COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM BIM: IMPLEMENTAÇÃO AUTOMATIZAÇÃO DE CONFLITOS EDIFICAÇÕES COM MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

Nayamma Almeida da Silva[1], Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva[2]

[1]A Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal (nayammaa@gmail.com)
[2]Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Departamento de engenharias, Caraúbas, Brasil

Resumo: A crescente complexidade da construção civil exige maior eficiência na compatibilização de projetos. Este estudo desenvolveu e avaliou regras automatizadas para detecção de conflitos em modelos BIM com o BIMcollab ZOOM. Em estudo de caso real, foram identificadas 141 incompatibilidades e 3.602 conflitos potenciais automatizados. Os resultados evidenciam que a automação amplia a precisão, reduz retrabalhos e aprimora a qualidade técnica na coordenação de projetos.

Palavras-chave: modelagem da construção; construção civil; automatização de projetos; compatibilização de projetos; BIM.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem passado por transformações significativas impulsionadas pela incorporação de tecnologias digitais voltadas à otimização de processos e ao aumento da eficiência produtiva. Dentre essas tecnologias, destaca-se a Modelagem da Informação da Construção *(Building Information Modeling* – BIM), que possibilita a integração de informações multidisciplinares em modelos digitais inteligentes, promovendo maior controle e precisão no desenvolvimento de projetos (EASTMAN et al., 2014).

Apesar de bastante utilizado em outros países ao redor do mundo, o BIM tornou-se obrigatório apenas em 2021 no Brasil. Desenvolvido em 1974 pelo professor Charles M. Eastman, o conceito BDS (Building Description System) visou a passagem dos projetos realizados em papel para a utilização de sistemas computacionais (EASTMAN et al., 2014). Van Nederveen e Tolman (1992) abordaram pela primeira vez o termo BIM ao tratar da necessidade de integralização e compatibilização dos projetos.

Além de toda essa evolução tecnológica, o BIM não é apenas uma proposta 3D, esta modelagem agrega diversas dimensões: 3D (modelagem paramétrica), 4D (planejamento/análise de tempo), 5D (orçamento/análise de custo), 6D (sustentabilidade), 7D (gestão da manutenção) e 8D (segurança). A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) realizou pesquisa em 2022 onde constatou que apenas 25,5% dos profissionais de engenharia do Brasil conhecem os usos específicos do BIM aplicados à tecnologia 4.0.

Segundo Fridrich e Karel (2014), todas as possibilidades do BIM facilitam e otimizam o trabalho, resultando na redução da produção da construção, agregando valor e diminuindo desperdícios de tempo e dinheiro. A compatibilização de projetos consiste em encontrar e resolver conflitos entre projetos distintos, tendo em vista aspectos construtivos, operacionais e de manutenção (KORMAN; TATUM, 2000). A maior vantagem da compatibilização de projetos é a redução das interferências e a reparação do erro antes da execução da obra, evitando custos não orçados e atrasos no cronograma (RILEY; HORMAN, 2001).

Apesar dos avanços proporcionados pela metodologia BIM, muitas empresas ainda realizam a identificação de incompatibilidades entre projetos por meio de inspeções visuais manuais, procedimento que pode comprometer a eficiência da análise, aumentar o tempo de revisão e elevar a probabilidade de falhas não detectadas.

A identificação tardia de conflitos entre disciplinas, como arquitetura, estrutura e instalações prediais, pode ocasionar retrabalhos, atrasos no cronograma e aumento expressivo dos custos de execução. Nesse contexto, a utilização de mecanismos automatizados de verificação surge como alternativa estratégica para tornar o processo de compatibilização mais preciso, padronizado e rastreável.

Dessa forma, este estudo busca investigar a aplicação de regras automatizadas de detecção de conflitos em ambiente BIM, utilizando o software BIMcollab ZOOM como ferramenta de suporte à coordenação de projetos..

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem quali-quantitativa e procedimento metodológico fundamentado em estudo de caso. A investigação foi desenvolvida a partir da análise prática de um empreendimento submetido ao processo de coordenação e compatibilização de projetos em ambiente BIM.

O empreendimento analisado está localizado no município de Recife, Pernambuco, Brasil. O estudo teve como ponto de partida a compreensão dos conceitos da Modelagem da Informação da Construção (BIM) e sua relevância para a construção civil. Posteriormente, investigou-se a aplicação prática dessa metodologia em uma empresa especializada do setor.

Para a coleta de dados, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os diretores da empresa, visando compreender o processo de planejamento desenvolvido por meio da plataforma ClickUp. Além disso, foi disponibilizado um projeto real para análise do fluxo de interoperabilidade, identificação de incompatibilidades e implementação de verificações automatizadas em ambiente BIM.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

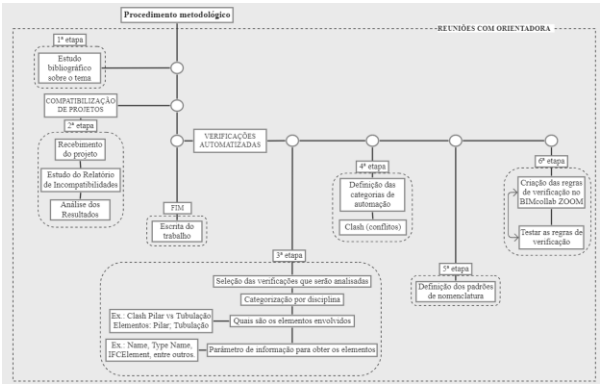


Figura 1. Procedimentos metodológicos do trabalho - Fluxograma. (Autoria própria, 2023).

Atores do processo

Para atender aos objetivos propostos, realizou-se a análise completa do processo de desenvolvimento e compatibilização do projeto, por meio de entrevistas com profissionais especializados em gestão e coordenação de projetos com aplicação da metodologia BIM, vinculados à empresa Projete 5D.

A empresa é responsável pela modelagem do projeto arquitetônico, originalmente recebido em formato bidimensional (AutoCAD), pelo desenvolvimento dos projetos complementares, pela compatibilização entre disciplinas e pela elaboração dos relatórios técnicos de incompatibilidades.

Fundada em 2018, a Projete 5D destaca-se como uma empresa pioneira na região Nordeste na área de coordenação de projetos, oferecendo soluções voltadas ao aprimoramento da qualidade técnica no setor da construção civil. Participaram ainda do processo a Empresa X, responsável pela contratação e execução da obra, e a Empresa Y, encarregada da elaboração e envio dos projetos.

O empreendimento

O empreendimento analisado consiste em um edifício residencial multifamiliar localizado no município de Recife, Pernambuco. O projeto é composto por unidades residenciais com áreas construídas de 28 m² e 45 m², distribuídas em apartamentos de um e dois quartos.

A edificação possui 23 pavimentos, com cinco apartamentos por andar, além de dois pavimentos destinados a estacionamento. O empreendimento dispõe ainda de área gourmet, playground, sala fitness e piscina panorâmica. A Figura 2 apresenta a planta baixa do pavimento-tipo do empreendimento.



Figura 2. Planta layout do pavimento tipo. (Projete 5D, 2022).

O processo de trabalho

A empresa adota integralmente o regime de trabalho remoto. As reuniões de coordenação de projetos são realizadas por meio da plataforma *Gather*, enquanto os arquivos e documentos são armazenados no *Google Workspace*.

Ao receber um novo projeto, este é inicialmente armazenado no ambiente digital da empresa. Quando o arquivo é disponibilizado em formato DWG, realiza-se sua modelagem tridimensional no software Revit. Após a conclusão dessa etapa, o modelo é exportado para o formato IFC e posteriormente inserido no software BIMcollab ZOOM para execução da compatibilização.

Durante o processo de análise, as incompatibilidades são identificadas por meio do passeio virtual no modelo tridimensional e registradas em relatórios técnicos. Após o envio das notificações aos projetistas responsáveis, as revisões são reenviadas à empresa para nova verificação, dando continuidade ao ciclo de análise e retroalimentação. A Figura 3 sintetiza o fluxo operacional adotado pela empresa.

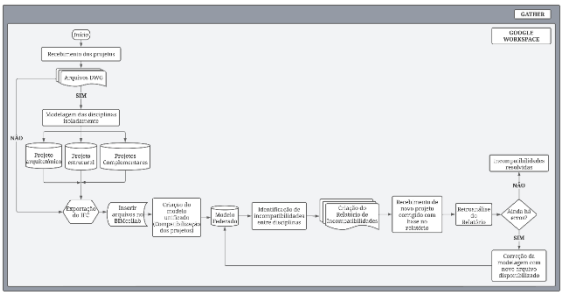


Figura 3. Processo de coordenação de projetos. (Autoria própria, 2023).

Ferramentas digitais e softwares utilizados

- Gather: O Gather é uma plataforma de comunicação por vídeo baseada em ambientes virtuais interativos, projetada para tornar as interações remotas mais dinâmicas e imersivas. Na empresa estudada, é utilizado para reuniões internas e entrevistas técnicas.
- Google Workspace: O Google Workspace é um conjunto de ferramentas colaborativas que inclui armazenamento em nuvem, edição de documentos, planilhas, apresentações e comunicação corporativa. A plataforma é utilizada para organização e armazenamento de documentos, projetos e registros gerenciais.
- ClickUp: O ClickUp é uma plataforma de gerenciamento de projetos que permite o acompanhamento de tarefas, prazos e equipes. Na empresa, cada empreendimento é estruturado em três etapas: Construção Virtual 01 (CV01), Construção Virtual 02 (CV02) e Construção Virtual 03 (CV03), organizando as atividades conforme o nível de detalhamento do projeto.
- AutoCAD: O AutoCAD é um software CAD amplamente utilizado para elaboração de projetos bidimensionais. Na empresa estudada, é o formato inicial frequentemente recebido para posterior modelagem tridimensional.
- Revit: O Revit é um software voltado à modelagem da informação da construção, utilizado para o desenvolvimento de modelos tridimensionais integrados. Por meio dele, são elaborados os modelos arquitetônicos, estruturais e complementares.
- BIMcollab – KUBUS: BIMcollab é um software de propriedade da KUBUS, uma empresa localizada na Holanda, Europa. Esse software, cuja finalidade é o gerenciamento de problemas e validação de modelos, ajuda a indústria da construção a otimizar os fluxos de trabalho com o auxílio da metodologia BIM. Além disso, gerencia as incompatibilidades da maneira mais eficiente:
  - Conecta as ferramentas: permite a visualização dos resultados obtidos em plataformas de verificação de modelos diretamente nos softwares de modelagem BIM;
  - Sempre no controle: Todas as *issues* (incompatibilidades), relatórios e comunicação em apenas um software;
  - Integrações dos projetos no formato IFC.

Compatibilização dos projetos

O processo de compatibilização é realizado no BIMcollab ZOOM por meio da visualização tridimensional integrada do empreendimento. O ambiente virtual permite a navegação pelo modelo e a identificação de interferências entre disciplinas. A Tabela 1 apresenta a descrição dos recursos presentes no BIMcollab ZOOM.

Relatório de Incompatibilidades

Com o BIMcollab Zoom a empresa desenvolve relatórios de incompatibilidades, sendo possível destiná-los as partes interessadas, utilizando alguns recursos disponíveis no software, como: prazos, urgência de resposta, disciplinas envolvidas, fase do empreendimento, comentários, descrições, títulos, entre outros.

Antes de iniciar o registro das incompatibilidades, ajustou-se o servidor para o padrão de notificação da empresa. Foi adicionado os tipos de incompatibilidades (Conflito, Concepção de projeto, Falha de representação, Inconsistência Técnica e Ausência), as áreas do empreendimento (Pavimento Semienterrado, Pavimento Térreo, Pavimento Vazado 01, Pavimento Tipo, entre outros) onde podem acontecer as incompatibilidades, as prioridades de resposta (simples, normal e crítica), as milestone (Construção Virtual 01, Construção Virtual 02, Construção Virtual 03), os labels (Arquitetura, Estrutura, Elétrica, Telefonia, Gás, Incêndio, Hidrossanitário, SPDA, Climatização, Pavimentação, Fundações, entre outros), como também o cadastro dos profissionais responsáveis. Após isso, iniciou-se a elaboração do Relatório de Incompatibilidades. Esses relatórios são encaminhados aos projetistas

responsáveis, permitindo o acompanhamento e a resolução das inconsistências detectadas.

Tabela 1. Recursos do BIMcollab ZOOM (Autoria própria, 2023)

Representação	Recursos do BIMcollab Zoom	Descrição
	Navegação fluida	Alta qualidade de imagem e navegação fluida para todos os arquivos.
	Comparti lhamento ágil	Inserção de parceiros com atualizações simultâneas e compartilha dados BIM na nuvem.
	Detecção de conflitos	Fácil visualização através do passeio virtual e as Smart View (adição de cores nos elementos).
	Estruturação de dados BIM	Cria propriedades únicas e classificações com Smart Properties.
	Extração de dados do modelo	Criação próprias de listas dinâmicas, com buscas detalhadas das quantidades que você precisa.
	Relatórios do Power BI	Utilização dos dados do modelo BIM para alimentar painéis de indicadores customizados dos projetos em tempo real.

Verificações automatizadas

A verificação automatizada de conflitos em BIM envolve um conjunto estruturado de atividades, diretrizes e padrões, indo além da simples utilização de softwares (FERNANDES; FORMOSO; TZORTZOPOULOS-FAZENDA, 2018).

Enquanto o sistema computacional aplica regras predefinidas ao modelo BIM e retorna resultados para comparação, o método de verificação requer preparação prévia dos dados e definição adequada dos parâmetros de análise (BORRMANN; RANK, 2010).

O processo de verificação automatizada pode ser dividido em quatro etapas: (a) estudo e seleção das regras; (b) especificar os parâmetros do modelo por meio da criação de diretrizes de modelo e classificações de objetos; (c) executar as regras; e (d) analisar os resultados (EASTMAN *et al.*, 2009). Ainda de acordo com os autores, a etapa de execução da verificação (aplicação no software) pode ser subdividida em duas etapas: a primeira diz respeito a utilização do software de modelagem BIM; e a segunda deve acontecer através de um programa de verificação.

Em complemento as etapas mencionadas anteriormente, Sacks *et al.* (2021) informam a importância de preparar o projeto para que para que a ferramenta possa ser utilizada de forma satisfatória, o que acontece de três formas: inserindo no modelo informações que precisam ser verificadas; verificando a consistência do modelo no programa; classificando os objetos do modelo (SACKS *et al.*, 2021).

Automatização dos conflitos

Como proposta de aprimoramento para a empresa estudada, investigou-se a viabilidade da aplicação de verificações automatizadas de conflitos nos empreendimentos desenvolvidos. Até o momento da pesquisa, a análise de incompatibilidades era realizada exclusivamente por meio do passeio virtual no software BIMcollab ZOOM, procedimento que depende diretamente da inspeção visual do analista.

Dessa forma, este tópico apresenta as etapas necessárias para a criação e implementação de regras automatizadas de detecção de conflitos, visando tornar o processo de compatibilização mais eficiente, preciso e sistematizado.

- Definição das categorias de automação:

A categoria de automação adotada neste estudo foi a funcionalidade *Clash* (conflito), destinada à identificação automática de interferências entre diferentes disciplinas do projeto.

- Definição das categorias de automação:

As disciplinas consideradas para as verificações foram: Arquitetura (ARQ), Estrutura (EST), Hidráulica (HID), Esgoto (ESG), Elétrica (ELE) e Incêndio (INC). A seleção dessas disciplinas ocorreu em razão da elevada incidência de incompatibilidades observadas entre seus elementos durante o processo de compatibilização manual.

- Definição do padrão de nomenclatura

A padronização da nomenclatura dos elementos do modelo é uma etapa fundamental para garantir a

confiabilidade das verificações automatizadas. Em muitos casos, torna-se necessária a classificação manual dos objetos para evitar inconsistências que possam comprometer os resultados da análise.

Segundo Nawari (2012), a nomenclatura padronizada é imprescindível para a geração de dados testáveis em sistemas automatizados. Esse cuidado justifica-se pelo fato de que ambiguidades e imprecisões, comuns na comunicação humana, podem interferir diretamente na correta interpretação computacional dos objetos modelados (SAUSSURE, 2004).

- Criação das regras de verificação no BIMcollab ZOOM:

A configuração de regras de detecção de conflitos no BIMcollab ZOOM está organizada em conjuntos de regras, nos quais podem ser agrupadas verificações com objetivos semelhantes.

Antes da criação dessas regras, dois requisitos iniciais devem ser atendidos:

- iniciar o BIMcollab ZOOM com uma licença ativa, uma vez que a versão gratuita apresenta limitações para a funcionalidade de detecção de conflitos;
- inserir previamente o modelo BIM no software para possibilitar a execução das análises.

Após essas etapas preparatórias, o cadastramento das regras de verificação é realizado em sete etapas, sendo elas:

I. Clicar na guia 'Clash', selecionar a pasta Local. Então, para criar um conjunto de regras clicar no botão '+' ou clicar com o botão direito e 'adicionar conjunto de regras do Clash'
II. Inserir um nome e uma descrição clara ao conjunto de regras do Clash
III. Selecionar o conjunto de regras do Clash recém-criado, adicionar uma regra do Clash a este conjunto clicando no botão '+' novamente ou clicando com o botão direito do mouse no conjunto de regras, selecione “Adicionar regra de Clash”.
IV. Nomear à regra do Clash
V. Definir os elementos para detecção de Clash
VI. Definir os detalhes de uma regra do Clash. Após isso, clica-se em salvar.
VII. Para executar a regra Clash clica-se com o botão direito do mouse sobre ela e escolhe a opção 'Executar'. Também é possível executar um conjunto completo de regras do Clash, realizando um duplo clique no conjunto de regras do Clash ou clicando no botão 'Executar' para executar todos os conjuntos de regras do Clash ao mesmo tempo.

Para definir os parâmetros de regras, é necessário adicionar informações aos espaços destacados etapa V tanto para o “Conjunto de Fontes” quanto para o “Conjunto de Alvos”. Para isso, tem-se as definições de cada parâmetro:

- Tipo de elemento: tipos de IFC sobre os quais esta regra se refere;
- Propriedade: propriedade que define os elementos desta regra;
- Operador: valor da propriedade, a menos que seja textual, depois preenche-se o valor na próxima etapa. O menu suspenso do operador depende da propriedade escolhida;
- Valor: Preencha o valor, se necessário;
- Ação: Escolha uma das opções (“Adicionar”, “Remover”, “Remover outros”, ‘E...”). Após escolher 'E...', um novo parâmetro de regra é adicionado automaticamente para definir melhor o parâmetro já adicionado.

Na etapa 6, quando os elementos a serem verificados são definidos, é possível limitar as interferências que serão encontradas com outras configurações

- Tipo: determina se a verificação ocorrerá por Confrontos, Duplicatas ou ambos.
- Tolerâncias: substitui as tolerâncias padrão em relação ao tamanho da caixa de interferência, volume ou ambos.
- Incluir *clashes* de um único: define se o resultado pode conter interferências cujos elementos em conflito são encontrados no mesmo modelo, sistema ou componente.
- Descrição: descreva a regra de forma clara para que sua finalidade seja facilmente identificável.

Após executar a(s) regra(s) Clash, as interferências aparecem na parte 'Resultados' logo abaixo das regras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compatibilização de projetos – Relatório de Incompatibilidades

A utilização do BIMcollab possibilitou a visualização tridimensional do empreendimento, viabilizando o passeio virtual e a identificação sistemática de incompatibilidades entre as disciplinas envolvidas. A Figura 4 demonstra as imagens dos projetos compatibilizados e a Figura 5 apresentam a modelagem do empreendimento.

Os dados coletados até o momento da análise apontaram 141 incompatibilidades detectadas, das quais 83 permaneciam ativas e 58 já haviam sido resolvidas.

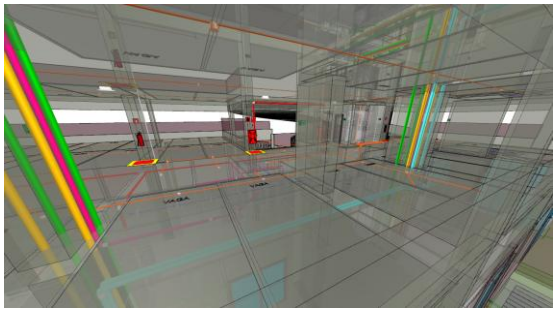


Figura 4. Compatibilização dos projetos no BIMcollab. (Autoria própria)



Figura 5. Empreendimento no BIMcollab. (Autoria própria)

Quanto à classificação por prioridade, 66 notificações foram categorizadas como "Críticas" — relativas a incompatibilidades que comprometem diretamente o andamento da obra —, 72 como "Normais" e 3 como "Simples", correspondendo a falhas de representação em prancha sem impacto significativo na execução. Entre as notificações críticas, a maior incidência ocorreu na interface entre os projetos de arquitetura e estrutura.

Em relação à natureza das ocorrências, foram identificadas: 65 notificações de "Falha de representação", caracterizadas por divergências entre vistas, cortes inconsistentes com plantas e incompatibilidades entre elementos gráficos e textuais; 30 de "Conflitos", referentes a confrontos físicos entre elementos de disciplinas distintas; 26 de "Ausência", decorrentes da falta de elementos, dados ou arquivos essenciais; e 20 de "Inconsistência Técnica", envolvendo não conformidades com legislação vigente, normas técnicas ou erros de dimensionamento.

Os resultados evidenciam que a coordenação de projetos via BIM vai além da simples identificação de problemas textuais: representa a antecipação de retrabalhos, redução de custos e otimização de processos — o que se convencionou chamar de "a obra antes da obra". Cabe destacar que a coordenação do empreendimento analisado ainda se encontrava em andamento, em fase de aprovação pela construtora, em conjunto com os projetistas e a empresa responsável pela coordenação.

Compatibilização de projetos – Visualização de conflitos

A detecção automática de conflitos no BIMcollab ZOOM apresenta os resultados diretamente no modelo tridimensional e na janela de resultados vinculada às regras Clash. Os pontos de interferência são sinalizados por caixas delimitadoras em vermelho, indicando com precisão o local de choque entre dois elementos, exibindo apenas a porção em conflito de cada componente.

A Figura 6 ilustra um exemplo de conflito detectado entre esquadria e elemento estrutural (viga). A interface do software permite ajustar as configurações de visualização para facilitar a interpretação e análise das interferências identificadas.

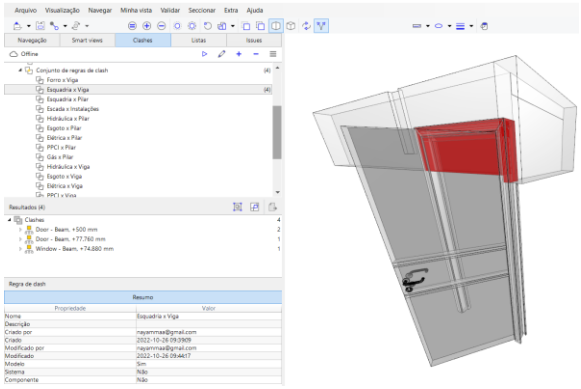


Figura 6. Resultado da regra Clash – Esquadria vs Viga. (Autoria própria)

Tabela de padronização

Para a configuração das regras Clash, foi necessário analisar individualmente cada par de elementos a ser verificado, definindo os parâmetros de confronto entre disciplinas — como janelas versus vigas, ilustrado na Figura 7.

Ao final da execução das regras, o conjunto criado resultou na detecção de 3.602 conflitos. É importante ressalvar, contudo, que parte desse total pode ser atribuída a inconsistências de modelagem, não

representando necessariamente incompatibilidades a serem notificadas aos responsáveis pelo projeto.

Conflito	Fonte	Tipo de elemento	Propriedade	Operador	Valor	Ação
ARQ x EST	Janela	Window	IFC Element	Contém	Window	Adicionar
ARQ x HID	Escada	Stair	IFC Element	Contém	-	Adicionar
ESG x EST	Tubulação e conexões	Pipe Fitting Pipe Segment	Type Type Name	Contém Contém	ESG	Adicionar Adicionar
HID x ESG	Tubulação e conexões	Pipe Fitting Pipe Segment	Type Type Name	Contém Contém	AF AF	Adicionar Adicionar
ARQ x EST	Porta	Door	IFC Element	Contém	Door	Adicionar

Conflito	Alvo	Tipo de elemento	Propriedade	Operador	Valor	Ação
ARQ x EST	Viga	Beam	IFC Element	Contém	-	Adicionar
ARQ x HID	Tubulação e conexões	Pipe Fitting Pipe Segment	Type Type Name	Contém Contém	AF AF	Adicionar Adicionar
ESG x EST	Viga	Beam	IFC Element	Contém	-	Adicionar
HID x ESG	Tubulação e conexões	Pipe Fitting Pipe Segment	Type Type Name	Contém Contém	ESG ESG	Adicionar Adicionar
ARQ x EST	Viga Pilar Laje	Beam Column Slab	IFC Element	Contém	-	Adicionar

Figura 7. Exemplo de padronização das verificações automatizadas.

Ainda, foi possível quantificar a ocorrência de *clashes* para cada regra criada no BIMcollab, sendo identificados 3.602 conflitos no conjunto de regras desenvolvido. Ressalta-se, entretanto, que parte desse total pode estar associada a inconsistências de modelagem ou configurações do modelo, não representando necessariamente incompatibilidades relevantes a serem notificadas aos responsáveis pelo projeto.

CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar regras automatizadas para detecção de conflitos em projetos compatibilizados em ambiente BIM, utilizando o software BIMcollab ZOOM. Os resultados demonstraram que a automatização das verificações constitui uma estratégia eficaz para ampliar a eficiência do processo de compatibilização, permitindo a identificação sistemática de conflitos entre disciplinas e contribuindo para maior precisão técnica na análise de modelos.

A identificação de incompatibilidades por meio da automação mostrou-se superior à inspeção exclusivamente manual, especialmente no que se refere à rastreabilidade, padronização e capacidade de processamento de grandes volumes de informações. Além dos benefícios técnicos, a aplicação prática da metodologia evidenciou potencial para redução de retrabalhos, mitigação de falhas executivas e otimização de custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Como limitação, destaca-se a dependência da qualidade da modelagem e da correta padronização das nomenclaturas dos elementos. Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação das verificações automatizadas para análise de conformidade normativa e avaliação quantitativa dos impactos econômicos decorrentes da prevenção de incompatibilidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Projete 5D pela disponibilização do empreendimento e à Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA pelo suporte ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. C. M. A Metodologia BIM 4D e BIM 5D Aplicada a um Caso Prático: Construção de uma ETAR na Argélia. Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP. Mestrado em Engenharia Civil, 2014.

BORRMANN, A.; RANK, E. Query Support for BIMs Using Semantic and Spatial Conditions Topological Analysis of 3D Building Models Using a Spatial Query Language. Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies, 2010.

CAMPESTRINI, T. F. et al. Entendendo o BIM. Curitiba, 2015.

EASTMAN, C. et al. Automatic Rule-Based Checking of Building Designs. Automation in Construction, v. 18, n. 8, dec. 2009.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM – Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERNANDES, G. V. H.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS-FAZENDA, P. Método para verificação automatizada de requisitos em empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. Ambiente Construído, v. 18, p. 259-278, 2018.

FRIDRICH, J.; KAREL, K. BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2014. ISSN 1877-0428.

GATHER TOWN. A better way for your remote team to build a culture. 2022. Disponível em: <https://www.gather.town/>. Acesso em: 15 out. 2022.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 1999.

GOOGLE. Como as equipes de todos os tamanhos se conectam, criam e colaboram. 2022. Disponível em: <https://workspace.google.com/intl/pt-BR/>. Acesso em: 15 out. 2022.

KORMAN, T. M.; TATUM, C. B. Computer Tool for Coordinating MEP Systems. In: Proceedings

of the Computing in Civil and Building Engineering (2000). ASCE California, United States, 2000. p. 1172-1179.

NAWARI, N. Automating Codes Conformance. Journal of Architectural Engineering, v. 18, n. 4, p. 315-323, dec. 2012.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa Social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

RILEY, D. R.; HORMAN, M. J. Effects of design coordination on project uncertainty. In: Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-9), Singapore, 2001.

SACKS, R. et al. Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Bookman Editora, 2021.

SAUSSURE, F. Curso de Linguística Geral. São Paulo: Cultrix, 2004.

UCM. Pesquisa mapeia uso de tecnologias digitais por engenheiros no Brasil. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), 2022. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/pesquisa-mapeia-uso-de-tecnologias-digitais-por-engenheiros-no-brasil>. Acesso em: 31 out. 2022.

VAN NEDERVEEN, G. A.; TOLMAN, F. P. Modeling multiple views on buildings. Automation in Construction, Amsterdam NL, v. 1, issue 3, p. 215-224, Dec. 1992.

.