

GESTÃO E COORDENAÇÃO DE MODELOS BIM NO PROJETO DO POLO FERROVIÁRIO MEDWAY – ENTRONCAMENTO

Letícia Oliveira ⁽¹⁾, Pedro Serra ⁽¹⁾, Dina Matias ⁽¹⁾

(1) COBA Consultores de Engenharia e Ambiente, S. A, Lisboa, Portugal.

Resumo

A presente publicação apresenta um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia BIM na coordenação e gestão de modelos multidisciplinares no âmbito do Projeto de Execução do Polo Ferroviário MEDWAY – Entroncamento, promovido pela MEDWAY Maintenance & Repair, S.A. e desenvolvido pelo Consórcio COBA & Future Proman.

Neste contexto, o estudo analisa como a adoção estruturada do BIM contribuiu para a integração entre especialidades, com enfoque na gestão de fluxos de trabalho, na rastreabilidade da informação em Ambiente Comum de Dados (CDE) e na aplicação sistemática de matriz de clashes para coordenação técnica.

A gestão BIM incluiu a estruturação do CDE no *Autodesk Construction Cloud* (ACC), a definição de fluxos alinhados à ISO 19650 e a implementação de mecanismos de verificação e compatibilização entre especialidades. Entre os resultados observados destacam-se a melhoria da coordenação multidisciplinar, maior controlo sobre interferências, redução de retrabalhos e evolução dos processos internos associados à gestão digital da informação. O estudo evidencia que a integração estruturada de práticas BIM constitui fator determinante para o aumento da maturidade digital em projetos ferroviários complexos.

1. Introdução

A crescente complexidade dos projetos ferroviários contemporâneos, caracterizados por elevada densidade de infraestruturas, múltiplas interfaces entre especialidades e exigentes condicionantes operacionais, tem reforçado a necessidade de abordagens estruturadas à gestão e coordenação do processo de projeto. Neste contexto, a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) assume um papel central na integração da informação, na mitigação de riscos e na melhoria da qualidade global dos empreendimentos.

Eastman *et al.* [1] salientam que o BIM ultrapassa a mera modelação tridimensional, constituindo um processo colaborativo orientado para a produção, gestão e partilha consistente de informação ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Em projetos que envolvem polos ferroviários, esta abordagem revela-se particularmente relevante devido à coexistência de sistemas lineares, edifícios industriais, redes técnicas enterradas e equipamentos especializados,

frequentemente desenvolvidos por equipas multidisciplinares com diferentes níveis de maturidade digital.

A coordenação de projetos surge, neste enquadramento, como um processo crítico para assegurar a coerência técnica e funcional das soluções adotadas. Manzione [2] defende que a coordenação implica a articulação sistemática de ações orientadas para a qualidade do projeto e dos seus produtos, exigindo planeamento rigoroso, execução controlada e mecanismos de verificação contínua. De forma complementar, Sacks *et al.* [3] destacam que o BIM deve ser compreendido como um processo organizacional que requer transformações estruturais, culturais e contratuais para que os seus benefícios sejam plenamente alcançados. Verifica-se, assim, um deslocamento do foco da simples adoção de ferramentas para a reconfiguração dos fluxos de trabalho, promovendo práticas colaborativas, maior transparência na gestão da informação e uma integração multidisciplinar efetiva desde as fases iniciais do projeto.

O presente artigo insere-se neste contexto, utilizando o Projeto do Polo Ferroviário MEDWAY como estudo de caso para analisar uma abordagem estruturada de gestão e coordenação de projetos de execução multidisciplinares, suportada por um fluxo de interoperabilidade de modelos BIM. O foco do trabalho centra-se na análise dos processos adotados num projeto de infraestrutura ferroviária, identificando os principais desafios e constrangimentos associados à transição para uma gestão estruturada da informação digital no contexto de uma organização com práticas técnicas consolidadas e processos historicamente estabelecidos no desenvolvimento de grandes projetos ferroviários de âmbito nacional e internacional.

A introdução de metodologias BIM estruturadas implicou a adaptação de fluxos de trabalho previamente estabilizados, exigindo a reconfiguração de responsabilidades, a redefinição de mecanismos de controlo e o alinhamento progressivo das equipas aos novos modelos de coordenação digital. Neste enquadramento, discutem-se os ganhos obtidos através da implementação de mecanismos formais de gestão de fluxos de trabalho, da compatibilização sistemática entre especialidades por meio de matriz de *clashes* e da rastreabilidade dos modelos suportada por um CDE, com o objetivo de extrair lições generalizáveis aplicáveis a outros projetos ferroviários e de infraestrutura.

2. Caracterização do estudo de caso

O Polo Ferroviário da MEDWAY será implantado no concelho do Entroncamento, em Portugal, no limite com o concelho de Torres Novas, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Mapa de situação

O Projeto de Execução da componente ferroviária do Polo é constituído por um *layout* integralmente reformulado, desenvolvido a partir da ligação ao ramal existente da Infraestruturas de Portugal (IP), com origem na Linha Mãe de Ramais do Entroncamento. O sistema projetado integra 21 linhas ferroviárias com funções operacionais diferenciadas, destinadas à receção e expedição, acesso às oficinas, operações de lavagem, preparação e pintura, torno de fosso e estacionamento de material circulante.

O Polo incorpora sete oficinas ferroviárias, destinadas à manutenção, revisão e apoio técnico a componentes e sistemas associados à exploração ferroviária, totalizando uma área aproximada de 19 540 m². Como suporte às atividades industriais, o empreendimento integra ainda cinco edifícios pedonais de apoio, com uma área global aproximada de 2 020 m², incluindo armazéns, edifícios administrativos e instalações sociais. O conjunto edificado é complementado por edifícios técnicos associados aos sistemas hidráulicos e elétricos, nomeadamente reservatórios de água, estações de tratamento e postos de transformação. A Figura 2 apresenta um conjunto de imagens do plano geral de implantação do Polo Ferroviário MEDWAY.

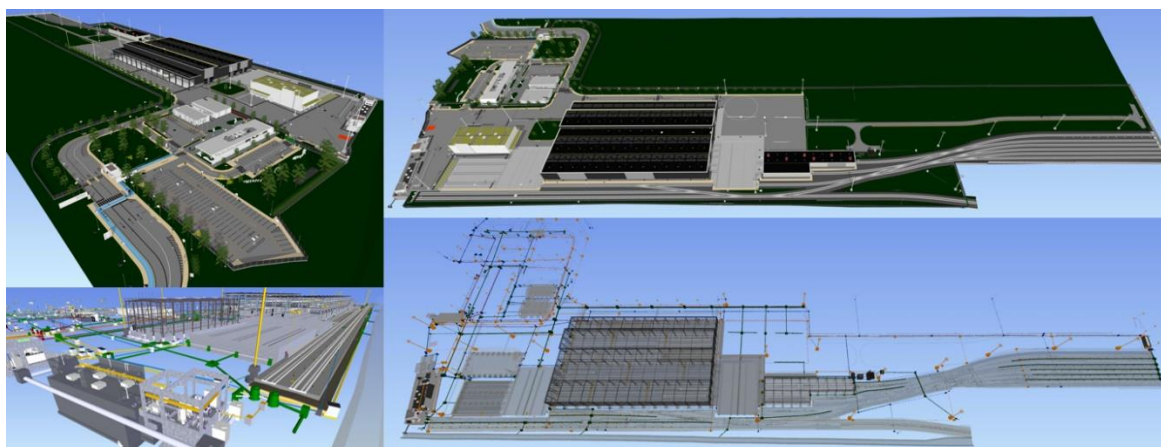


Figura 2: Plano geral de implantação do Polo Ferroviário MEDWAY

3. Gestão da informação

Face à quantidade de modelos e equipas envolvidas no desenvolvimento do projeto, tornou-se necessária a definição de uma organização estruturada do CDE, alinhada com as realidades operacionais das equipas intervenientes e coerente com a estrutura de informação estabelecida na fase de Estudo Prévio.

O Plano de Execução BIM (BEP) do Projeto de Execução assumiu papel estruturante nesta etapa, constituindo o documento de referência para a definição do CDE, dos critérios de codificação de ficheiros, dos fluxos de trabalho a serem seguidos pelas entidades projetistas do consórcio, da periodicidade de sincronização da plataforma, bem como das regras de modelação, coordenação e compatibilização de modelos. Foram igualmente formalizados os mecanismos de controlo de qualidade, os momentos de alinhamento técnico entre equipas e a definição estruturada dos entregáveis.

Esta formalização revelou-se particularmente relevante no contexto de um consórcio multidisciplinar, exigindo a harmonização de práticas previamente consolidadas e a adaptação progressiva a um modelo de gestão digital da informação orientado por processos.

3.1 Ambiente Comum de Dados (CDE)

O CDE constituiu o núcleo estruturante da gestão da informação no Projeto de Execução, suportando os processos de produção, partilha, validação e rastreabilidade da informação digital.

No projeto em análise, o estado *Work in Progress* (WIP), conforme estabelecido pela ISO 19650, foi operacionalizado em pasta dedicada nos servidores internos das entidades projetistas. Esta solução decorreu da necessidade de compatibilizar a adoção da plataforma colaborativa com uma estrutura organizacional consolidada e transversal aos projetos da empresa, assegurando continuidade metodológica, estabilidade operacional no ambiente interno e gestão racional das licenças disponíveis.

Os estados *Shared* e *Published* foram, por sua vez, operacionalizados no *Autodesk Construction Cloud* (ACC), mediante uma estrutura organizacional espelhada da pasta WIP. A Figura 3 evidencia que o ACC foi configurado como repositório integral do empreendimento, partilhado entre as entidades projetistas e a entidade adjudicante, integrando modelos BIM, peças desenhadas, documentação técnica e registos de controlo. O BIM não foi introduzido como camada paralela de informação, mas incorporado numa arquitetura documental previamente estabilizada, preservando a coerência organizacional enquanto se promovia a evolução da maturidade digital do processo.

Neste enquadramento, a incorporação dos princípios da ISO 19650-1 [4] ocorreu por integração progressiva na estrutura existente, evitando ruturas nos fluxos operacionais previamente consolidados.

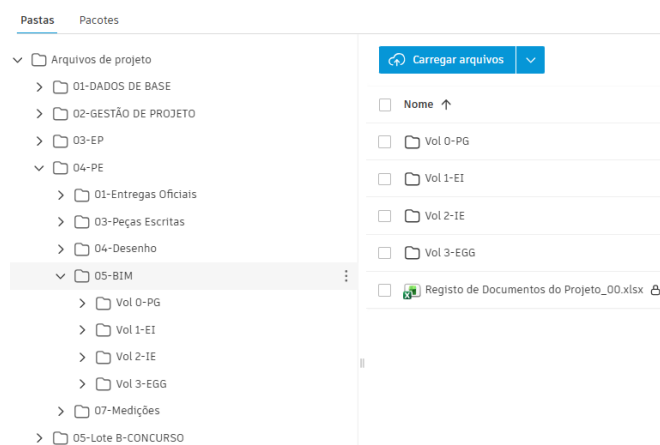


Figura 3: Estrutura global do projeto no CDE

No âmbito da pasta BIM, a estrutura foi configurada para responder à elevada densidade técnica do empreendimento, ao número significativo de modelos e à complexidade das interfaces multidisciplinares. A organização refletiu explicitamente a divisão por volumes e especialidades, distinguindo coordenação de modelos, edifícios e instalações, infraestruturas exteriores e geologia/geotecnia, em alinhamento com o enquadramento contratual e com a estrutura funcional do consórcio.

A estrutura adotada viabilizou a federação disciplinar controlada e criou condições para a aplicação sistemática de mecanismos de coordenação, nomeadamente a deteção e classificação de interferências. A Figura 4 apresenta a organização específica da pasta BIM no CDE.

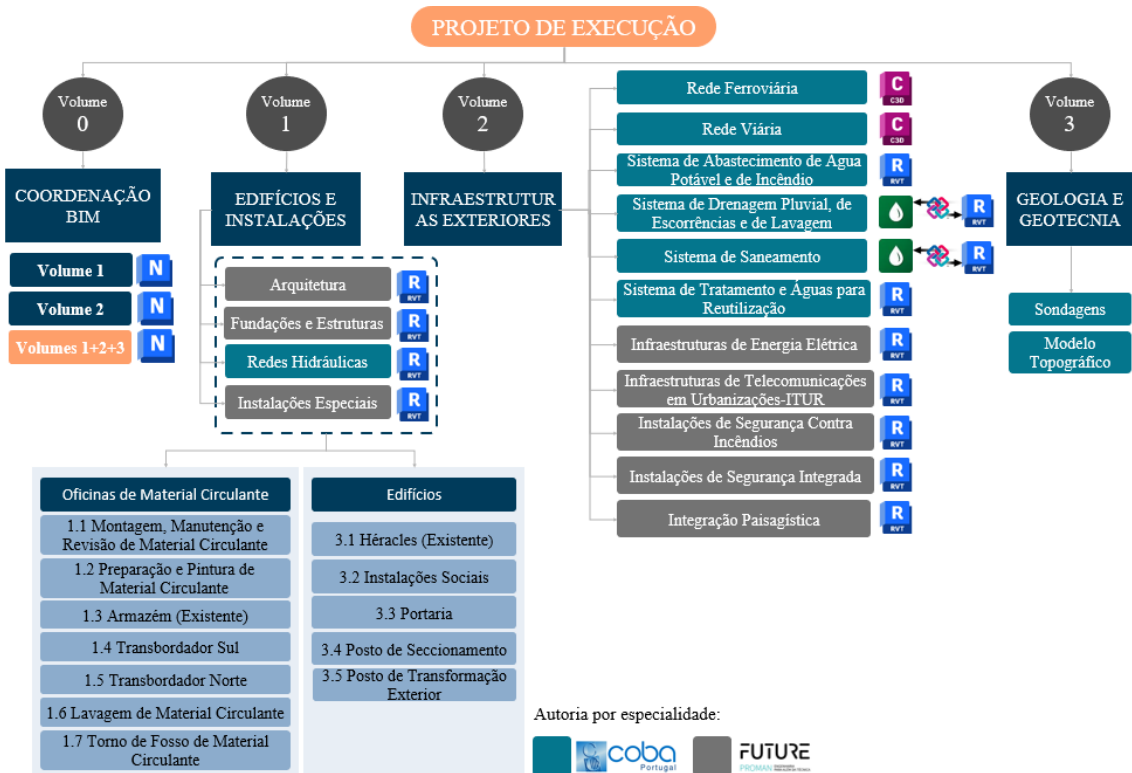


Figura 4: Organização da pasta BIM no CDE

3.2 Requisitos de Troca de Informação de Projeto (EIR)

O fluxo de informação foi operacionalizado em conformidade com os requisitos de troca de informação definidos para o projeto, no âmbito do EIR e do BEP, articulados com os estados *Work in Progress* (WIP), *Shared* e *Published*, conforme preconizado pela ISO 19650, assegurando controlo da maturação informacional e definição explícita de responsabilidades.

Foi instituído um ciclo semanal estruturado de sincronização:

- Às sextas-feiras, a Future-Proman atualizava o ACC com os desenvolvimentos da semana;
- Às segundas-feiras, a COBA sincronizava o seu servidor interno com a informação disponibilizada;
- Às quintas-feiras, a COBA procedia à atualização do ACC com os avanços produzidos.

Este mecanismo introduziu cadência e previsibilidade na troca de informação, embora tenha exigido rigor acrescido na gestão de versões e no controlo das dependências interdisciplinares, particularmente relevantes num contexto de elevada interconectividade entre modelos.

Conforme representado na Figura 5, o fluxo adotado assumiu natureza iterativa. No estado *WIP*, os modelos eram desenvolvidos e validados internamente pelas equipas de especialidade. A transição para *Shared* formalizou a submissão à coordenação BIM, incluindo a execução sistemática da matriz de *clash detection* e a verificação estruturada das interfaces multidisciplinares, originando ciclos sucessivos de revisão sempre que identificadas não conformidades.

A progressão para o estado *Published* ocorreu apenas após validação técnica consolidada e aprovação nos níveis de decisão definidos, em datas previamente acordadas, correspondendo à formalização documental dos modelos para disponibilização à entidade adjudicante. O fluxograma apresentado na Figura 5 sintetiza as responsabilidades, os ciclos de verificação e as etapas de maturação informacional implementadas.

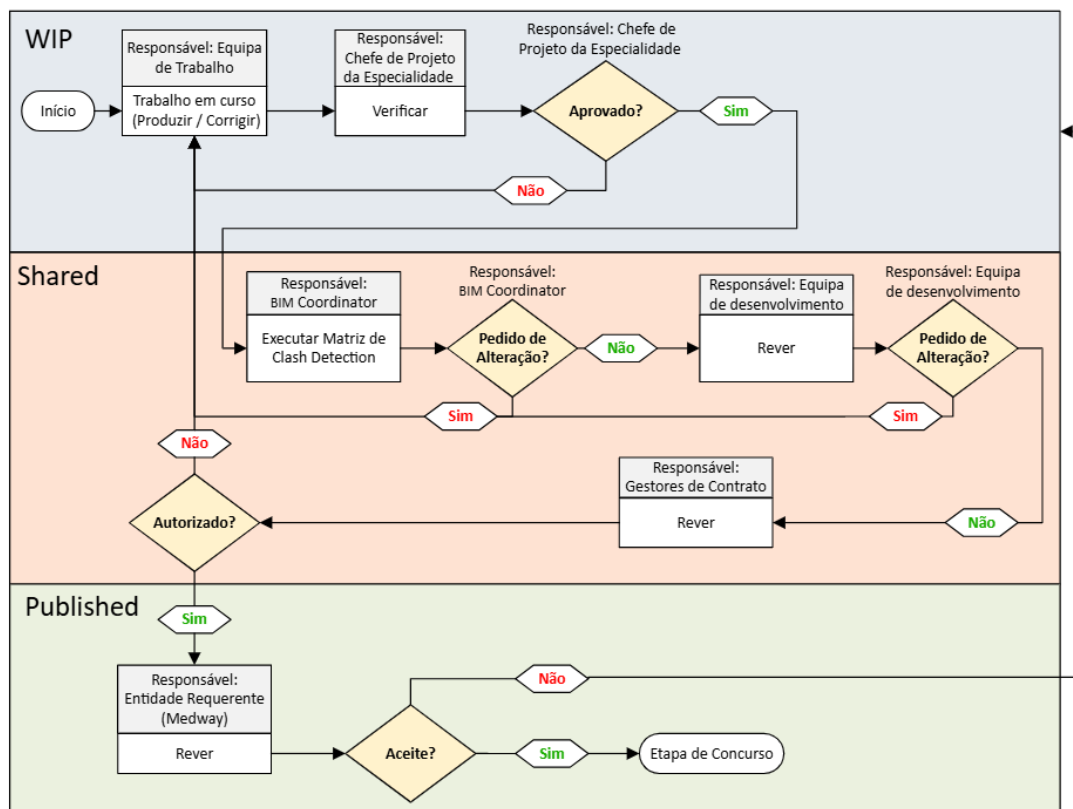


Figura 5: Fluxograma dos processos BIM no projeto

3.3 Estruturação dos modelos federados

A federação dos modelos foi estruturada em três níveis progressivos, Volume 1, Volume 2 e federação integrada (1+2+3), como estratégia de segmentação metodológica da coordenação. O Volume 1 concentrou as edificações e estruturas civis, permitindo estabilização interna das interfaces disciplinares antes da sua exposição às infraestruturas exteriores. Em paralelo, o Volume 2 contemplou redes técnicas e sistemas lineares, cuja verificação ocorreu de forma independente, respeitando a lógica funcional própria desses domínios.

A integração final dos volumes possibilitou a análise transversal das interfaces entre edifícios e infraestruturas externas, consolidando a coordenação global apenas após maturação prévia de cada subconjunto. Essa organização evitou a sobrecarga inicial do modelo federado e permitiu distribuir o esforço de compatibilização segundo critérios de domínio técnico.

No ambiente *WIP*, foram utilizados ficheiros .nwf distintos por volume, assegurando a gestão dinâmica das referências das diferentes especialidades. Para consolidação no estado *Shared*, geravaram-se ficheiros .nwd, garantindo fixação controlada das versões coordenadas. Essa distinção operacional entre formatos reforçou a disciplina processual da coordenação sem introduzir complexidade adicional ao fluxo de trabalho.

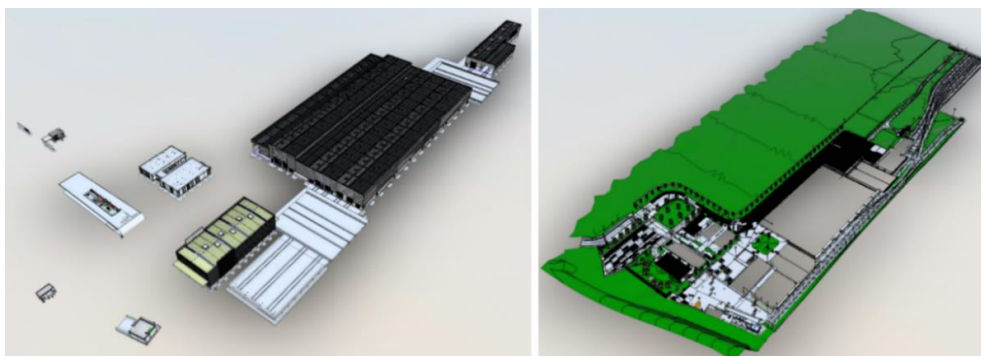


Figura 6: Modelo federado dos Volumes 1 e 2+3

3.4 Definição e aplicação da *matriz de clash*

A matriz de *clash detection* estruturou a coordenação técnica ao definir, de forma explícita, as relações de verificação entre pares de especialidades, com base na hierarquia funcional dos sistemas e na criticidade das interfaces. A sua definição prévia permitiu sequenciar as verificações, eliminar redundâncias nos modelos federados e assegurar consistência metodológica no processo de compatibilização [5].

No âmbito do consórcio, a federação do Volume 1 foi conduzida pela Future Proman, com verificação ao nível de cada edifício/oficina, adotando a arquitetura como referência geométrica primária, seguida das estruturas e dos sistemas técnicos internos. Esta abordagem garantiu a estabilização das soluções locais antes da sua integração em ambiente federado.

A COBA assegurou a coordenação do Volume 2 e a integração global dos modelos (Volumes 1+2+3), estruturando as verificações das Infraestruturas Externas (Volume 2) segundo a hierarquia apresentada na Figura 7. Neste domínio, a rede ferroviária, os sistemas primários de drenagem e as estruturas associadas constituíram os elementos condicionantes da implantação, estabelecendo a base geométrica do projeto. Sobre esta base foram integradas, de forma sequencial, o restante das especialidades.



Figura 7: Pirâmide de hierarquia e matriz de *clash* das especialidades do Volume 2

A matriz foi estruturada e interpretada segundo uma leitura sequencial crescente, permitindo a identificação progressiva das interfaces críticas e a priorização objetiva das verificações. A explicitação das precedências técnicas constituiu o critério central de decisão, assegurando que os sistemas com menor margem de adaptação fossem estabilizados previamente à integração dos restantes.

A aplicação da matriz permitiu qualificar as interferências segundo a sua criticidade e impacto transversal, ultrapassando a lógica de deteção automática de colisões. O exemplo apresentado na Figura 8 evidencia conflitos associados à Coluna 7 da matriz, entre a rede ITUR e sistemas hidráulicos (matrizes 24, 25 e 26), cuja resolução implicou a reconfiguração da rede com maior flexibilidade, preservando a integridade geométrica dos sistemas hierarquicamente precedentes. A matriz operou, assim, como mecanismo de decisão técnica, estruturando a compatibilização segundo critérios explícitos de precedência construtiva e impacto sistémico.

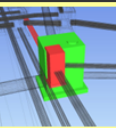
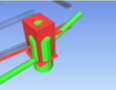
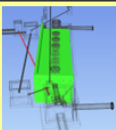
Matriz	Especialidade	Clash	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item ID	Item Name	Item Type	Item ID	Item Name	Item Type
24	ITUR VS DRN		Caixa DRN próxima à ETAR	New	-0.422	Hard	2025/10/27 18:07	x:-31010.172, y:-24837.571, z:26.880	Element ID: 3019065	CTEL - 175 cm x 75 cm x 60 cm	Solid	Element ID: 342865	Quadrada grande 2	Solid
25	ITUR VS SAN		Caixa SAN Edif. 3.2	New	-0.270	Hard	2025/10/27 18:07	x:-31038.160, y:-24747.786, z:28.780	Element ID: 3019060	CTEL - 150 cm x 75 cm x 60 cm	Solid	Element ID: 314316	IFC Surface Style	Solid
26	ITUR X APR		SH3	New	-0.124	Hard	2025/10/27 18:07	x:-30618.548, y:-24294.814, z:29.273	Element ID: 2946795	Conduit without Fittings	Solid	Element ID: 299357	Default Wall	Solid

Figura 8: Exemplo de *clashes* da Coluna 7 (matrizes 24, 25 e 26)

Este enquadramento evidencia que a matriz não operou apenas como instrumento de identificação de conflitos, mas como mecanismo decisório orientado por critérios de precedência construtiva e criticidade técnica.

4. Resultados e avaliação do processo de coordenação

4.1 Indicadores de coordenação técnica

A aplicação estruturada da matriz de *clash detection*, articulada com a federação progressiva dos modelos, permitiu avaliar o desempenho da coordenação com base em indicadores diretamente associados à identificação e resolução de interferências, nomeadamente: número de interferências por volume, distribuição por tipologia, ciclos de revisão e concentração por especialidade.

A abordagem faseada contribuiu para a dissipação temporal das interferências, evitando a sua concentração na fase de integração global. A estabilização prévia do Volume 1 reduziu o efeito cumulativo de inconsistências, permitindo maior controlo na integração com as infraestruturas exteriores.

A análise das iterações do modelo evidenciou elevada estabilidade nos sistemas estruturantes, sem interferências relevantes nas interfaces de maior rigidez geométrica, particularmente entre

a rede ferroviária e os sistemas primários. Em contrapartida, os conflitos concentraram-se nas redes técnicas enterradas, refletindo a sua elevada densidade e interdependência funcional. Verificou-se um aumento progressivo das interferências identificadas ao longo das iterações, acompanhado por elevadas taxas de resolução, evidenciando evolução da maturidade informacional e maior capacidade de deteção precoce. Destacam-se ainda taxas de resolução próximas da totalidade em interfaces críticas, confirmando a eficácia da matriz de interferências e da coordenação hierarquizada.

As interferências de maior criticidade concentram-se nos sistemas estruturantes posicionados na base da hierarquia técnica, nomeadamente nas interfaces entre rede ferroviária, drenagem e saneamento, caracterizadas por elevada rigidez geométrica e condicionamento altimétrico. Em contraste, conflitos envolvendo a rede ITUR foram resolvidos por reconfiguração geométrica, em função da sua maior flexibilidade, em conformidade com os critérios de precedência adotados.

A Tabela 1 sintetiza conflitos identificados, evidenciando a distinção entre interferências estruturantes e conflitos associados à compatibilização funcional das redes técnicas.

Tabela 1: Clashes entre sistemas estruturantes

ID	Sistema A	Sistema B	Natureza da Interferência	Criticidade	Implicação Técnica
3	Rede Ferroviária	Drenagem Pluvial	Interferência geométrica direta com balastro	Elevada	Condiciona cotas hidráulicas
5	Rede Ferroviária	Saneamento	Interferência geométrica direta com balastro	Elevada	Condiciona cotas hidráulicas
6	Drenagem Pluvial	Saneamento	Sobreposição de redes enterradas	Elevada	Implicações no traçado com restrições altimétricas
24	ITUR	Drenagem Pluvial	Interferência geométrica direta	Moderada	Necessidade de compatibilização funcional (ITUR)
25	ITUR	Saneamento	Interferência geométrica direta	Moderada	Necessidade de compatibilização funcional (ITUR)

4.2 Indicadores de processo e rastreabilidade

A avaliação do processo de coordenação evidenciou consistência na gestão do fluxo informacional, nomeadamente no cumprimento do ciclo semanal de sincronização, na estabilidade das versões promovidas ao estado *Shared* e na coerência entre modelos disciplinares e modelos federados.

A utilização diferenciada de ficheiros *.nwf* no ambiente *WIP* e *.nwd* no estado *Shared* reforçou o controlo de versões e mitigou inconsistências entre equipas, revelando-se eficaz num contexto de consórcio com ritmos distintos de desenvolvimento.

Observou-se, contudo, que o ciclo semanal, quando dependente de execução manual e de um responsável dedicado, constitui um ponto crítico do processo, introduzindo risco de omissões,

desfasamentos temporais e inconsistências entre versões. Esta dependência operacional limita a rastreabilidade contínua e reduz a robustez do controlo informacional.

Neste enquadramento, a transição para um ambiente integralmente centralizado em CDE, com automatização dos fluxos de validação e partilha, apresenta-se como evolução necessária para garantir consistência temporal, reduzir variabilidade processual e reforçar a fiabilidade global da gestão da informação.

4.3 Avaliação crítica do impacto organizacional

A utilização do BIM no projeto em análise evidenciou que a transição para um modelo de gestão digital integrado, em contexto de processos consolidados, exige adaptação progressiva das rotinas organizacionais.

No caso em análise, manteve-se o desenvolvimento em ambiente WIP nos servidores internos, introduzindo-se o ACC no estado Shared, permitindo a adoção gradual do ambiente colaborativo, sem ruturas operacionais a colaboradores com elevado domínio técnico, mas sem contacto prévio com a plataforma. Verificou-se que, apesar de dúvidas iniciais expectáveis, os mecanismos de comunicação estruturada, nomeadamente por via de transmittals, e o fluxo de carregamento e validação de informação no ACC foram assimilados de forma eficaz. As dificuldades pontuais foram resolvidas de forma célere, sem impacto relevante na continuidade do processo, evitando a rejeição da introdução do novo método por colaboradores mais experientes e contribuindo simultaneamente para a aquisição progressiva de competências.

Este enquadramento foi suportado por ações de capacitação ao ACC, assegurando alinhamento técnico das equipas e consistência na adoção dos novos fluxos de trabalho.

A iniciação de novos projetos na empresa, hoje desenvolvidos diretamente no ACC, evidencia a transição progressiva para um modelo em nuvem, com reforço da rastreabilidade, consistência informacional e previsibilidade da coordenação.

Referências

- [1] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks e K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
- [2] L. Manzione, *Coordenação de Projetos de Edificações*. São Paulo, Brasil: Editora Pini, 2013.
- [3] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee e P. Teicholz, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
- [4] ISO, “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, 2018.
- [5] BIM Corner, “System hierarchy and clash matrix in BIM coordination,” 2020. [Online]. Available: <https://bimcorner.com/system-hierarchy-and-clash-matrix-in-bim-coordination/>