesk Construction Cloud* (ACC) para toda as fases da empreitada. A interoperabilidade, entendida como a capacidade de comunicar dados e reutilizar a informação através de diferentes sistemas, foi também um pressuposto relevante para a ML, com definições de características a incorporar em formato IFC.

De acordo com a Norma ISO 19650 [1], o *Building Information Modelling* (BIM) é uma Metodologia de gestão de informação que visa obter benefícios através de uma correta especificação da informação, que deve ser suficiente e necessária a cada entidade participante em cada fase de desenvolvimento do empreendimento. Espera-se com este pressuposto, na correta evolução do projeto e obra:

- Transferência eficiente e eficaz de informação
- Gestão da quantidade e qualidade da informação produzida pretendendo-se assegurar que a informação produzida e partilhada é a suficiente e a necessária
- Tomada de decisões informada e atempada

Durante a fase de Estudo Prévio foi desenvolvido e submetido ao Dono de Obra um modelo simplificado, que incluía a definição geométrica dos elementos principais para apoiar na interpretação dos requisitos gerais de projeto.

Na fase de Projeto de execução foi entregue o Modelo BIM coordenado de todas as disciplinas, incluindo as corretas informações dimensionais e funcionais de cada elemento. Como requisito da ML, foi estabelecido que no desenvolvimento do projeto e obra, os LOI e LOD deveriam ser adequados à exigência mínima indicada em cada fase, podendo a ML em reuniões preliminares definir outros requisitos mais elevados de acordo com as suas pretensões.

Neste artigo pretendemos desenvolver pelas equipas intervenientes, em representação do Consórcio, dos Projetistas e da Gestão BIM o enquadramento e particularidades de cada um, sendo genericamente baseado em três tópicos:

- Transposição dos *Exchange Information Requirements* (EIR) da ML para elementos exequíveis de projeto, discussão do escopo de modelação e de integração de informação 2D, Usos e LoIs, e elaboração do BEP.
- Coordenação de projeto – ferramentas e procedimentos.
- Contributo das Equipas de Projeto – Práticas Colaborativas, Interoperabilidade e Coordenação Multidisciplinar

Na figura 1, ilustrativa do organigrama da empreitada, é possível constatar a variedade e

diversidade das equipas, reiterando que só com a colaboração estreita entre todos, está a ser possível uma resposta concertada e exequível para o sucesso do processo BIM da mesma:

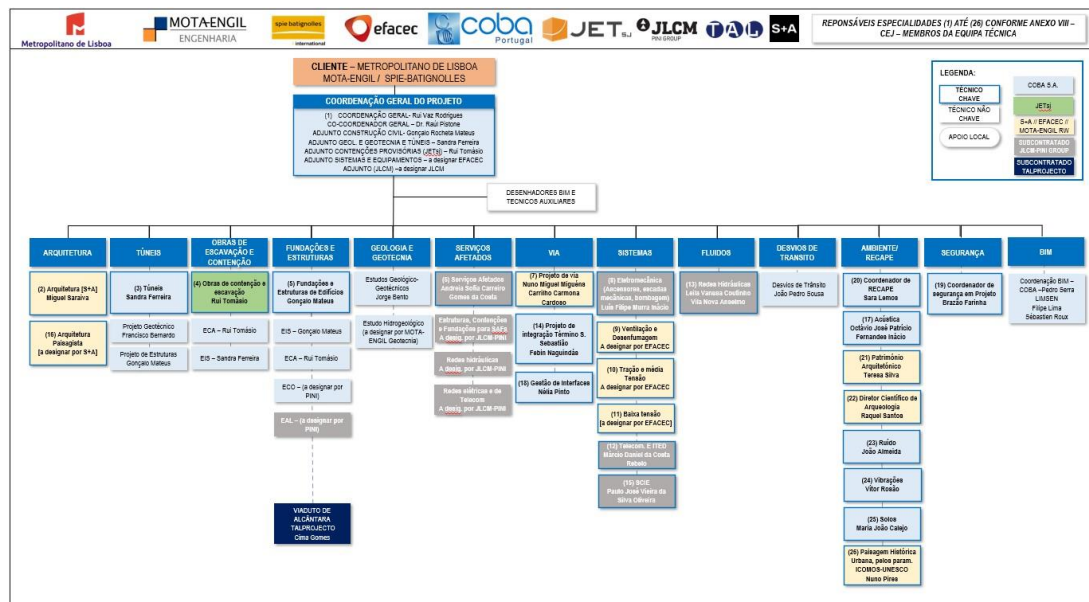


Figura 1: Organograma da empreitada.

2. Usos BIM

Os Usos do BIM foram claramente elencados e definidos nos EIR da ML, através do seu requisito técnico para modelos BIM. O grande desafio foi a implementação prática dos mesmos, em colaboração conjunta com todos os intervenientes, e de uma forma passível de se transpor para os métodos de trabalho de cada equipa, salvaguardando os interesses de todos os intervenientes, das equipas projetistas aos métodos construtivos para a fase de obra.

Quanto á colaboração entre todos os intervenientes, houve uma estreita colaboração baseada em reuniões de trabalho e investigação conjunta, com os inputs de todos, cujo resultado está registado no BEP apresentado à ML. Numa primeira fase, foi realizado um trabalho conjunto de análise e proposta de todos os elementos a modelar, detalhando-se para cada objeto e cada fase de projeto os LODs e LOIs (Scope) que respondiam aos Usos e requisitos estabelecidos pela ML. Apresentam-se de seguida os Usos estabelecidos pela ML e os respetivos objetivos para a Empreitada:

Modelação de projeto e das condições existentes

O desenvolvimento e atualização dos modelos BIM deverá resultar num modelo tridimensional representativo das condições existentes relevantes que sejam alvo de intervenção no âmbito do Projeto/Obra - a definir em Scope próprio.

Desenvolvimento e atualização por parte das equipas projetistas dos modelos BIM das diferentes disciplinas, em termos de informação geométrica e não geométrica, de acordo com as necessidades de projeto e preparação da obra e em consonância com os usos BIM a implementar.

Apoio à validação de Projeto

O coordenador BIM das equipas deverá dar apoio aos projetistas durante o desenvolvimento do

Projeto de Execução, alertando quando surgirem interferências e incompatibilidades ou quando não forem respeitados os requisitos mínimos de acesso a cada serviço. O modelo BIM servirá também para apoio na avaliação de quantidades, para elaboração do Mapa de Quantidades.

Coordenação e Compatibilização Interdisciplinar 3D

Durante o desenvolvimento do projeto, os modelos das várias especialidades deverão ser compatibilizados e coordenados, garantindo a ausência de interferências ou incongruências. Durante a construção, os modelos deverão ser atualizados com base na evolução da obra, de acordo com os materiais e sistemas aprovados, e compatibilizados, obtendo um modelo federado coordenado.

Apoio à validação de soluções alternativas de Projeto

Durante o desenvolvimento do Projeto de Execução, a equipa BIM deverá dar apoio na avaliação de alternativas de projeto, através da modelação.

Apoio ao Planeamento da Construção 4D

Utilização do modelo BIM como apoio ao planeamento físico da obra, permitindo simulações digitais e encontrar/resolver eventuais incongruências, sendo essa informação atualizada de acordo com as alterações ao planeamento feitas durante a fase de construção.

Comunicação do planeamento físico às partes interessadas e monitorização do progresso da obra das atividades selecionadas pela direção de obra.

Controlo de Custos – 5D

Os modelos devem apoiar a medição e orçamentação do projeto, através da sua utilização para: facilitar e auxiliar a interpretação geométrica de elementos complexos - comparação de valores medidos manualmente com valores obtidos dos modelos BIM - extração automática de quantidades, sempre que possível a partir dos modelos.

Preparação de obra em BIM

Consoante as exigências de cada frente de obra, a equipa BIM apoiará tecnicamente o desenvolvimento da construção, fornecendo a informação necessária à obra. Serão elaborados desenhos de preparação diretamente a partir dos Modelos BIM.

Modelos As-Built para Gestão de Ativos

Numa fase final dos trabalhos de obra será efetuada a atualização dos modelos e todas as informações, geométricas e técnicas, dos materiais e sistemas existentes em obra, através da linkagem dos ativos definidos no Scope, á compilação técnica. Desta forma o produto será um modelo final para entrega ao dono de obra com as informações técnicas sobre as infraestruturas, para o seu uso na fase de gestão de ativos.

3. BEP – BIM Execution Plan

O *BIM Execution Plan*, desenvolvido com a colaboração estrita dos intervenientes acima e entregue, discutido e aprovado pela ML, enquadra-se nas normas NP EN ISO 19650 e descreve toda a Metodologia de gestão de informação, através da correta especificação e fornecimento da informação suficiente e necessária a cada entidade participante em cada fase de desenvolvimento deste empreendimento.

O Plannerly foi a plataforma online escolhida pela gestão BIM dos projetistas, para o desenvolvimento e partilha do BEP. Nesta plataforma foram submetidos, além do BEP, seus anexos e documentação a partilhar, de acordo com a gestão de permissões, ficando registado as versões submetidas com a colaboração de todos, atualizadas durante o projeto. O Plannerly foi também utilizado para distribuir as Atas das reuniões de coordenação BIM, que totalizam cerca

de 106 horas até o presente momento, com uma média de 18 participantes por reunião. Como anexos foi desenvolvido um “Scope”, que pretende dar resposta ao LoI dos requisitos da ML, mas que regista de uma forma detalhada todos os elementos que compõem os modelos de cada especialidade, quais os responsáveis (empresa) por cada objeto, e todos os parâmetros exigidos pela ML (maioritariamente para a fase de *As-Built* e manutenção) e estipulados pelo consórcio para dar resposta às exigências da construção.

De acordo com as Normas NP EN ISO 19650, deverá ser definido o nível de informação requerido em cada caso, tendo em conta os usos e os objetivos pretendidos. Esse nível de informação deverá ir evoluindo no decurso do empreendimento de acordo com a informação constante nas fases anteriores e a informação que se pretende entregar na fase subsequente. Desta forma vai sendo construída uma base de dados federada, constituída por peças escritas, peças desenhadas 2D, modelos 3D e meta dados complementares, todos eles compatível, acessível, transparentes e consistentes. No decurso da empreitada, o nível de desenvolvimento irá evoluindo terminando eventualmente no LOD 400 com a informação relevante para suporte à Operação e Manutenção, com especial relevância naturalmente para a gestão do equipamento.

4. Coordenação e Compatibilização Interdisciplinar 3D

Dada a extensão e complexidade do projeto, foi criada uma estratégia de coordenação que dita a divisão dos modelos por trechos da obra. Desta forma, foi possível analisar cada parte de acordo com suas particularidades e prioridades, reduzir entraves devido ao tamanho dos ficheiros, e agilizar a atualização do modelo federado no *Common Data Environment* (CDE) para consulta. Em cada um dos grupos de *clash* mostrados na figura 02, que compõem os modelos federados parciais, foram incluídos também os modelos dos túneis que os conectam (por exemplo, o Túnel 82, que conecta as estações de Infante Santo e Alcântara, foi incluído nos grupos de *clash* de ambas as estações). O modelo federado integral, por sua vez, é composto por estes modelos federados parciais e os modelos das linhas férreas.

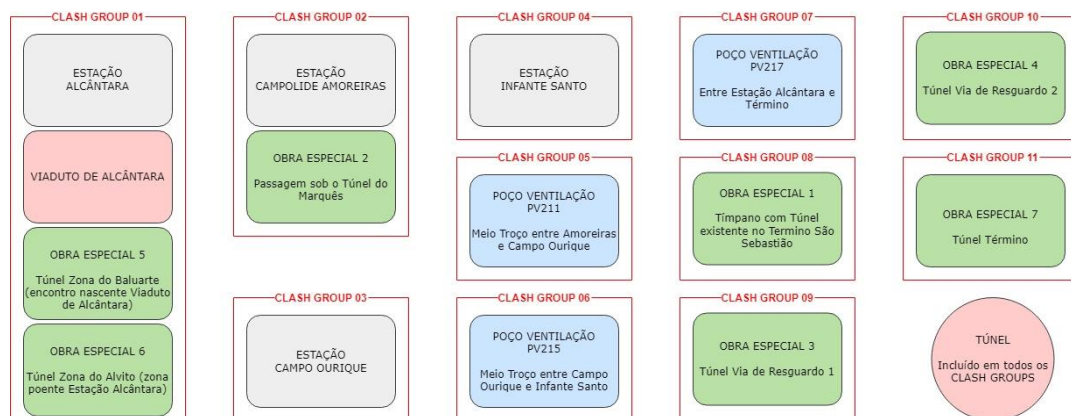


Figura 2: Estratégia de federação e análise dos modelos

4.1 Modelos federados e análises

Para garantir a integridade dos modelos federados, cabe a cada equipa configurar nos seus ficheiros uma vista “*Navisworks*” que garanta a visibilidade adequada dos elementos, conforme especificado no BEP. Após a publicação dos modelos nas respetivas áreas “*Shared*” na ACC (Autodesk Construction Cloud), cabe à equipa de Gestão BIM:

- Validar a nomenclatura dos ficheiros conforme definido no BEP;
- Exportar os modelos em .nwc para federação no Autodesk Navisworks Manage;
- Federar ou atualizar estes modelos no ficheiro de clash group adequado;
- Aplicar sobreposições gráficas para rápida distinção das disciplinas;
- Analisar incompatibilidades geométricas, incluindo análises visuais e automatizadas (clash detection), conforme a fase de desenvolvimento do projeto e as prioridades de disciplinas determinadas nas Metas de Coordenação (Clash Matrix);
- Fazer análises relativamente às informações contidas nos modelos, nomeadamente: nomenclatura e cota dos níveis; preenchimento de informações conforme determinado no Scope; entre outras verificações de qualidade e conformidade com o BEP;
- Verificar, em momentos-chave do projeto, que as peças desenhadas são efetivamente extraídas a partir dos modelos;
- Manter atualizado o modelo federado integral, disponível na ACC para consulta e no qual são apontadas as *issues* para resolução pelas equipas de projeto.

Ao todo, o modelo federado integral é composto por mais de 170 modelos, de 19 disciplinas diferentes, desenvolvidos por equipas multidisciplinares de 11 empresas de projetos.

4.2 Reuniões de Coordenação BIM

Ao longo do desenvolvimento do projeto, houve reuniões semanais de coordenação BIM, quase sempre com a presença de pelo menos um representante de cada empresa envolvida no projeto. Conforme as necessidades de coordenação, participaram projetistas responsáveis, coordenadores BIM, e até os próprios modeladores BIM das diferentes empresas. Simultaneamente estiveram sempre presentes pelo menos um representante da Gestão de Projetos e um representante do empreiteiro, além da gestão BIM.

Nestas reuniões, são discutidos os tópicos de incompatibilidade mais sensíveis, que precisam de aprovações de terceiros e/ou coordenação entre equipas, bem como temas gerais BIM e eventuais solicitações que devam ser comunicados às equipas.

Uma das lições aprendidas neste processo foi o da importância da participação ativa nas reuniões de coordenação BIM, e a necessidade de aproximar o projetista responsável do processo BIM. Verificou-se de facto uma diferença na agilidade na resolução de problemas em função do responsável da equipa que participa na reunião de coordenação. Nos casos em que o projetista participava ativamente nas discussões, fazendo-se representar pelo responsável de projeto, os temas eram ultrapassados com maior agilidade e assertividade, mesmo que não fossem imediatamente refletidos nos modelos. Por outro lado, quando era o coordenador BIM ou o modelador que participava na reunião, as decisões ficavam dependentes de verificações internas, limitando o alcance da reunião, e protelando a resolução dos problemas. Esta situação resultou numa aprendizagem global, com muitas empresas a mudarem e alternarem os seus representantes, também em função das fases de coordenação, tornando o processo mais eficaz.

4.3 Gestão de Issues na ACC

A partir das análises de incompatibilidades e discussões nas reuniões, são registadas *Issues* na ACC para resolução pelas equipas. As equipas são convidadas a interagir nas próprias *Issues*, não apenas para evitar esperar até uma próxima reunião para comunicar pontos importantes, mas também para que estas informações fiquem registadas na plataforma para consulta. No entanto, uma vez que nem todos os participantes aderem a este procedimento, cabe à equipa de

gestão BIM manter um controle sobre os temas não respondidos e abordá-los em reunião. Os dados relativos às *Issues* são extraídos da ACC periodicamente para atualizar *dashboards* que mostram o estado atual do projeto e a evolução do mesmo em termos de deteção e resolução de *Issues*, conforme exemplifica a figura 3. Mais uma vez devido à complexidade do projeto, estes dados servem como apoio principalmente à Gestão BIM para acompanhar o que acontece na ACC, uma vez que é possível isolar os dados por obra, equipa e/ou disciplina. O *dashboard* também é disponibilizado a todos os membros de projeto no módulo Insight da própria ACC.

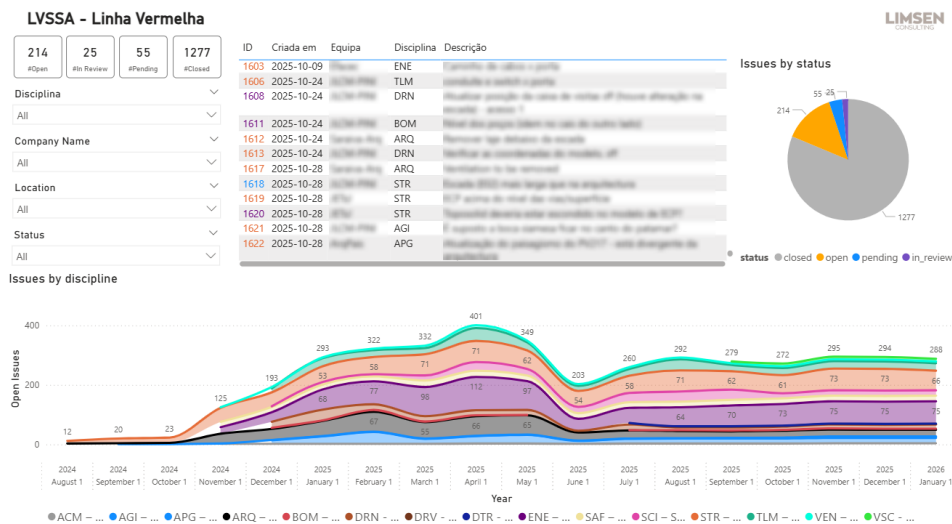


Figura 3: Evolução da coordenação realizada através de *issues*.

Embora não tenha sido realizado um estudo específico dos benefícios económicos no âmbito deste projecto, estima-se que o BIM viabiliza uma economia a partir de 10.6% do custo total de construção, enquanto seu custo representa aproximadamente um terço disso [2].

4.4 Padronização de representação entre equipas

Uma vez que há vários modelos de estruturas desenvolvidos por diversas empresas, foi necessário padronizar a forma como as informações relativas às coretes e negativos são apresentadas nas peças desenhadas de estruturas.

Para os negativos, sejam em lajes ou paredes, foi disponibilizado por uma das equipas um conjunto de famílias, de forma a padronizar as soluções utilizadas. Foi ainda definido um padrão de nomenclatura, que permite identificar a natureza do negativo (horizontal, vertical, nicho ou caixa), e um padrão de representação em tabelas, preenchidas automaticamente a partir das alterações feitas nas famílias de negativos e parâmetros associados.

4.5 Gestão de níveis (Levels)

Ao longo do desenvolvimento do projeto, houve alterações nas configurações dos níveis na arquitetura, o que foi refletido e atualizado no BEP, e coordenado com todas as equipas. Para verificar que os nomes e cotas dos níveis em todos os modelos cumprem o estipulado no BEP, foi desenvolvido um automatismo na ferramenta da Mota-Engil ME BIM Viewer para confirmação e verificação dos pisos. Foram ainda exportados relatórios de níveis dos modelos a partir do Revit, os quais foram comparados ao BEP. Devido ao volume de modelos que

sofrieram atualizações, foi disponibilizada pela Gestão BIM uma rotina Dynamo que permite a rápida atualização dos nomes dos níveis, garantindo a homogeneidade entre equipas e BEP.

5. Contributo das Equipas de Projeto – Práticas Colaborativas, Interoperabilidade e Coordenação Multidisciplinar

A experiência conjunta das equipas de projeto e da gestão BIM na empreitada da extensão da Linha Vermelha permitiu consolidar um conjunto de práticas colaborativas e procedimentos aplicados num contexto particularmente exigente, marcado pela diversidade de disciplinas, pela necessidade de interoperabilidade entre ferramentas e pela complexidade geométrica e funcional da infraestrutura. Mais do que o contributo de uma entidade isolada, o progresso alcançado resultou de um esforço coletivo, coordenado e sistematizado, onde projetistas, coordenação BIM e gestão BIM assumiram papéis complementares e interdependentes.

5.1 Elementos partilhados entre diferentes disciplinas e entidades

Uma das primeiras questões críticas enfrentadas pelas equipas surgiu na gestão de elementos físicos partilhados por várias especialidades. Exemplos como as esteiras de cabos, simultaneamente necessárias para sistemas de energia e telecomunicações, ilustram bem a natureza transversal de muitos componentes do projeto.

Para garantir clareza e evitar duplicações, a coordenação BIM estabeleceu um parâmetro comum de identificação de elementos partilhados que permitiu clarificar responsabilidades entre equipas, assegurar rastreabilidade das decisões, evitar múltiplas versões do mesmo elemento e reforçar a consistência dos modelos federados.

Este mecanismo, alinhado com o Scope e o BEP, só foi eficaz pela colaboração contínua entre as equipas, que mantiveram um fluxo ativo de comunicação técnica para validar critérios de dimensionamento, posicionamento e requisitos funcionais.

5.2 Elementos dependentes de contributos multidisciplinares

A modelação de elementos cuja definição depende de várias disciplinas — como o betão de selagem e betão de enchimento — constitui um desafio de coordenação BIM frequente em projetos de via e infraestruturas ferroviárias.

Para lidar com esta complexidade, as equipas adotaram duas estratégias essenciais:

- Partilha iterativa de elementos digitais preliminares, permitindo que cada especialidade integrasse, nos seus fluxos de trabalho, os requisitos dos restantes intervenientes; e
- Gestão rigorosa dos níveis de detalhe (LoD) e de informação (LoI), garantindo que era representada apenas a informação necessária para uma coordenação eficaz.

A articulação regular entre equipas, através de reuniões formais e revisões conjuntas de modelos, contribuiu para minimizar retrabalho e garantir a coerência da modelação.

5.3 Produção colaborativa de elementos gráficos e peças desenhadas

Foi requisitado pelo cliente a entrega de peças desenhadas de arquitetura que apresentassem a ocupação das coretes e posicionamento de grandes equipamentos, de forma a permitir uma análise integrada das soluções propostas. A elaboração de peças desenhadas de conjunto exigiu uma metodologia de trabalho especialmente colaborativa, uma vez que estas peças agregam informação proveniente de modelos distintos, desenvolvidos por diferentes equipas.

A coordenação de projeto estabeleceu um conjunto de práticas e regras que permitiram uniformizar procedimentos, nomeadamente:

- Criação de vistas coordenadas adicionais, controladas e partilhadas entre entidades, onde são aplicados filtros para exibir apenas os equipamentos de médio e grande porte relevantes no contexto de cada especialidade, e nas coretes apenas os elementos que são cortados pela secção da planta, como condutas, dutos e caminhos de cabos;
- Definição de *templates* gráficos comuns para evitar redundância de informação incluindo escala, limites de *view range*, características de linhas e textos, e tipo de representação dos elementos, bem como padrão de anotações para identificação de equipamentos específicos (tags, cotas, notas);
- Integração por parte da Arquitetura destas vistas nas suas plantas, verificando possíveis conflitos de representação e comunicando quando necessário algum ajuste.

Este esforço coletivo tornou possível produzir documentação técnica consistente, mesmo em zonas onde a convergência entre especialidades é particularmente densa.

5.4 Dualidade de abordagens 3D/2D e desafios de interoperabilidade

O projeto evidenciou a coexistência de diferentes metodologias de trabalho entre equipas. As especialidades associadas às estações trabalham predominantemente num fluxo 3D-first, recorrendo ao Revit; as especialidades lineares desenvolvem inicialmente a solução em 2D planimétrico e altimétrico, com posterior geometrização 3D em Civil 3D. Esta dualidade, comum em projetos de infraestrutura, trouxe desafios à coordenação BIM, nomeadamente a sincronização entre modelos desenvolvidos em plataformas distintas; a necessidade de assegurar georreferenciação rigorosa; e os riscos de divergência entre informação 2D e 3D.

Para mitigar estes riscos, foram implementados procedimentos específicos, tais como:

- Ciclos periódicos de importação e validação dos modelos de traçado e de obras lineares;
- Definição de requisitos mínimos de modelação tridimensional, mesmo para especialidades tradicionalmente orientadas ao 2D;
- Padronização de parâmetros e categorias para garantir interoperabilidade entre softwares.

Estes mecanismos reforçaram a robustez do processo de coordenação e garantiram que o modelo federado constituía uma representação fiel da intenção de projeto. A figura 7 mostra a comparação entre modelos tridimensionais e representações 2D em peças desenhadas.

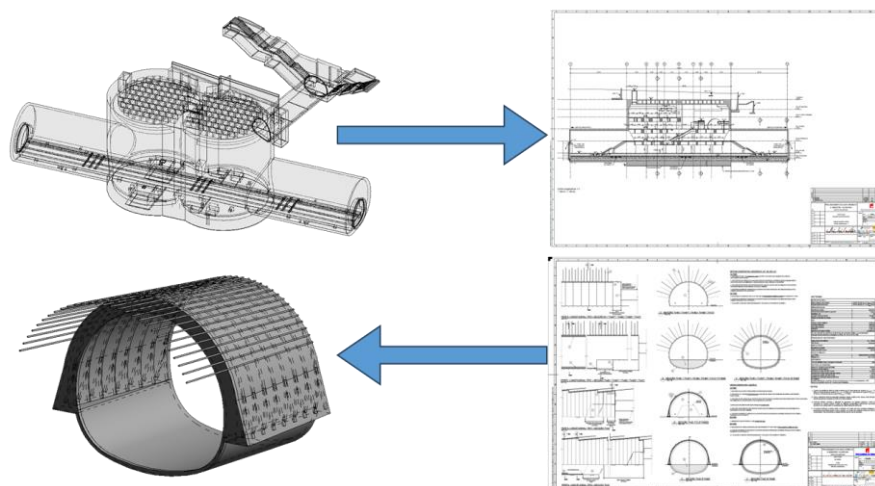


Figura 7: Conformidade entre modelos 3D e representações 2D

5.5 Partilha de informação e harmonização de parâmetros

O nível de integração entre equipas foi substancialmente reforçado pela adoção de ferramentas e práticas comuns de normalização da informação, incluindo:

- Utilização do Parameter Service do ACC do ACE, garantindo uniformidade de nomenclaturas e estrutural;
- Partilha de famílias otimizadas para extração de dados, acompanhadas das respetivas tabelas, como foi o exemplo da gestão das coretes do projeto;
- Transferência de conhecimento e boas práticas de projetos anteriores;
- Disponibilização de ferramentas internas, como visualizadores de modelos, que facilitaram a análise preliminar de soluções.

Este alinhamento reduziu ambiguidades, acelerou processos de revisão e aumentou a consistência entre modelos produzidos por diferentes entidades.

5.6 Cultura colaborativa e maturidade BIM das equipas

Um dos resultados mais visíveis ao longo do desenvolvimento do projeto foi a demonstração de um elevado nível de maturidade BIM coletivo, visível na capacidade de adaptação das equipas aos requisitos definidos no BEP, o compromisso transversal com metodologias BIM colaborativas, a participação ativa de todos os envolvidos em processos de revisão e compatibilização com recurso aos modelos e ao ACC, e os contributos constantes para melhoria de procedimentos e fluxos de trabalho.

A combinação entre experiência técnica, ferramentas adequadas e disponibilidade para cooperação foi determinante para a eficácia do processo de coordenação BIM e para a qualidade dos modelos intermédios e finais. A experiência conjunta das equipas na empreitada da Linha Vermelha demonstra que a implementação bem-sucedida do BIM depende, acima de tudo, da capacidade coletiva de colaborar, padronizar processos e comunicar de forma eficaz. Entre as principais conclusões destacam-se:

- a importância crescente da interoperabilidade entre disciplinas num projeto desta escala;
- a necessidade de clarificação constante de responsabilidades e elementos partilhados;
- o papel essencial da coordenação BIM como elemento agregador e facilitador;
- a relevância de práticas de partilha de informação e harmonização de parâmetros;
- o impacto direto da maturidade colaborativa na qualidade final do modelo federado.

O conjunto destas práticas e aprendizagens permite afirmar que o trabalho integrado das equipas envolvidas representa um caso concreto de aplicação eficaz da metodologia BIM em projetos de grande complexidade, reforçando a utilidade do BIM enquanto ferramenta de apoio à decisão, à construção e, futuramente, à gestão de ativos.

Referências

- [1] ISO 19650-1:2018 *“Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*, International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [2] Costa, A. H., *"The Value of BIM for Owners: A multi-stakeholder study focused on an office building"*, Universidade do Minho, 2024.