

Soluções para projetos de engenharia em BIM para aeroportos. Estudo de caso do aeroporto de Vitória

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.77.27>

**Guilherme Guignone¹, Heurie Rocha¹,
João Luiz Calmon², Wladimir Araújo³**

¹ Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – Infraero, Brasília, Distrito Federal, Brasil

² Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, Espírito Santo, Brasil

³ EngenhariAZ, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Resumo

As obras de ampliação do Aeroporto de Vitória, ES, representaram um marco recente para a engenharia aeroportuária brasileira. Contemplaram-se 365.000 m² de área construída e envolveu a construção de terminal de passageiros, torre de controle, edifício do corpo de bombeiros, pista de pouso e decolagem, dentre outros sistemas. Um complexo aeroportuário apresenta demandas diversificadas no que se referem aos projetos de engenharia, como: de edificações, de infraestrutura, de segurança, entre outras. A fim de atender a estas demandas e elevar o desempenho dos projetos, a adoção da metodologia BIM torna-se fundamental. O presente artigo apresenta soluções para a execução e a fiscalização de projetos de engenharia em BIM para aeroportos. São propostas soluções para projetos de sinalização de aeródromos, verificações de superfícies livres de obstáculos, uso de automatização de processos e de Power BI integrado ao modelo BIM. Foi realizada a modelagem em BIM do complexo aeroportuário e concebidas soluções em BIM para atendimento às demandas do Projeto. Algumas soluções em BIM foram adotadas pela equipe de fiscalização do projeto e da obra. Outras, são propostas para serem adotadas como referências para usos BIM em complexos aeroportuários a serem projetados e/ou construídos. Constatou-se que há soluções em BIM, ainda pouco exploradas, que podem impactar, de forma determinante, na elevação de desempenho da execução e fiscalização de projetos para aeroportos brasileiros. Espera-se que os responsáveis pelos projetos de aeroportos brasileiros possam adotá-las visando elevar a eficiência, segurança e economicidade das construções em aeroportos.

1. Introdução

Em função de suas características peculiares e demandas diversas, projetar um aeroporto pode ser comparado com projetar uma pequena cidade. Young and Wells [1] comparam a administração de um aeroporto como ser o prefeito de uma cidade, em função do aeroporto ser constituído por uma enorme variedade de instalações, sistemas, usuários, trabalhadores, regras e regulamentações. Trata-se de uma estrutura complexa, uma região, que precisa se integrar ao tecido urbano e, ao mesmo tempo, executar as suas funções com eficiência e segurança. Um aeroporto apresenta funções que o difere de uma cidade. As funções principais de um aeroporto são: a operação de tráfego de aeronaves no solo e próxima ao aeródromo, funções comerciais, de segurança e de manutenção da infraestrutura. Tratam-se de demandas oriundas de setores diversos que precisam ser atendidas em tempo útil e com eficiência. A infraestrutura de um aeroporto é composta pelo aeródromo e pelas facilidades aeroportuárias – edificações e sistemas que complementam as funções juntamente com o sistema de pistas e pátios. Há também superfícies imaginárias de segurança, que necessitam estar livres de obstáculos e contemplam restrições específicas. Estas são normatizadas e suas características podem variar em função da classificação do aeroporto.

Nota-se que um aeroporto apresenta demandas diversas, quer seja nas etapas de concepção e de projeto, quer seja na construção, operação e manutenção do empreendimento. No que se refere à etapa de projeto, há disciplinas envolvidas relacionadas a projetos de engenharia de edificações e de infraestrutura. O processo de execução dos projetos precisa ser planejado de forma que as informações sejam disponibilizadas com confiabilidade e no momento adequado. A fim de elevar o desempenho do processo de desenvolvimento de projetos aeroportuários, proporcionando soluções com maior assertividade, elevação do potencial de gestão da informação e minimização de retrabalhos, o uso da metodologia *Building Information Modeling* - BIM tende a ser uma relevante opção. De acordo com Abbondati *et al.* [2], o uso da metodologia BIM é essencial para desenvolver modelos inteligentes para construções e planejamento e gestão de projetos de infraestrutura. A modelagem BIM aplicada a projetos de infraestrutura, como de aeroportos, permite a inserção nos modelos de informações sobre materiais, certificações, procedimentos de manutenção e parâmetros estruturais e funcionais. O uso do BIM aplicado a projetos de infraestruturas de transporte demanda ainda mais pesquisas, principalmente, com relação a interoperabilidade entre os modelos desenvolvidos [3]. Entretanto, é importante considerar que, embora os projetos de infraestrutura possuam características intrínsecas que demandam diferentes metodologias de modelagens, a base de aplicação BIM em termos de gerenciamento e troca de dados continua a ser a mesma [4]. Há diversas soluções em BIM para aeroportos que precisam ser exploradas e as suas experiências compartilhadas. Os aeroportos têm o desafio de desenvolver estratégias personalizadas para a implementação do BIM, porque cada aeroporto é único, com a sua estratégia comercial, objetivos e usos BIM e recursos para apoiar o seu Plano de Implementação BIM ao longo do seu ciclo de vida [5].

Pesquisas têm demonstrado o uso do BIM em aeroportos como promissor, por exemplo, Alvarez *et al.* [6] demonstraram estratégias, com o uso da metodologia BIM, para controlar e supervisionar reformas em pavimentos de pistas de pouso e decolagem. Biancardo *et al.* [7] apresentaram soluções em BIM, realizadas em modelos de arquitetura e de estruturas, para pontes de embarque para as obras de ampliação de um Aeroporto. Keskin e Salman [8] apresentam uma proposta para gerenciamento de aeroportos, baseada em BIM, que conecta as áreas clientes de um aeroporto com os seus requisitos operacionais.

Os projetos e as obras de modernização do Aeroporto de Vitória, ES, Brasil, compreenderam a construção de um aeroporto contemplando, praticamente, a totalidade dos sistemas aeroportuários essenciais. Além das soluções em BIM adotadas durante o desenvolvimento dos projetos e das obras, configurou-se como referência de possibilidades para usos BIM a serem incorporados em futuros projetos para aeroportos. Esta pesquisa objetiva demonstrar os usos BIM adotados durante a execução dos projetos e das obras do aeroporto e demonstrar os usos promissores de soluções BIM a partir de ensaios realizados com a modelagem total do aeroporto.

1.1. BIM aplicado a aeroportos

O processo de concepção e de execução de projetos para aeroportos necessita considerar demandas diversas, dentre elas, aquelas relacionadas a projetos de engenharia de infraestrutura e de edificações e aspectos operacionais, de segurança e comerciais em um aeroporto. Precisam ser consideradas operações existentes, que não podem ser interrompidas, e procedimentos de segurança estabelecidos. É importante também considerar que as informações geradas e os produtos executados nas etapas de projetos, poderão ser também adotados nas fases de operação e de manutenção do empreendimento. Identificam-se ganhos com o uso do BIM em aeroportos. O primeiro uso de BIM para aeroportos foi estudado por Robert Aish [9], em 1986, onde avaliou o desenvolvimento em fases do Terminal de Passageiros 3 do Aeroporto de Heathrow em Londres. Em 2010 o Aeroporto de Gatwick, em Londres, implementou o BIM objetivando a integração com os seus processos existentes e adotá-lo em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento. O uso do BIM possibilitou ganhos significativos com relação aos entregáveis de projetos e à gestão de ativos no aeroporto [10]. O Aeroporto Internacional de Denver iniciou o seu processo de implementação do BIM em 2010 com o seu projeto de Hotel. Desde então, institucionalizou o BIM e estendeu o seu uso a todas as fases do ciclo de vida de seus ativos [11]. De acordo com Petruzzo *et al.* [12], nota-se uma elevação significativa do uso do BIM em projetos para aeroportos, principalmente, em comparação com outros tipos de projetos de transporte, como: estradas, pontes, transporte ferroviário e túneis.

1.2. Projetos e Obras do Complexo Aeroportuário do Aeroporto de Vitória

As obras de modernização e ampliação do Aeroporto de Vitória iniciaram-se em 2011 e contemplaram área total de construção de 365.000 m². Envolveu a construção de nova pista de pouso e decolagem, nova torre de controle, novo edifício do corpo de bombeiros, novo pátio de aeronaves, novo sistema de taxiways, edificação central de utilidades, dentre outras (Figura 1). Os projetos e as obras para a execução do aeroporto foram contratados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária, Infraero, operadora deste aeroporto à época. A empresa fiscalizou os projetos e as obras e foi executora de alguns dos projetos, quer seja para complementar o escopo das obras, quer seja para adequar os projetos às atuais necessidades operacionais, comerciais e de segurança. A Infraero é uma empresa pública federal brasileira fundada em 1973 e, atualmente, responsável pela administração de 37 aeroportos públicos no Brasil. Ela já contou em 2011 com 66 aeroportos. Segundo a ICAO, em 2017, seus aeroportos representavam quase 66% do tráfego de passageiros na América Latina e no Caribe.



Figura 1
Aeroporto de Vitória,
Espírito Santo, Brasil,
antes e depois da con-
clusão das obras.

2. Soluções BIM para projetos de engenharia aplicadas no Aeroporto de Vitória-ES

Os usos BIM apresentados nesse trabalho são aqueles realizados durante o desenvolvimento e adequação dos projetos, execução das obras de ampliação do Aeroporto de Vitória-ES e aqueles, que, mesmo que não foram executados durante as fases de projeto e de obra, foram ensaiados após a execução da modelagem total do aeroporto. Algumas funções foram testadas nos modelos BIM e despontam como sugestões para aplicações em outros aeroportos brasileiros a fim de elevar o desempenho de seus entregáveis e processos.

2.1. Soluções em BIM para projetos de sinalização para aeroportos

Um aeroporto necessita contemplar um conjunto de sistemas de sinalização a fim de orientar as aeronaves também em transito em solo. Como exemplos, tem-se os

equipamentos de sinalização horizontal (demarcações no pavimento) e vertical (placas verticais de sinalização). Para o Aeroporto de Vitória foi necessário adequar os projetos existentes à época a fim de atender às novas demandas. Havia restrições de prazos para a conclusão dos projetos e também necessidades de discussões em relação a soluções para atendimentos às áreas clientes. O uso da metodologia BIM possibilitou melhor visualização e entendimento das soluções, potencializar a gestão da informação, maior assertividade nos processos e celeridade para resolução de inconsistências. Proporcionaram-se também ganhos operacionais para o aeroporto e eficiência na geração de documentação técnica e de levantamento de quantidades. A modelagem da sinalização horizontal foi realizada no *software* Revit (Autodesk) e as simulações do trajeto de aeronaves em solo foram realizadas no *software* Path-Planner (Transoft Solutions) (Figura 2).

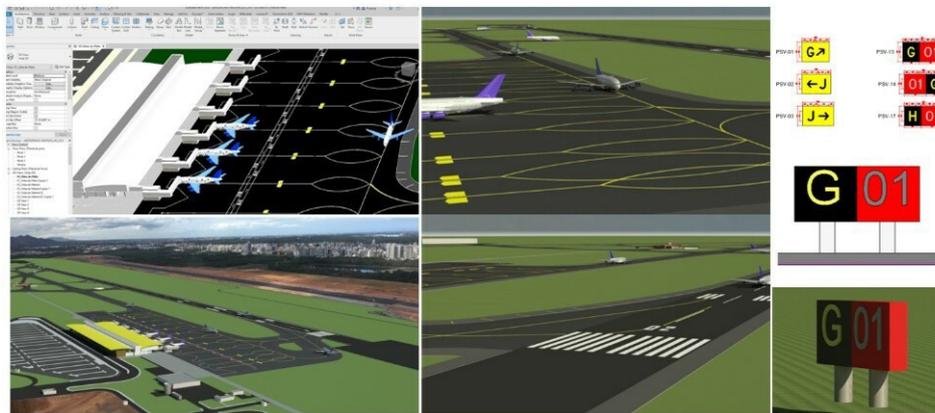


Figura 2
Desenvolvimento dos projetos de sinalização horizontal e vertical.

2.2. Soluções em BIM para projetos de pontes de embarque

Havia um projeto anterior para o terminal de passageiros e para as pontes de embarque, entretanto, em função da necessidade de adequação do projeto às novas demandas operacionais do aeroporto, como a nova configuração de mix de aeronaves e inclusão de novas posições remotas, foi necessário projetar uma nova configuração de pontes fixas. As novas pontes fixas precisariam atender a algumas premissas, como: a) proporcionar o maior espaço possível para áreas de equipamentos de rampa e de espera; b) otimizar o fluxo operacional no pátio no que se refere ao trânsito de veículos e de serviços; c) atender às inclinações máximas admissíveis para pessoas com necessidades especiais, conforme a norma brasileira ABNT NBR 9050; d) atender às alturas mínimas e máximas das soleiras de acesso às aeronaves previstas no mix de aeronaves do aeroporto; e) contemplar um partido arquitetônico que harmonizasse com o projeto do terminal de passageiros; f) liberar aos passageiros os visuais na sala de embarque em relação ao pátio de aeronaves; g) atender como saídas de emergências e acesso a posições remotas, dentre outros. Para atendimento às posições remotas e saídas de emergências foram projetadas torres que possuíam, em seu interior, circulações verticais. Adotou-se o BIM para avaliar as soluções estéticas e funcionais possíveis, possibilitando investigar diferentes soluções de projeto beneficiando-se com a parametrização dos componentes.



Figura 3
Desenvolvimento do projeto e construção final das novas pontes de embarque.

2.3. Edifício do Corpo de Bombeiros e reabastecimento de caminhões contra incêndio

O BIM foi adotado para avaliar soluções estéticas e funcionais para o ponto de reabastecimento dos veículos de combate a incêndio. Pensou-se em uma torre de abastecimento que contemplasse altura que não impactasse nos visuais livres dos controladores de voos em relação aos pontos críticos do aeródromo. O volume mínimo de água para o reservatório superior deveria ser atendido, assim como o adequado funcionamento hidráulico das instalações. Adotou-se também o BIM para investigar soluções estéticas e funcionais para a edificação em face das adequações de projeto solicitadas pelas áreas clientes do aeroporto.



Figura 4
Projeto do Edifício do Corpo de Bombeiros.

2.4. Soluções em BIM para projetos de superfícies livres de obstáculos em aeroportos

É necessário contemplar também em aeroportos projetos de superfícies imaginárias, tridimensionais, denominadas superfícies livres de obstáculos. Estas apresentam dimensões, configurações e inclinações específicas, conforme a classificação do aeródromo. São conhecidas, dentre outras denominações, como: faixas de pista, superfície de transição, superfícies de aproximação e de decolagem, superfície cônica, dentre outras. Após a modelagem total do aeroporto, foi possível também modelar as superfícies livres de obstáculos adotando-se o software Revit (Autodesk). Após isso, o modelo foi importado para o software Infracore (Autodesk), ambiente integrador de sistemas de informações geográficas (SIG) e BIM, onde foi possível agregar precisão geográfica aos modelos (Figura 5). Assim, foi possível avaliar, com precisão, se havia elementos conflitantes com essas áreas de segurança. Foi possível também: a) atualizar as superfícies, facilmente, no caso de alterações na classificação do aeroporto ou simulações de alternativas de mix de aeronaves; b) auxiliar no processo de concepção e projeto de edificações ou equipamentos no aeródromo; c) monitorar os trabalhos de ampliação da infraestrutura, operacionais e de segurança que possam vir a ocorrer no aeroporto; d) incorporar aos modelos informações não gráficas,

como: altura máxima e área de abrangência máxima de cada elemento; inclinações; código de referência do aeródromo; dados do processo de certificação do aeródromo; normas e legislações relacionadas; planos de emergências e manual de certificação do aeródromo, histórico de erros e violações, dentre outras.



Figura 5
Modelagem das superfícies livres de obstáculos no aeroporto.

A fim de elevar a acurácia em relação a elementos que possam promover conflitos com as superfícies livres de obstáculos, adotaram-se também procedimentos de detecção de conflitos, adotando o software de verificação Navisworks (Autodesk). O modelo BIM no *software* Infracore foi exportado para o Navisworks (Autodesk), sendo possível avaliar, de forma automática, inconsistências e produzir relatórios.

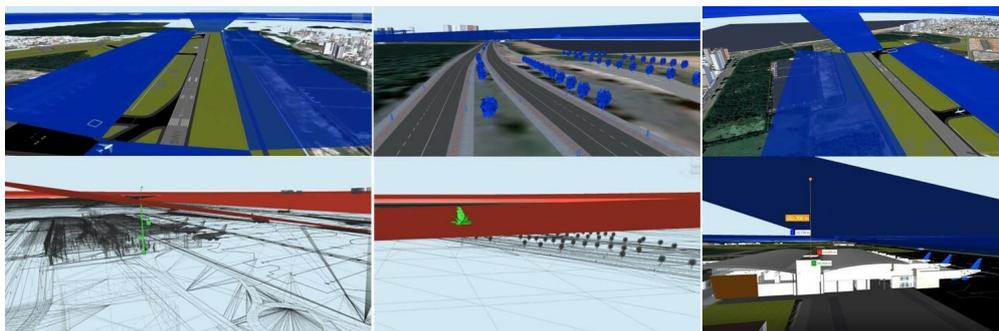


Figura 6
Detecção de interferências para as superfícies livres de obstáculos.

2.5. Automatização de processos para criação de filtros, exportação e criação de elementos

Visando elevar o desempenho na execução de projetos e executar ações não contempladas pelos softwares disponíveis, é possível desenvolver programações visuais visando executar rotinas desejadas. O uso do software Dynamo (Autodesk) pontua-se como uma importante solução. A partir da modelagem total do aeroporto, foram adotadas rotinas visando a identificação de itens específicos do modelo e, a partir de critérios predefinidos, foram adotadas simbologias de cores para identificação dos itens investigados. No exemplo a seguir, necessitou-se identificar áreas superiores a 5.000 m² para a execução de pavimentos. Estas poderiam exigir procedimentos de trabalhos específicos para a execução, tais como referentes a equipamentos e a mão de obra. Esses critérios foram arbitrados para fim de estudo em relação à mencionada solução BIM. Assim, foi possível selecionar elementos específicos no modelo para

investigação de suas informações gráficas e não gráficas e para procedimentos como levantamento e extração de quantidades (Figura 7).

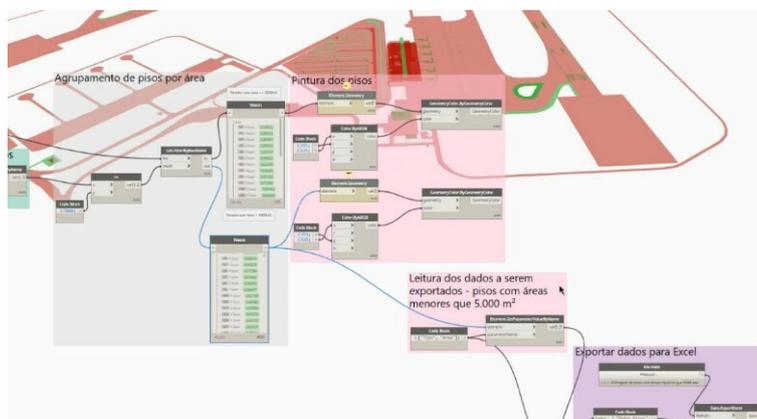


Figura 7
Uso de automação para a identificação de componentes específicos no modelo.

É possível também, por meio de programação visual, transformar elementos 2D, como linhas, desenvolvidas no Autocad (Autodesk), em objetos BIM. Esta função pode ser benéfica para, por exemplo, transformar linhas desenvolvidas em 2D em componentes de paredes ou de pisos no Revit (Autodesk) que podem simbolizar sinalização horizontal no pavimento (Figura 8).

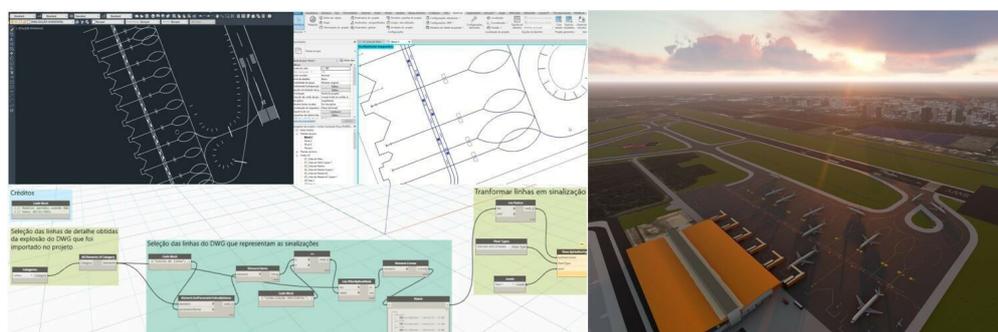


Figura 8
2D em CAD para criação de componentes BIM, como sinalização no pavimento.

2.6. Uso de Power BI integrado ao modelo BIM e geração de BIM 4D.

Outra solução a ser adotada em aeroportos é o uso de recursos de Big Data de forma integrada com modelos BIM. Assim, ao atualizar os modelos BIM, os dados relacionados podem ser atualizados de maneira automática, possibilitando a visualização e compreensão dos resultados por toda a equipe envolvida, com celeridade e eficiência. Em um aeroporto, onde há necessidade de gestão de informações diversas e estas devem ser disponibilizadas e compreendidas por equipes múltiplas, é fundamental o uso dessa integração. Neste caso, usou-se o Power BI (Microsoft) integrado ao modelo BIM, desenvolvido no *software* Revit (Autodesk). Além desse procedimento ser fundamental para o melhor entendimento do Projeto em etapas iniciais do

processo de desenvolvimento – onde há maiores possibilidades de alteração com menores impactos no custo – este modelo integrado pode ser adotado em todo o ciclo de vida do empreendimento. Foram adotados para a identificação de quantitativos e para avaliação da proposta de cronograma para a execução da obra. Neste último, adotou-se o Navisworks (Autodesk) vinculando o cronograma da obra ao modelo tridimensional (BIM 4D) podendo visualizar a simulação da construção e sincronizar os resultados no Power BI (Fig. 9).

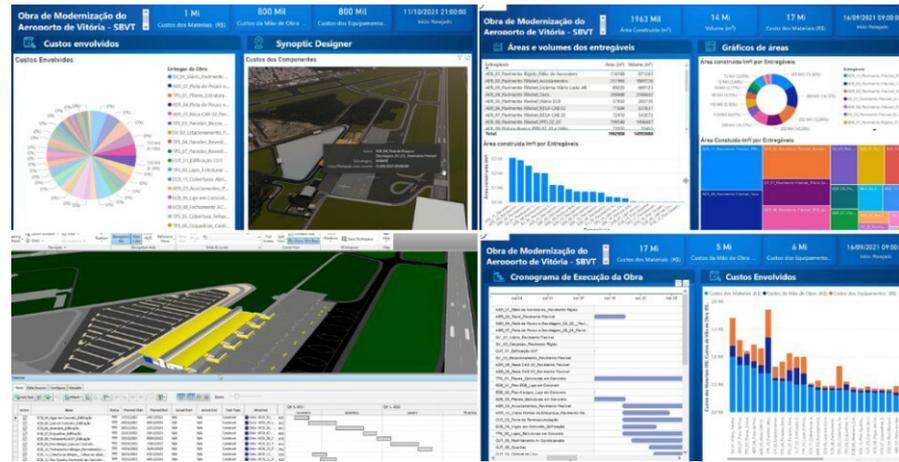


Figura 9
Uso do Power BI integrado ao modelo BIM.

2.7. Resumo gráfico das soluções BIM adotadas

A partir do Resumo Gráfico referente às soluções BIM apresentadas nesse trabalho (Figura 10), pode-se constatar que as modelagens foram realizadas, basicamente, no software Revit. As informações gráficas e não gráficas dos modelos foram integradas ao Power BI, disponibilizando informações para às áreas clientes do aeroporto e para a equipe de desenvolvimento dos projetos. Após isso, os modelos são inseridos em um ambiente integrado envolvendo BIM e SIG possibilitando agregar precisão às avaliações e incorporar componentes de base de dados oficiais. Após isso, o modelo pode ser verificado em um software de verificação de modelos (Navisworks) a fim de investigar se há elementos conflitantes entre disciplinas e com as superfícies livres de obstáculos.

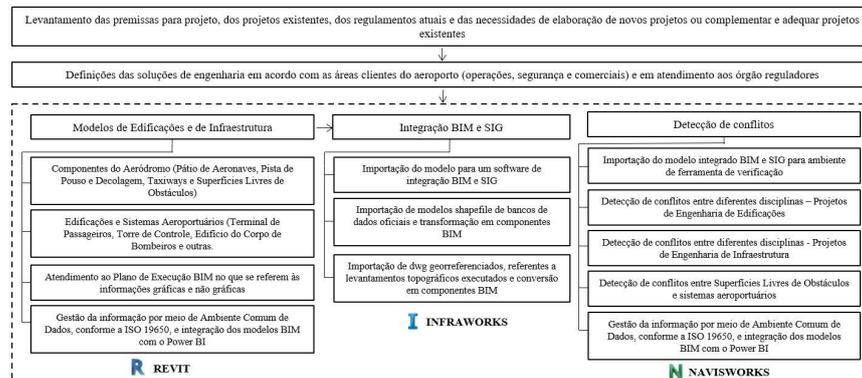


Figura 10
Resumo gráfico referente às soluções BIM apresentadas.

3. Benefícios alcançados e esperados

A Tabela 1 demonstra os principais benefícios obtidos com as soluções BIM apresentadas.

Tabela 1
Soluções BIM adotadas e benefícios identificados.

Soluções BIM Adotadas	Momento de execução	Softwares Envolvidos	Usos BIM	Benefícios
Projetos de Sinalização	Durante as obras de ampliação do aeroporto (DO)	Revit e PathPlanner	Visualização do modelo (V), geração de documentação técnica (D) e levantamento de quantidades (L)	Elevação do desempenho dos projetos (velocidade de execução e qualidade) (DES)
Nova configuração de pontes de embarque	DO	Revit e Pathplanner	V, D e L	DES
Solução para o Edifício do Corpo de Bombeiros	DO	Revit	V, D e L	DES
Definição das superfícies livres de obstáculos	Ensaio após a modelagem total do complexo aeroportuário (EN)	Revit, Infraworks e Navisworks	Deteção de Interferências	Elevação da segurança do aeroporto e uso do modelo durante todo o ciclo de vida do ativo DES
Automatização de rotinas	EN	Revit e Dynamo	Automatização do processo de trabalho	DES
Integração BIM e Power BI	EN	Power BI, Revit e Navisworks		Confiabilidade da informação disponibilizada e melhoria na gestão da informação

4. Conclusão

Constataram-se, durante os processos de execução dos projetos e das obras, elevação da qualidade dos entregáveis e atendimento aos cronogramas. O uso da metodologia BIM apresentou potencial de automatização de processos, melhoria na gestão da informação e mitigação de retrabalhos. Em um ambiente aeroportuário; onde há necessidades diversas de compartilhamento de informações em setores multidisciplinares, com diferentes níveis de maturidade BIM; benefícios como de visualização de modelos e capacidade de encapsulamento de dados, podem ser estrategicamente aproveitados visando otimizar processos. Em relação aos ensaios apresentados a partir da modelagem total do aeroporto, verificam-se potenciais para a adoção em aeroportos brasileiros, principalmente, no que se referem ao uso de automatização de processos, uso do Power BI integrado ao modelo BIM e detecção de interferências com relação às superfícies livres de obstáculos. Pretende-se que as soluções aqui propostas sejam replicadas, adaptando-se às características e às demandas de cada aeroporto, visando a redução de custos de projetos e relacionados à execução de empreendimentos, alcance dos objetivos estratégicos do aeroporto e proporcionar elevação da segurança aeroportuária.

Referências

- [1] S. Young, A. Wells. *Aerportos: planejamento e gestão*. 6 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [2] Abbondati *et al.* *I-BIM for existing airport infrastructures*. AIIT 2nd International Congress on Transport Infrastructure and Systems in a changing world (TIS ROMA 2019), 23rd-24th September 2019, Rome, Italy. *Transportation Research Procedia*, 45 (2020) 596–603
- [3] J. Li, M. Kassem, Ciribini, A. L. C., Bolpagni, M., 2019a. *A proposed approach integrating DLT, BIM, IOT and smart contracts: Demonstration using a simulated installation task*. In: International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC) Driving Data-Informed Decision-Making. ICE, pp. 275-282
- [4] J. C. Cheng, Q. Lu, Y. Deng. Analytical review and evaluation of civil information modeling. *Automat. Constr.* 2016, 67, 31-47.
- [5] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2016. *Building Information Modeling for Airports*. Washington, DC: The National Academies Press.
- [6] Alvarez *et al.* Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT. *Journal of Air Transport Management* 90 (2021)
- [7] Biancardo *et al.* BIM Approach for Modeling Airports Terminal Expansion Infrastructures 2020, 5, 41
- [8] B. Keskin, B. Salman. Building Information Modeling Implementation Framework for Smart Airport Life Cycle Management *Transportation Research Record* 2020, Vol. 2674(6) 98–112
- [9] R. Aish, *Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD*. Proc., International Symposium on the use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, Bath, 1986.
- [10] S. Neath, R. Hulse, and A. Codd, “Building Information Modelling in Practice: Transforming Gatwick Airport, U.K.”, *Civil Engineering*, Vol. 167, Issue CE2, 2014.
- [11] M. Ball, “*Denver’s Airport Expansion Primes a Push toward BIM for Facility Management*”, *Informed Infrastructure*, 2015 [Online]. Available: <https://informedinfrastructure.com/6773/bim-for-denver-airport-expansion/?print=pdf>. buildingSMART UK, “Investing in BIM Competence,” buildingSMART UK, Watford, 2010.
- [12] M. Petruccio, B. Morton, S. A. Jones, D. Laquidara-Carr, S. Lubrano, A. Lorenz, T. Yamada, B. Buckley, K. Logan, and S. Barnett. *The Business Value of BIM for Infrastructure 2017*. SmartMarket Report. Dodge Data & Analytics, Bedford, MA, 2017.