

IMPLEMENTAÇÃO BIM NO TERMINAL TÉCNICO DO ORIENTE PARA A LINHA DE ALTA VELOCIDADE

Pedro Pais ⁽¹⁾, Ricardo Almeida ⁽¹⁾, Jorge Latas ⁽²⁾, Hugo Silva ⁽²⁾, Luís Ribeirinho ⁽²⁾

(1) Infraestruturas de Portugal, S.A, Lisboa

(2) TPF – CONSULTORES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, S.A., Lisboa

Resumo

O Terminal Técnico do Oriente (TTO) constitui um projeto-piloto em BIM das Infraestruturas de Portugal (IP) que se encontra em curso, simbolizando um passo significativo na digitalização e integração de processos no setor das infraestruturas. Este artigo apresenta a abordagem adotada na implementação e coordenação BIM do projeto, desenvolvida no âmbito do consórcio projetista, no qual a TPF - CONSULTORES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, S.A. assumiu a coordenação de projeto e a coordenação BIM, explorando estratégias, ferramentas e metodologias aplicadas para garantir a eficiência, a interoperabilidade e o controlo de qualidade dos modelos.

A aplicação do BIM no TTO permitiu estabelecer um ambiente colaborativo multidisciplinar, apoiado por processos normalizados de gestão da informação e por mecanismos automáticos de verificação de conformidade. A coordenação BIM integrou o uso de scripts desenvolvidos em linguagem *Python* e *C#*, otimizando tarefas repetitivas e assegurando a consistência de dados entre disciplinas. Paralelamente, o controlo de qualidade dos modelos foi reforçado através de *dashboards* em *Power BI*, possibilitando a monitorização de conflitos geométricos e cumprimento dos requisitos de informação definidos.

A experiência obtida neste projeto evidencia o potencial da metodologia BIM para melhorar a comunicação entre intervenientes, reduzir erros e aumentar a previsibilidade do processo de projeto. O artigo conclui com uma reflexão sobre os principais desafios enfrentados e as lições aprendidas, destacando o TTO como um caso de estudo relevante para a consolidação da prática BIM em empreendimentos complexos desenvolvidos em Portugal.

1. Introdução

A IP, tem por objeto a conceção, projeto, construção, financiamento, conservação, exploração, requalificação, alargamento e modernização das redes rodoviárias e ferroviárias nacionais, incluindo-se nesta última o comando e controlo da circulação.

Neste contexto, a IP tem vindo a integrar progressivamente a metodologia BIM como um dos pilares da sua estratégia de transformação digital, com o objetivo de modernizar os processos associados ao planeamento, conceção, construção e gestão das infraestruturas de transporte.

A adoção do BIM enquadra-se numa visão estratégica que reconhece a transformação digital como elemento essencial para a melhoria da eficiência e colaboração, permitindo maior transparência, fiabilidade e rastreabilidade da informação ao longo do ciclo de vida dos ativos. O objetivo é desenvolver um ecossistema digital integrado, sustentado por modelos de informação capazes de apoiar decisões sustentadas em dados, possibilitando a interoperabilidade entre plataformas e promovendo a inovação contínua e a melhoria dos modelos de gestão.

Esta evolução acompanha a tendência nacional e internacional de digitalização do setor da construção -em geral- e das infraestruturas -em particular-, motivada pela necessidade crescente de maior eficiência, transparência, sustentabilidade e rigor na gestão de recursos públicos, e que, em Portugal, foi consolidada pela aprovação da Estratégia Nacional para Implementação da Metodologia BIM (PortugalBIM), o que reforça o alinhamento da IP com as políticas públicas de modernização e com os objetivos estratégicos do país.

O Terminal Técnico do Oriente constitui o primeiro projeto desenvolvido pela IP com metodologia BIM, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento, experimentação, teste e validação dos normativos internos necessários ao sucesso desta implementação.

2. Caracterização do projeto

O Terminal Técnico do Oriente (TTO) é uma infraestrutura ferroviária promovida pela Infraestruturas de Portugal (IP), destinada a apoiar a exploração da Estação do Oriente, assegurando a preparação, manutenção de primeiro nível e estacionamento de material circulante entre viagens. O projeto desenvolve-se numa área adjacente à Linha do Norte, entre a Estação do Oriente e Braço de Prata, integrando-se no contexto de reforço da capacidade ferroviária associado aos futuros serviços da Linha de Alta Velocidade (LAV).

O TTO caracteriza-se por uma natureza mista, combinando um conjunto de edificações logísticas e técnicas com infraestruturas ferroviárias, plataformas operacionais, passagens inferiores pedonais e viárias, pórticos de lavagem e sistemas de apoio à exploração ferroviária. Esta coexistência de componentes com diferentes funções, escalas e requisitos técnicos resultou num projeto de grande complexidade ao nível da coordenação e da gestão da informação.

Neste enquadramento, o TTO foi definido pela IP como um projeto-piloto para a implementação da metodologia BIM, assumindo um papel relevante na experimentação de processos, requisitos e ferramentas BIM aplicados a empreendimentos ferroviários que integram simultaneamente edifícios e infraestruturas.

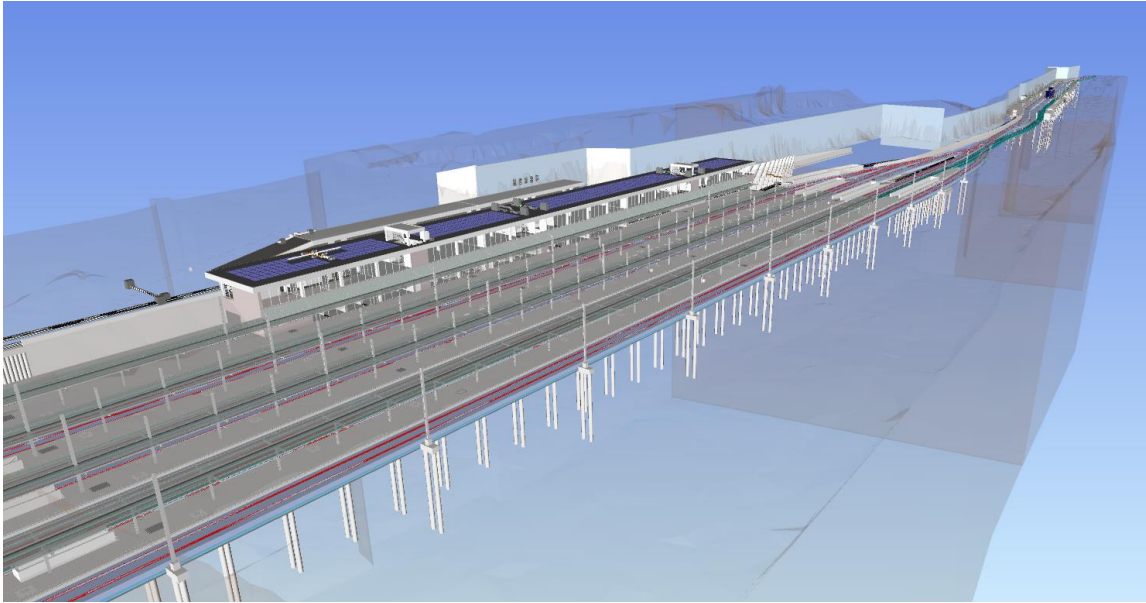


Figura 1: Extrato de vista 3D do projeto.

O desenvolvimento do projeto foi desempenhado por um consórcio projetista, no qual a TPF é responsável pela coordenação geral de projeto, a coordenação BIM e o desenvolvimento de algumas disciplinas, desempenhando um papel central na implementação e operacionalização da metodologia BIM adotada.

3. Implementação BIM no TTO

A implementação da metodologia BIM no projeto do TTO foi estruturada de forma a dar resposta aos requisitos definidos pela IP, assegurando simultaneamente a sua adequação à complexidade técnica e organizacional do empreendimento. Considerando que o TTO se assumiu como um projeto-piloto BIM da IP, a abordagem adotada privilegiou a definição clara objetivos BIM, na formalização de processos através de documentação própria e na operacionalização desses processos ao longo do desenvolvimento do projeto.

3.1 Requisitos e objetivos

Os requisitos BIM do projeto do TTO foram definidos pela IP no Caderno de Encargos BIM (CE BIM), estabelecendo de forma clara os objetivos, os objetivos BIM e os níveis de informação a cumprir ao longo das diferentes fases do projeto. Este documento constituiu a base contratual para a implementação da metodologia BIM, enquadrando as expectativas da Entidade Contratante relativamente à qualidade, estrutura e fiabilidade da informação produzida.

Os requisitos definidos abrangeram a adoção de processos colaborativos assentes num Ambiente Comum de Dados, implementado na plataforma *Autodesk Construction Cloud* (ACC) administrado pela IP (CDE-IP), enquanto repositório oficial para a partilha, entregas e validação da informação do projeto, alinhado com os princípios da ISO 19650-1 [2],

nomeadamente no que respeita à organização dos blocos de informação por estados (*WIP*, *Shared*, *Published* e *Archived*).

Foi igualmente definida a utilização do BIM como base para a coordenação multidisciplinar, a deteção e gestão de interferências, a extração de quantidades e o controlo sistemático da informação associada aos modelos BIM.

Foram estabelecidos requisitos explícitos ao nível do Level of Development (LOD) [4] e do Level of Information (LOI), aplicáveis aos modelos nativos e modelos IFC (enquanto entregáveis do projeto), bem como regras de classificação, codificação e interoperabilidade, com especial relevância para a integração simultânea de elementos de edifícios e de infraestruturas.

Ao nível da coordenação, o CE BIM definiu como requisito que o modelo federado fosse compatível com o CDE-IP assegurando a sua correta integração no ACC e permitindo a consulta, análise e validação da parte da Entidade Contratante.

Um dos objetivos centrais definidos pela IP foi assegurar que os modelos BIM não se limitassem a uma representação geométrica, mas que incorporassem informação estruturada, consistente e reutilizável, capaz de suportar os diferentes objetivos BIM previstos e de garantir a rastreabilidade das decisões ao longo do desenvolvimento do projeto. Neste enquadramento, o controlo de qualidade da informação, a normalização de processos e a transparência na comunicação assumiram um papel determinante, criando as condições necessárias para uma coordenação e um acompanhamento rigoroso do projeto.

3.2 Resposta aos requisitos

A resposta aos requisitos BIM definidos no CE BIM foi materializada através do desenvolvimento e implementação de um Plano de Execução BIM (BEP) [3], no qual foram detalhados os processos, responsabilidades e estratégias adotadas para garantir o cumprimento dos objetivos estabelecidos pela IP.

No BEP foram refletidos os objetivos BIM do projeto e a estratégia para os atingir, incluindo a organização dos modelos, os fluxos de trabalho e os mecanismos de controlo de qualidade. Particular relevância foi atribuída à normalização da informação e à definição clara dos requisitos mínimos a nível de objeto, assegurando coerência entre LOD, LOI e os objetivos BIM previstos.

A estruturação destes requisitos revelou-se determinante para facilitar a coordenação BIM do projeto. A definição prévia da organização dos modelos, das regras de classificação, da matriz de responsabilidades e das matrizes de colisões permitiu criar uma base consistente para a deteção e gestão de interferências entre disciplinas, especialmente num contexto de elevada complexidade, marcado pela integração simultânea de edifícios e infraestruturas desenvolvidos em plataformas distintas.

Em resposta ao requisito de compatibilidade do modelo federado com o CDE-IP (ACC), foi adotado o *Autodesk Navisworks Manage* como plataforma de federação e coordenação dos modelos. Esta escolha permitiu assegurar a integração do modelo federado no ambiente ACC da IP, garantindo a sua correta visualização e validação ao longo do projeto.

Para a modelação colaborativa e para as partilhas internas entre as várias entidades do consórcio, a TPF recorreu ao seu próprio ambiente ACC, permitindo maior flexibilidade operacional e eficiência no desenvolvimento dos modelos. As entregas formais e as partilhas com a IP foram efetuadas através da transferência de blocos de informação entre CDEs, utilizando a funcionalidade *Bridge* do ACC. Estas transferências foram precedidas pela

verificação do cumprimento das regras de codificação dos ficheiros, assegurada pela funcionalidade *naming standard* do ACC.

Deste modo, o BEP não se limitou a responder formalmente aos requisitos BIM do projeto, mas constituiu um alicerce técnico e metodológico que sustentou os processos de coordenação BIM adotados no TTO, complementado pela adoção de plataformas e processos operacionais internos.

4. Coordenação BIM

A coordenação BIM no projeto do TTO foi suportada pelo modelo federado em *Autodesk Navisworks Manage*, integrando modelos de edifícios e de infraestruturas produzidos em *Autodesk Revit* e *Autodesk Civil 3D*. Neste contexto, a atualização sistemática do modelo federado, o cumprimento dos requisitos de informação e a deteção e gestão de colisões assumiram um papel central no processo de coordenação BIM.

4.1 Modelo federado

A federação dos modelos BIM no projeto do TTO foi estruturada de forma a garantir a atualização regular do modelo federado em *Navisworks*, procurando também minimizar o impacto operacional nas equipas de projeto. O modelo federado foi configurado com ligações diretas a modelos nativos, evitando a necessidade de exportação de formatos adicionais por parte das diferentes disciplinas. Para esse efeito, e para tornar o processo mais eficiente, foi necessário o cumprimento das regras definidas no BEP, nomeadamente a existência nos modelos Revit de uma vista 3D denominada “Navisworks”, contendo apenas os elementos relevantes para a coordenação no modelo federado.

Para automatizar o processo de atualização do modelo federado, foi desenvolvido um *script* em linguagem *Python* [1], executado em ambiente *Windows* que comunica com o ACC através do *Autodesk Desktop Connector*. Este *script* tem como objetivo copiar automaticamente no CDE os modelos partilhados para uma pasta específica de coordenação, a partir da qual o modelo federado em *Navisworks* é alimentado.

Considerando que ficou definido que as partilhas internas dos modelos seriam efetuadas numa base semanal, à sexta-feira, utilizou-se o *Windows Task Scheduler* para agendar a execução do *script* durante o fim de semana. Esta abordagem garantiu que no início da semana seguinte o modelo federado refletisse sempre a última informação validada e partilhada pelas equipas.

Desta forma, foi possível assegurar a atualização do modelo federado de forma consistente e controlada, reduzindo o risco de erros associados a cópias manuais ou à utilização de versões desatualizadas dos modelos, reforçando a fiabilidade do processo de coordenação BIM.

4.2 Deteção de colisões

A deteção de colisões foi enquadrada por matrizes de colisões estabelecidas no BEP. Estas matrizes definiam, para cada tipo de elemento e por disciplina, quais as interferências relevantes a analisar, bem como as tolerâncias admissíveis, diferenciadas de acordo com a fase de projeto. Esta estratégia permitiu priorizar o nível de exigência da coordenação com a maturidade dos modelos, evitando análises excessivas ou prematuras e promover a deteção de problemas reais mais eficientemente.






	ARQ							EST				ESG	PLU	VAC	AGU	ELE										
	Paredes	Pavimentos e Coberturas	Tetos falsos	Portas	Janelas	Serralharias	Eq. Sanitários	Fundações	Vigas de Fundação	Pilares	Vigas	Lajes	Paredes Estruturais	Tubagem	Caixas de Visita	Tubagem	Caixas de Visita	Conduitas	Difusores	Eq. Mecânicos	Tubagem	Equipamentos	Esteiras de cabos	Equipamentos	Tubagem	Caixas de Visita
ARQ	Paredes	M																								
	Pavimentos e Coberturas	M	M																							
	Tetos falsos	M	M	M																						
	Portas	M	M	M	M																					
	Janelas	M	M	M	M	M																				
	Serralharias	M	M	M	M	M	M																			
EST	Eq. Sanitários	M	M	M	M	M	M	M																		
	Fundações	A	M	M	A	A	A	A	B																	
	Vigas de Fundação	A	M	M	A	A	A	A	B	B																
	Pilares	M	M	M	C	C	A	A	B	B	B															
	Vigas	M	M	M	C	C	A	A	B	B	B	B														
	Lajes	M	M	M	A	A	A	A	B	B	B	B	B													
ESG	Paredes Estruturais	M	M	M	C	C	A	A	B	B	B	B	B	B												
	Tubagem	M	M	C	C	C	M	B	C	C	C	C	A	C	C											
	Caixas de Visita	M	M	M	A	A	M	M	A	A	M	M	M	M	A	B	M									
PLU	Tubagem	M	M	C	C	C	M	B	C	C	C	C	A	C	C	A	C									
	Caixas de Visita	M	M	M	A	A	M	M	A	A	M	M	M	M	A	A	B	M								
	Conduitas	M	M	A	A	A	M	C	C	C	C	C	C	C	M	C	M	A								
VAC	Difusores	A	A	B	C	C	M	M	A	A	A	A	A	C	A	C	A	M	C							
	Eq. Mecânicos	A	M	M	C	C	M	M	A	A	A	A	C	A	M	A	M	A	M	M						
	Tubagem	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B					
AGU	Equipamentos	M	M	M	A	A	M	M	A	A	A	M	A	M	M	M	M	M	M	M	B	M				
	Esteiras de cabos	M	M	M	A	A	M	M	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	M	M	M	M	A			
	Equipamentos	M	M	M	C	C	M	M	A	A	A	M	M	M	M	M	A	M	C	M	C	M	C			
ELE	Tubagem	B	B	B	B	B	B	A	A	C	C	A	A	C	C	C	C	A	A	M	M	M	M	M		
	Caixas de Visita	M	M	M	A	A	M	M	A	A	M	M	M	A	A	A	M	M	B	M	M	M	M	M		

TOLERÂNCIAS (mm)			
Prioridade	Fase		
	EP	PE	
C	Prioridade Crítica	75	25
A	Prioridade Alta	100	50
M	Prioridade Média	n.a.	75
B	Prioridade Baixa	n.a.	100

Figura 2: Exemplo de matriz de colisões.

A configuração manual das regras de *clash detection* no *Navisworks* revelou-se particularmente desafiante, sobretudo num projeto com um elevado número de combinações entre elementos, sendo um processo extremamente moroso e suscetível a erro.

Para responder a este desafio, foram desenvolvidos *scripts* em linguagem C#, com o objetivo de automatizar e normalizar a preparação da deteção de colisões. A solução adotada foi estruturada em duas etapas complementares.

Numa primeira fase, foi implementado um script para a criação de *Search Sets* através de um ficheiro xml a ser importado no *Navisworks*. Estes, foram baseados em critérios associados às propriedades dos elementos, inseridos num *template* em formato *Excel* associados a cada rúbrica das matrizes de colisões.

Numa segunda fase, foi utilizado um *script*, que lê o ficheiro em formato *Excel* da matriz de colisões, que cria um ficheiro xml de *clash rules*, adotando a nomenclatura dos *search sets* previamente gerados. Este automatismo permitiu criar de forma sistemática, todas as regras necessárias, aplicando automaticamente as tolerâncias correspondentes à fase de projeto em curso.

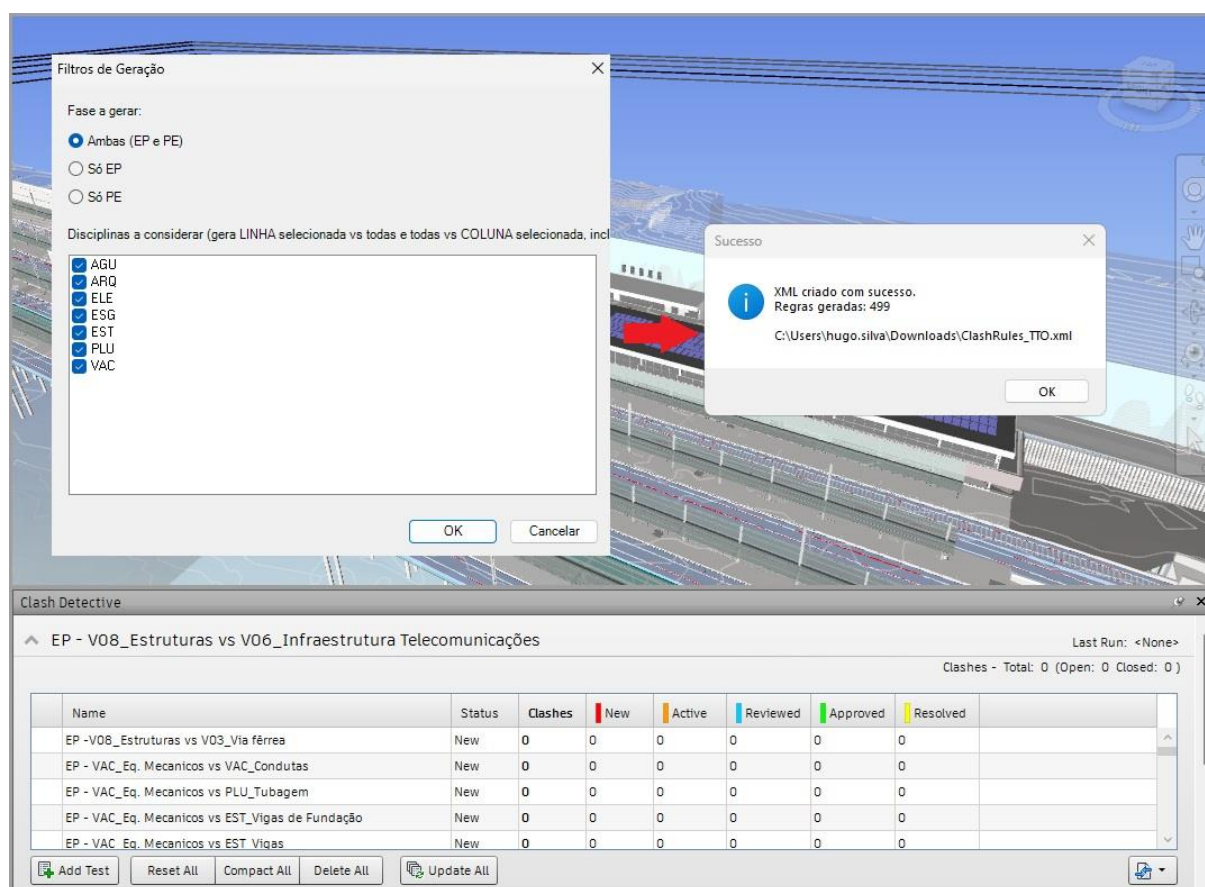


Figura 3: Criação de xml de *clash rules* com *script C#*.

Desta forma, tornou-se possível recriar ou atualizar todo o conjunto de regras de *clash detection* de forma rápida e fiável, sempre que ocorriam alterações nos modelos ou nos critérios de coordenação. Na fase inicial, com modelos BIM ainda com baixa maturidade, foram criados aproximadamente 500 *clash rules* para *Navisworks* com um único comando.

4.3 Controlo de qualidade dos modelos BIM

O controlo de qualidade dos modelos BIM, relativamente ao cumprimento dos requisitos de informação, teve uma complexidade adicional associada à integração num modelo federado em *Navisworks*, informação multidisciplinar proveniente de edifícios e de infraestruturas, desenvolvidos em plataformas distintas. Esta realidade resultou numa diversidade hierárquica de estrutura de dados e numa significativa heterogeneidade de tipologias de objetos, tornando-se essencial a definição de mecanismos robustos para a verificação do cumprimento dos requisitos mínimos de informação estabelecidos no BEP.

Neste enquadramento, o controlo de qualidade foi conduzido num processo de extração de listagens de informação a partir do modelo federado, contendo propriedades relevantes e relacionáveis aos elementos, que serviram de base à análise dos modelos relativamente aos requisitos de informação definidos. Estes dados foram tratados, transformados e analisados em *Microsoft Power BI*, permitindo uma leitura transversal e consistente da informação do projeto.

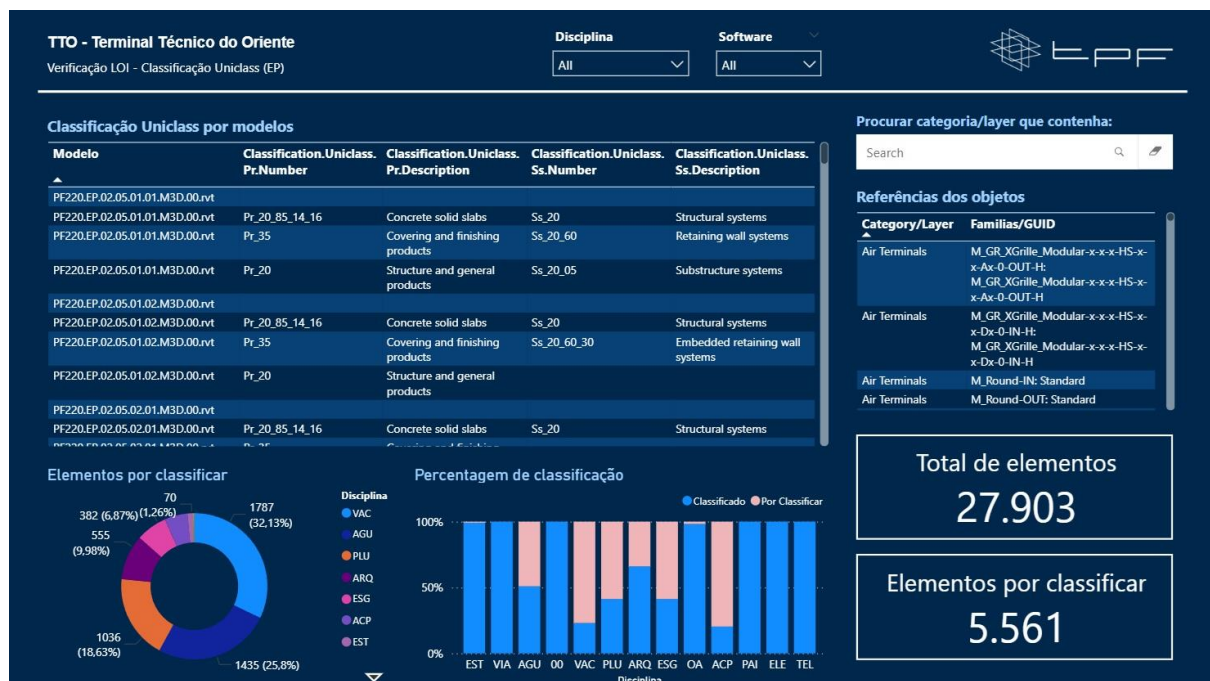


Figura 4: *Dashboard* de verificação dos requisitos de classificação dos elementos.

Foi também desenvolvido um *dashboard* em *Power BI* dedicado à monitorização da evolução das colisões, com base nos resultados da deteção automática de conflitos no modelo federado em *Navisworks*. Este *dashboard* permitiu acompanhar, ao longo do tempo, a evolução do número de colisões ativas, resolvidas e aprovadas, funcionando como um instrumento de apoio à coordenação BIM e à avaliação do progresso da maturidade dos modelos.

Para além do seu uso interno como ferramenta de controlo, estes *dashboards* assumiram também um papel relevante enquanto entregáveis formais à IP, através da publicação dos relatórios e visualizações consideradas pertinentes em cada fase de entregas de projeto. Esta abordagem permitiu assegurar maior transparência, rastreabilidade e objetividade na comunicação do estado dos modelos BIM, reforçando a confiança nos processos de coordenação e controlo de qualidade adotados.

5. Conclusões

A implementação da metodologia BIM no projeto do TTO evidenciou o valor de uma abordagem estruturada e orientada à gestão da informação num empreendimento ferroviário complexo, integrando simultaneamente edifícios e infraestruturas. Enquanto projeto-piloto BIM da IP, o TTO constituiu um contexto privilegiado para a experimentação e consolidação de requisitos, processos e ferramentas BIM, contribuindo para a evolução das práticas BIM no domínio das infraestruturas em Portugal.

A definição clara dos requisitos BIM no Caderno de Encargos, aliada à sua operacionalização através do BEP e de processos complementares, revelou-se determinante para assegurar consistência, rastreabilidade e fiabilidade da informação ao longo do desenvolvimento do projeto.

A adoção de processos automatizados de atualização do modelo federado e de deteção de colisões permitiu reforçar a eficiência da coordenação BIM. A utilização de scripts em *Python*, para a atualização sistemática do modelo federado, e de scripts desenvolvidos em *C#*, para a configuração da deteção de colisões no *Autodesk Navisworks*, permitiu reduzir significativamente o esforço manual e minimizar erros operacionais.

O recurso a *dashboards* em *Power BI* para análise sistemática dos dados dos modelos contribuiu para uma maior objetividade e normalização no controlo de qualidade dos modelos, assim como, para uma comunicação mais clara e transparente entre a Entidade Fornecedora e a Entidade Contratante.

Estes mecanismos demonstraram o potencial da automação e a importância da estruturação de dados.

Concluído o projeto, será relevante a realização de uma reflexão sobre as lições aprendidas. Do ponto de vista da IP, essa reflexão poderá apoiar a consolidação da estratégia BIM da organização, refinar a definição futura de requisitos, processos e modelos de contratação para cadastro e gestão dos seus ativos. Para a TPF, enquanto Entidade Fornecedora, a experiência adquirida no desenvolvimento de ferramentas, automatismos e metodologias no âmbito do TTO pode ser escalável para um nível mais abstrato, podendo evoluir de soluções específicas de um projeto para abordagens estratégicas na coordenação BIM na TPF.

Referências

- [1] João Pavão Martins, *Programação em PYTHON: Introdução à programação utilizando múltiplos paradigmas*. Instituto Superior Técnico, 2020.
- [2] B/555, "BS EN 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.", 2018.
- [3] IPQ, DNP TS 4585 (2023) Modelação de Informação da Construção (BIM). Plano de Execução BIM (BEP). Especificação da estrutura do documento, 2023.
- [4] BIM Forum, Level of Development (LOD) Specification Part I. Disponível em <<https://bimforum.org/lod>>, 2024.