

PROJETO DAS FACHADAS DO AEROPORTO DE SANTIAGO DO CHILE - BIM NA COORDENAÇÃO DIGITAL DA DOCUMENTAÇÃO: DO CONCEITO AO FABRICO E MONTAGEM

Bernardino Lima ⁽¹⁾, Joana Teixeira ⁽²⁾, Romeu Simões ⁽³⁾

(1) TECHONIS Lda., Porto, [0009-0003-2787-375X]

(2) TECHONIS Lda., Porto, [0009-0008-0181-2461]

(3) TECHONIS Lda., Porto, [0009-0004-9172-1491]

Resumo

Projetos internacionais de fachadas complexas exigem precisão dimensional, coordenação multidisciplinar e integração estruturada entre projeto, fabrico e montagem. Este artigo descreve a experiência de coordenação BIM aplicada à obra das fachadas do Terminal 2 do Aeroporto de Santiago do Chile, incidindo na fase de projeto de execução, fabrico e montagem. A abordagem adotada estruturou a informação desde o projeto base até à geração de documentação de fabrico e montagem, articulando cálculo, modelação BIM e validação formal em ambiente colaborativo. Implementou-se um sistema de monitorização baseado na desagregação objetiva do progresso por memória de cálculo, desenho e modelo BIM, alinhando desenvolvimento técnico com planeamento, logística intercontinental e montagem em obra.

O modelo BIM assumiu o papel de referência técnica, assegurando rastreabilidade, controlo de interfaces e maior estabilidade da informação antes da libertação para fabrico. O impacto é discutido sobretudo pela capacidade de antecipar bloqueios, redução de risco de retrabalho tardio e melhoria da previsibilidade produtiva.

O caso evidencia que, em sistemas industrializados, a maturidade BIM depende mais da robustez dos processos de governação da informação do que do detalhe geométrico, sendo a abordagem transferível para contextos Design & Build de elevada complexidade.

1. Introdução

O Aeroporto Internacional Arturo Merino Benítez, em Santiago do Chile, constitui a principal infraestrutura aeroportuária do país e um dos mais relevantes hubs da América do Sul. Face ao crescimento da procura, foi definido um plano de expansão que incluiu a construção do novo Terminal Internacional (T2), desenvolvido em regime de conceção/construção (Design & Build) por um consórcio internacional.

O desenvolvimento do projeto decorreu entre 2016 e 2021, tendo a infraestrutura entrado em operação em 2022. O trabalho descrito neste artigo incide sobre o desenvolvimento das fachadas na fase de projeto de execução e preparação para fabrico e montagem, desenvolvida entre 2018 e 2020.

A complexidade técnica, a diversidade de intervenientes e a dispersão geográfica exigiram uma estrutura clara de coordenação digital. Neste contexto, o Building Information Modelling (BIM) foi utilizado como suporte à coordenação interdisciplinar, organização da informação e controlo de interfaces ao longo do desenvolvimento do projeto. A equipa de coordenação integrou-se numa estrutura já operacional do consórcio, reforçando os fluxos de informação e os mecanismos de monitorização e controlo técnico.

O artigo descreve a estratégia de coordenação BIM aplicada ao desenvolvimento das fachadas, analisando os mecanismos implementados para assegurar coerência técnica, rastreabilidade e previsibilidade produtiva em contexto internacional. Após o enquadramento da escala e configuração do empreendimento, são apresentados os principais instrumentos organizacionais e de controlo adotados, culminando numa reflexão crítica sobre as lições aprendidas.

2. Escala e configuração da intervenção

O Terminal 2 do Aeroporto de Santiago organiza-se segundo uma configuração composta por um edifício central (T2M), quatro espigões internacionais (T2C, T2D, T2E e T2F), respetivos conectores (Con. BD, Con. M e Con. U) e a articulação com o terminal doméstico T1A, formando um conjunto de grande extensão e múltiplas frentes de intervenção (Figura 1).

A expansão foi inicialmente desenvolvida ao nível de projeto base (Ingeniería Definitiva – ID), definindo os princípios arquitetónicos, estruturais e funcionais do conjunto. A fase analisada neste artigo corresponde ao projeto de execução da fase 2 (Proyecto Constructivo – PC), no qual as soluções foram aprofundadas, compatibilizadas e preparadas para fabrico e montagem.



Figura 1 - Vista geral do Terminal 2 com identificação dos edifícios e delimitação da fase de intervenção analisada.

O projeto foi desenvolvido em regime Design & Build. O dono de obra era o Ministério das Obras Públicas do Chile, através da concessionária Nuevo Pudahuel, sendo o desenvolvimento assegurado por um consórcio internacional liderado pela Vinci Construction Grands Projets e pela Astaldi, envolvendo múltiplos subcontratados especializados. A equipa técnica associada

ao desenvolvimento e coordenação do projeto e do fabrico das fachadas integrou cerca de uma centena de profissionais, incluindo engenheiros, arquitetos e modeladores BIM, distribuídos por várias empresas e geografias.

As fachadas desenvolvem-se ao longo de edifícios de grande extensão longitudinal, com panos verticais contínuos e alturas variáveis entre aproximadamente 9 e 18 m. Para acomodar deslocamentos sísmicos e assegurar suporte estrutural, foram adotadas treliças verticais do tipo Vierendeel, biarticuladas, funcionando como estrutura intermédia entre a estrutura principal e o sistema de fachada. Estas estruturas suportam subestruturas de alumínio integradas em sistemas vidro/alumínio do tipo stick, caracterizados pela montagem in situ de perfis e painéis individuais, em oposição a sistemas totalmente pré-fabricados em módulo (Figura 2).

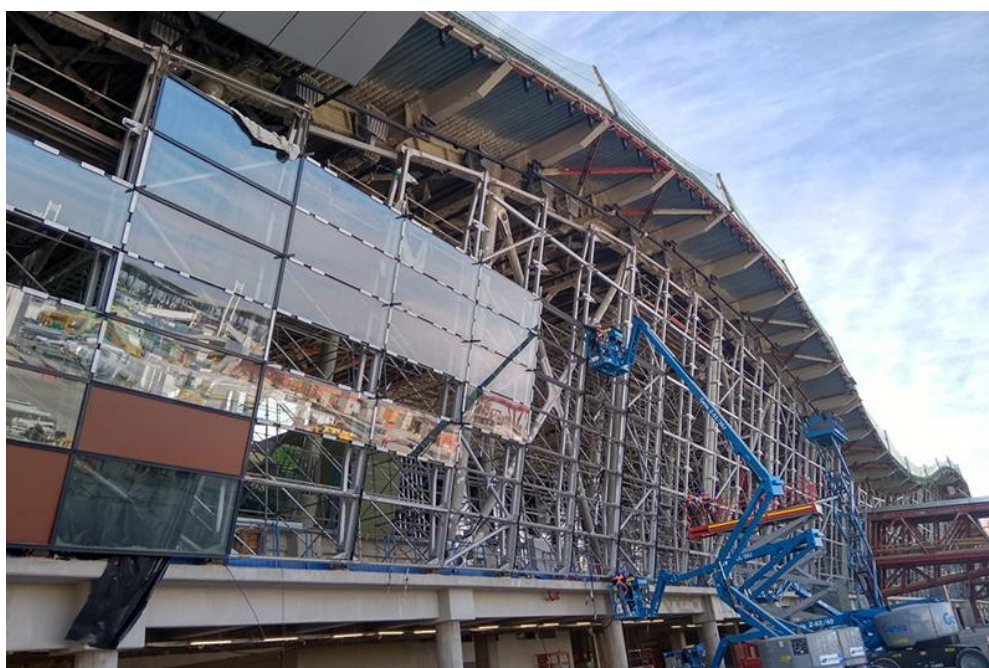


Figura 2 – Fachada de um dos Espigões Nascente durante a montagem

A dimensão física da intervenção correspondeu a aproximadamente 60 000 m² de fachada, distribuída por diferentes tipologias construtivas, incluindo vidro, painel sandwich, painel compósito e fibrocimento. A estrutura associada totalizou cerca de 1 300 toneladas de aço e aproximadamente 250 toneladas de alumínio.

A escala documental foi igualmente significativa: cerca de 750 desenhos de projeto de execução, 600 desenhos de montagem, aproximadamente 70 000 desenhos de fabrico, entre peças individuais e conjuntos, e cerca de 40 memórias de cálculo. Esta produção documental foi suportada por cerca de 25 modelos BIM dedicados às fachadas, integrados num universo superior a 200 modelos BIM das várias especialidades.

A cadeia de fornecimento envolveu fabricantes em Portugal, Espanha, Brasil e Chile, incluindo componentes provenientes da Europa e do Sudeste Asiático. O transporte marítimo intercontinental, com prazos frequentemente superiores a cinco semanas, introduziu uma dependência crítica da estabilidade das decisões técnicas antes da libertação para fabrico.

Neste contexto, a coordenação não poderia basear-se exclusivamente em validações pontuais ou reuniões técnicas tradicionais, tornando necessária a estruturação de um modelo

organizacional claro e de um sistema de monitorização capaz de traduzir o estado real do projeto em informação objetiva e suportar decisões técnicas fundamentadas.

3. Modelo Organizacional e Sistema de Coordenação

A gestão documental e a coordenação digital assentavam em duas plataformas complementares. O sistema LASCOM era utilizado como EDMS (Engineering Document Management System) do consórcio para submissão, revisão e aprovação formal de memórias de cálculo e desenhos de projeto de execução (System Drawings). Em paralelo, o Trimble Connect era utilizado como plataforma de partilha e visualização dos modelos BIM entre as equipas, no contexto das ferramentas disponíveis à data.

3.1 Estrutura Funcional

O desenvolvimento técnico das fachadas envolvia equipas especializadas em cálculo estrutural, desenvolvimento técnico, modelação BIM e produção industrial, articuladas através de uma sequência comum de validação entre cálculo, desenho e modelo, culminando na geração de documentação de fabrico e montagem.

A sequência apresentava variações consoante o subsistema. Na estrutura metálica secundária (FST), o processo iniciava-se com memórias de cálculo e esboços estruturais, evoluindo para modelação BIM detalhada e geração de desenhos de projeto de execução (System Drawings). Após validação formal de memórias de cálculo e desenhos, o modelo era enriquecido até LOD 400 [1], permitindo a extração direta de desenhos de fabrico e montagem. Nos sistemas de fachada em alumínio e vidro (FMC), o processo iniciava-se geralmente com o desenvolvimento de desenhos de projeto de execução, que suportavam o cálculo estrutural e a modelação BIM subsequente, mantendo-se a validação formal como condição para libertação para fabrico.

A coordenação técnica assumia um papel integrador entre estes fluxos paralelos, garantindo coerência geométrica, consistência documental e alinhamento temporal entre fases de desenvolvimento distintas. A articulação era particularmente crítica nas zonas de interface com estrutura de betão, coberturas, pontes de embarque (PBB) e conectores entre edifícios.

A coexistência destes dois modelos produtivos no âmbito do mesmo projeto reforçou a necessidade de critérios comuns de validação, codificação e rastreabilidade, assegurando continuidade informacional entre cálculo, modelo digital, fabrico e montagem.

3.2 Sistema de Acompanhamento e Monitorização

O volume de documentação técnica em desenvolvimento simultâneo, incluindo memórias de cálculo, desenhos de projeto e modelos digitais, tornou insuficiente um acompanhamento baseado apenas em reuniões técnicas ou perceções informais de avanço. Foi assim estruturado um sistema regular de controlo do progresso. O primeiro relatório formal foi emitido em janeiro de 2019, ainda antes do arranque sistemático da produção de desenhos de fabrico e montagem. O acompanhamento passou a ser realizado semanalmente, organizado por edifício, tipologia e disciplina, permitindo avaliar o desenvolvimento ao nível da memória de cálculo, do desenho e do modelo. Numa fase inicial, foi consolidado o universo de entregáveis, identificando o universo total de documentos e modelos a desenvolver, transformando um conjunto de tarefas técnicas dispersas num sistema mensurável e comparável ao longo do tempo.

No caso dos modelos digitais, foi necessário desagregá-los em componentes estruturais e construtivos, atribuindo ponderações percentuais a cada tipo de elemento. O progresso parcial na modelação de conjuntos como perfis principais, ligações ou elementos secundários correspondia assim a uma fração ponderada do avanço global do modelo. Esta metodologia permitiu converter evolução técnica subjetiva em métricas quantitativas objetivas, facilitando a leitura consolidada do estado real de cada edifício, e aproximando-se de princípios de controlo por valor ganho e de práticas de monitorização BIM em contexto D&B [5].

O sistema era desagregado até ao nível da memória de cálculo individual, do desenho específico ou do modelo, permitindo identificar bloqueios, dependências e desfasamentos ainda em fase de projeto, antes de qualquer impacto direto na produção.

Com o início da emissão de desenhos de fabrico, em maio de 2019, e posteriormente dos desenhos de montagem, em agosto do mesmo ano, o sistema passou a abranger todo o ciclo produtivo. A monitorização deixou de refletir apenas desenvolvimento técnico e passou a integrar a libertação para fabrico e a preparação para montagem, aproximando o controlo informacional da realidade física da obra.

A articulação com o planeamento global revelou-se determinante. A consolidação periódica de dados permitiu alinhar o progresso técnico com a capacidade produtiva e prazos logísticos, num contexto em que a pressão da obra nem sempre decorria da falta de produção, mas frequentemente de bloqueios na validação técnica. O sistema assumiu assim uma função dupla: instrumento de controlo e mecanismo de estabilização organizacional, tornando explícito o estado real do projeto e permitindo suportar decisões com impacto direto na produção.

O impacto do sistema deve ser entendido sobretudo na sua capacidade de antecipar bloqueios e estabilizar a informação antes da libertação para fabrico. A monitorização semanal tornou visíveis dependências entre cálculo, desenhos e modelos, reduzindo a probabilidade de emissões prematuras e o risco de retrabalho tardio em produção ou montagem.

4. Estratégia BIM e Gestão de Informação

4.1 Estruturação dos Modelos BIM

Os modelos BIM das fachadas foram estruturados segundo uma lógica de responsabilidade técnica e produtiva, distinguindo entre a estrutura metálica secundária de suporte (FST) e os sistemas de fachada propriamente ditos (FMC).

Os modelos FST incluíam exclusivamente a estrutura metálica secundária de suporte às fachadas. A estrutura metálica principal dos edifícios era desenvolvida por equipas específicas, em modelos autónomos, sendo utilizada como referência para compatibilização geométrica e definição de ligações. Ver na Figura 3 exemplo de duas zonas de coordenação dos modelos.

Os modelos FMC integravam os sistemas de muro cortina, painéis opacos, perfis de alumínio, elementos de fixação e restantes componentes construtivos associados à envolvente.

A segmentação dos modelos foi realizada por edifício e, sempre que necessário, por corpo estrutural, permitindo:

- controlar dimensões de ficheiros;
- organizar emissões e revisões de forma independente;
- ajustar o ritmo de desenvolvimento às necessidades do planeamento;
- manter rastreabilidade clara entre modelo, desenhos de fabrico e montagem.

Esta estruturação garantiu separação de responsabilidades, coerência documental e continuidade informacional ao longo do ciclo produtivo.

4.2 Estratégias de Modelação Produtiva

Todos os modelos das fachadas foram desenvolvidos em ambiente Tekla Structures, coexistindo diferentes estratégias de modelação produtiva ajustadas aos processos industriais envolvidos.

Em alguns casos, a modelação assumiu carácter exaustivo, incluindo não apenas perfis estruturais e sistemas principais, mas também parafusos, juntas, selagens e componentes de menor dimensão. Esta abordagem permitia uma extração praticamente direta e automática de listas de materiais e desenhos de fabrico.

Noutros casos, optou-se por uma modelação seletiva dos elementos estruturais e principais, complementada por parametrizações e rotinas internas que permitiam extrair quantidades e informação adicional a partir da geometria modelada. Esta estratégia reduzia o peso do modelo e mantinha controlo sobre a informação essencial ao fabrico.

Importa sublinhar que estas diferenças não representavam níveis distintos de maturidade, mas sim opções metodológicas ajustadas aos processos industriais de cada interveniente. Em todos os casos, o modelo BIM era concebido como instrumento de produção e não apenas como ferramenta de coordenação.

Todos os modelos Tekla (FST, FMC ou ambos) serviam diretamente para gerar desenhos de fabrico, assegurando coerência entre modelo BIM e documentação emitida, em linha com práticas consolidadas de integração entre BIM e produção industrial descritas na literatura [2].

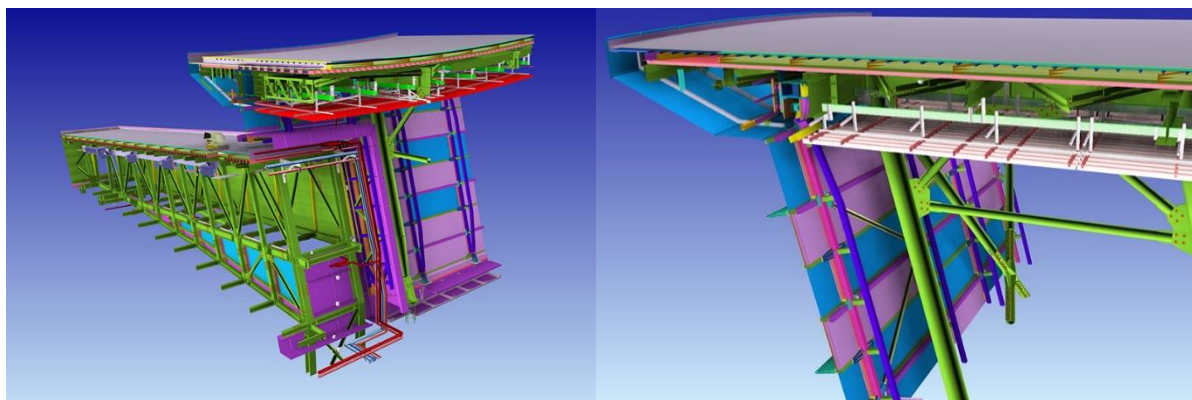


Figura 3 – Modelo BIM das fachadas evidenciando a articulação entre estrutura metálica secundária e sistema de fachada, bem como as interfaces com outros elementos construtivos.

4.3 Numeração, Emissão e Continuidade Informacional

A identificação de peças e conjuntos era gerada diretamente no ambiente Tekla, constituindo a base dos desenhos de fabrico e da organização produtiva.

A numeração das peças era independente da sua localização em obra, evitando codificações extensas e rígidas que pudessem comprometer a flexibilidade do modelo. A organização dos conjuntos mantinha coerência com a sequência de montagem prevista em obra, permitindo alinhar produção e instalação em obra.

O controlo de revisão dos modelos era realizado por emissão formal, com registo estruturado de versões e datas. Esta prática assegurava rastreabilidade documental e permitia que o modelo emitido fosse inequivocamente associado aos desenhos de fabrico correspondentes.

O modelo BIM deixava assim de ser apenas um suporte de coordenação técnica, passando a constituir o núcleo gerador da documentação produtiva e da organização construtiva da fachada, garantindo continuidade informacional entre projeto, fabrico e montagem.

5. Integração com fabrico e cadeia de fornecimento internacional

5.1 Integração do Projeto com o Fabrico

A integração entre projeto e fabrico exigiu que o modelo BIM incorporasse condicionantes industriais e variações associadas à cadeia de fornecimento internacional. Num contexto com múltiplas unidades produtivas e referenciais técnicos distintos, o modelo assumiu o papel de base comum de validação antes da emissão para produção.

Alterações produtivas como adaptação de perfis, reformulação de componentes ou ajustes decorrentes de requisitos de fabrico e disponibilidade de fornecedores eram refletidas diretamente no modelo, garantindo coerência entre o estado validado e a documentação de fabrico. Esta abordagem permitiu assegurar continuidade informacional entre projeto e produção, reduzindo o risco de inconsistências na transição para fabrico.

Foi igualmente necessário assegurar a consistência dos elementos modelados, evitando a proliferação de referências distintas resultantes de pequenas variações de modelação. Este processo de normalização e consolidação de referências permitiu agrupar elementos equivalentes, reduzindo o número de referências de fabrico e de desenhos associados. Em articulação, a consistência geométrica do modelo suportou decisões produtivas como a otimização de corte de perfis (nesting optimization).

5.2 Logística Intercontinental

A cadeia de fornecimento internacional envolvia prazos de transporte frequentemente superiores a cinco semanas, impondo elevada estabilidade no momento de libertação para fabrico. Emissões incorretas ou prematuras geravam impactos acumulados ao longo de todo o ciclo produtivo, tornando crítica a validação prévia das interfaces e o controlo rigoroso de revisões.

Neste contexto, a coordenação técnica teve de assegurar não apenas a coerência geométrica e construtiva das soluções, mas também a sua maturidade para produção, evitando revisões tardias com impacto na cadeia logística e na montagem em obra.

5.3 Planeamento e Produção

A articulação entre modelo BIM, planeamento e produção revelou-se determinante para alinhar o desenvolvimento técnico com a execução. O sistema de monitorização permitiu evidenciar dependências críticas e suportar decisões de libertação para fabrico em coerência com o planeamento global. A informação consolidada no sistema de monitorização era também utilizada como suporte à atualização do planeamento detalhado das fachadas, assegurando coerência entre o estado real do projeto e o planeamento de produção.

A experiência demonstrou que, em sistemas industrializados de grande escala, o alinhamento entre modelo digital, planeamento e capacidade produtiva é determinante para assegurar

continuidade e previsibilidade construtiva, evidenciadas na fase de montagem das fachadas (Figura 2).

6. Desafios Operacionais e Lições Aprendidas

6.1 Dificuldade na Quantificação do Progresso Técnico

Um dos principais desafios iniciais consistiu na quantificação objetiva do progresso técnico num contexto de múltiplas equipas e estados de validação distintos. Embora existissem listas de desenhos e memórias de cálculo, não havia um sistema estruturado que permitisse traduzir o avanço real com base em indicadores consistentes e comparáveis.

A ausência de métricas consolidadas dificultava a distinção entre atrasos efetivos, revisões em curso e bloqueios pontuais. Em diversas situações, as percentagens de avanço reportadas eram ajustadas após discussão técnica ou mantidas provisoriamente na ausência de informação atualizada, evidenciando a necessidade de critérios comuns e verificáveis.

A implementação do sistema de acompanhamento descrito no Capítulo 3 permitiu transformar perceções dispersas num quadro objetivo de controlo, suportado por dados extraídos de modelos, memórias e desenhos. A principal lição foi clara: em projetos industrializados de grande escala, a ausência de governação estruturada da informação tende a amplificar desfasamentos organizacionais e comprometer a previsibilidade.

6.2 Validação Técnica e Ritmo Produtivo

Num contexto Design & Build internacional, a validação técnica assume não apenas dimensão técnica, mas também implicações produtivas. A conclusão formal de memórias de cálculo e desenhos de projeto condicionava diretamente a libertação para fabrico, introduzindo dependências adicionais no desenvolvimento do projeto.

Em determinadas fases, verificou-se que os processos de validação conduziam a ciclos sucessivos de revisão, atrasando a emissão de versões consideradas “VPU” (válidas para construção). Esta dinâmica criava tensão entre necessidade de rigor técnico e necessidade de libertação atempada para fabrico.

A experiência demonstrou que a clareza nos critérios de validação por fase foi determinante para evitar bloqueios desproporcionais face ao risco real. O alinhamento entre nível de detalhe exigido e impacto industrial revelou-se condição essencial para manter o equilíbrio entre qualidade e previsibilidade produtiva.

6.3 Reconfiguração produtiva e adaptação normativa

Ao longo do desenvolvimento do projeto verificaram-se ajustamentos relevantes na cadeia produtiva das fachadas, com impacto direto nas soluções técnicas inicialmente previstas. Dois casos ilustram a importância da validação em modelo antes da libertação para fabrico.

No caso dos sistemas de alumínio, a transferência parcial da produção para fabricantes localizados em Espanha exigiu o desenvolvimento de novas matrizes de extrusão (DIES) para perfis específicos do sistema de fachada. Esta alteração implicou revisão dimensional de determinados elementos e atualização coordenada do modelo e da documentação técnica associada.

De forma semelhante, a produção de parte da estrutura metálica passou a ser realizada no Brasil, obrigando à conversão de perfis inicialmente dimensionados segundo referenciais europeus

para perfis equivalentes disponíveis no mercado brasileiro. A atualização controlada do modelo BIM permitiu verificar impactos geométricos e compatibilizar a solução recalculada antes da emissão de documentação de fabrico e montagem.

Situações semelhantes ocorreram ao nível de interfaces em obra, nomeadamente na fixação de elementos de drenagem e suportes de sistemas de fachada, onde a ausência de coordenação prévia teria implicado adaptações em fase de montagem, como evidenciado em fases anteriores da obra.

O modelo digital assumiu um papel fundamental na verificação geométrica e validação das soluções após adaptação industrial, permitindo confirmar a compatibilidade entre as novas soluções produtivas e o projeto global antes da sua materialização em obra.

7. Discussão

O caso analisado evidencia que, em sistemas industrializados de grande escala, a maturidade BIM não depende prioritariamente do nível de detalhe geométrico, mas da robustez dos processos de governação da informação. A capacidade de estruturar estados de validação, controlar dependências e alinhar o desenvolvimento técnico com requisitos produtivos revelou-se determinante para assegurar coerência e previsibilidade ao longo do ciclo de projeto e fabrico. Neste contexto, a prevenção de “problemas de fabrico” deve ser entendida sobretudo como redução do risco de libertar para produção informação incompleta, instável ou incompatível com interfaces e condições de montagem. O modelo BIM assumiu, assim, um papel central como suporte de validação técnica e estabilização da informação antes de decisões com impacto logístico dificilmente reversível.

A comparação com abordagens alternativas deve ser enquadrada no contexto de projetos de natureza semelhante. Em ausência de um referencial comparável sem integração BIM estruturada, a análise centra-se na capacidade do sistema implementado em antecipar bloqueios, estruturar dependências e alinhar validação técnica com necessidades produtivas. Em contraste com abordagens baseadas em controlo documental isolado, o método adotado permitiu integrar modelo, desenho e planeamento num sistema único de acompanhamento.

A metodologia demonstrou elevada transferibilidade para outros contextos, incluindo diferentes tipologias construtivas e geografias. Em particular, os princípios de separação entre validação e libertação para fabrico, estruturação de responsabilidades técnicas e monitorização baseada em dependências são aplicáveis a qualquer sistema industrializado com cadeia de fornecimento distribuída.

Embora o projeto não tenha sido desenvolvido no âmbito formal das normas ISO 19650 [3], vários dos princípios associados à gestão da informação, nomeadamente a definição de estados de validação, controlo de revisões e estruturação de fluxos de aprovação, estavam já presentes de forma implícita. De igual modo, a separação entre requisitos geométricos e de informação, hoje enquadrada pelo conceito de Level of Information Need, surge neste contexto de forma prática, orientada pelas necessidades de fabrico e montagem.

A gestão de informação não geométrica foi assegurada principalmente através da documentação técnica derivada dos modelos, incluindo desenhos de projeto de execução, desenhos de fabrico e montagem, onde eram explicitadas características, identificação e enquadramento construtivo dos elementos. Os modelos digitais utilizados para coordenação não constituíam, por si só, repositórios completos de informação alfanumérica estruturada.

Embora o projeto não tenha sido enquadrado formalmente numa metodologia DfMA, a integração entre modelação BIM, documentação de fabrico e processos industriais alinha-se com vários dos seus princípios, nomeadamente na articulação entre definição geométrica, viabilidade produtiva e montagem em obra [4].

Para futuros projetos, recomenda-se a definição explícita de critérios de validação por fase, a automatização da recolha de dados de progresso diretamente a partir dos modelos e a integração dos sistemas de monitorização com plataformas de planeamento, reduzindo dependências de processos manuais e aumentando a fiabilidade da informação.

8. Conclusões

O caso analisado evidencia que, em contextos Design & Build com forte componente industrial e dispersão geográfica, a maturidade BIM depende sobretudo da robustez dos processos de organização, validação e monitorização da informação, mais do que do nível de detalhe geométrico. O modelo digital assumiu um papel central como suporte integrado de cálculo, documentação, fabrico e montagem, assegurando coerência ao longo de todo o processo.

A dimensão do projeto, a distribuição internacional das equipas e a dependência de cadeias logísticas intercontinentais exigiram um controlo sistemático do progresso. O sistema de monitorização implementado permitiu transformar desenvolvimento técnico em indicadores objetivos, alinhando decisões de projeto com necessidades produtivas e prazos logísticos, e contribuindo para maior estabilidade da informação libertada para fabrico.

A experiência confirma que, em ambientes industrializados, a previsibilidade resulta da rastreabilidade. A separação entre estados de validação e libertação para produção, a codificação consistente dos elementos e a utilização do modelo como base de coerência documental permitiram reduzir incerteza e mitigar risco operacional.

A abordagem descrita demonstra potencial de aplicação a outros projetos de elevada complexidade técnica e dispersão produtiva, desde que suportada por critérios claros de validação, monitorização estruturada de dependências e compromisso organizacional com a qualidade da informação.

Referências

- [1] BIMForum, Level of Development (LOD) Specification, BIMForum, 2016.
- [2] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.
- [3] ISO 19650-1:2018, "Information management using BIM — Part 1: Concepts and principles," ISO, 2018.
- [4] I. Kuzmanovska and M. Aitchison, "DfMA in Building Design and Construction: Uses and Abuses," in Proceedings of the 53rd International Conference of the Architectural Science Association, 2019.
- [5] B. Matos and M. Alegria, "Contratação, monitorização e controlo BIM no desenvolvimento de um edifício multidisciplinar," in 4º Congresso ptBIM, Braga, Portugal, 2022.
- [6] C. Neto, C. Carvalho, and A. Ferreira, "A importância do BIM no empreiteiro geral em processos de conceção-construção," in 4º Congresso ptBIM, Braga, Portugal, 2022.