

Recife 4 a 6 de Novembro 2015

VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção

Edificações, Infra-estrutura e Cidade: Do BIM ao CIM

ufpe.br/tic2015



BARREIRAS E OPORTUNIDADES PARA A VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS DA PRODUÇÃO NA FASE DE PROJETO COM USO DA TECNOLOGIA BIM¹

BARRIERS AND OPPORTUNITIES FOR AUTOMATED CODE CHECKING OF PRODUCTION REQUIREMENTS IN PROJECT DEVELOPMENT PHASE WITH BIM TECHNOLOGY

Caroline Kehl
Universidade Feevale
carolinek@feevale.br

Eduardo Luís Isatto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
isatto@ufrgs.br

Resumo

A etapa de produção de uma edificação demanda a consideração de requisitos específicos durante o processo de projeto. A possibilidade da tradução de tais requisitos na forma de regras abre a oportunidade da utilização da tecnologia BIM para avaliar a consideração desses requisitos através da análise crítica do modelo virtual da edificação. O presente artigo tem por objetivo analisar as barreiras e oportunidades do emprego de BIM para a verificação automática de requisitos da produção na fase de projeto, especificamente quanto ao processo de modelagem, ao conteúdo dos requisitos e sua expressão na forma de regras, aos tipos de regras decorrentes da produção e à identificação daqueles requisitos cuja verificação automática mostra-se inviável. Foi adotada como estratégia de pesquisa o estudo de caso, realizado em empresa construtora de grande porte, onde foram analisados os requisitos de projeto existentes a possibilidade de sua tradução na forma de regras. As principais conclusões do estudo dizem respeito a ligação que existe entre os requisitos a serem verificados e no nível de desenvolvimento do modelo, ao caráter dinâmico dos requisitos da produção, e a dificuldade envolvida em se traduzir determinados tipos de requisitos em regras e na sua verificação através de um modelo.

Palavras-chave: BIM. Requisitos. Code checking. Solibri. Produção.

Abstract

The construction process involves the consideration of many different design requirements. The possibility of the translation of those requirements as formal rules opens up the opportunity of using BIM technology to use computers to check in which extent a virtual model of the building follow those requirements. This article aims to analyze the barriers and opportunities for the use of BIM for the automated check of production requirements during the design phase, particularly in terms of the modeling process, the content of the requirements and their translation as formal rules, the types of production requirements and the identification of those requirement which translation as rules is not possible of feasible. The research adopted case study as the research strategy, which was conducted in a large construction company, and involved the analysis of project requirements used by the company and the possibilities for their translation as formal rules. The main conclusions of the study are related with the connection between rules formulation and the level of development of the model, the difficulties derived

¹ KEHL, C.; ISATTO, E. L. Barreiras e oportunidades para a verificação automática de regras da produção na fase de projeto com uso da tecnologia BIM. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.



from the dynamic nature of production requirements, and the feasibility of translation of certain types of production requirements as formal rules and their automated checking.

Keywords: BIM. Requirements. Code checking. Solibri. Production.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Fabricio et al. (1999) e Melhado e Agopyan (1995), o processo de projeto não pode ser tratado como uma etapa isolada e estanque às demais atividades que compõem a produção de edifícios. Durante o seu desenvolvimento, os requisitos dos usuários, dos empreendedores, dos projetistas, da construtora e do setor de suprimentos devem ser considerados e incorporados ao processo de projeto. Os especialistas devem ser colocados em contato com o caso o mais cedo possível. Isso deve ser feito de maneira orientada, a partir de um conjunto de diretrizes com a hierarquização das tarefas baseada nos objetivos do empreendimento e critérios voltados à qualidade (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Por envolver a concepção do produto através da elaboração de um modelo, ao invés de sua representação através de desenhos, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) afeta substancialmente o processo de desenvolvimento desse produto, o que faz com que sua adoção implique numa mudança de paradigma por parte das empresas.

Diversos autores têm estudado a implementação de BIM por parte das empresas sob os mais diferentes aspectos. Se por um lado Gu et al. (2010) apontam a falta de iniciativa e treinamento, a natureza fragmentada da AEC e a relutância da indústria em modificar os seus processos de trabalho como justificativa para o ainda baixo nível de implementação de BIM pelas empresas do setor, por outro lado diversas pesquisas, tais como as realizadas por Eadie et al. (2013) e McGraw Hill Construction (2013), indicam um crescente interesse pelas empresas em fazê-lo, principalmente pela possibilidade da identificação de incompatibilidades de projeto e de redução de erros e omissões durante a fase de projeto.

Tal interesse é plenamente justificável. Embora existam muitas opções de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para auxiliar na coordenação dos processos de projeto e produção em empreendimentos de construção, o BIM se destaca pela sua preocupação explícita com a interoperabilidade e coordenação entre intervenientes e plataformas.

Graças à tecnologia envolvida na construção do modelo BIM, é possível o trabalho concorrente dos diversos agentes, o que na prática pode significar um grande impulso para o advento da Engenharia Simultânea (MANZIONE, 2013). Como Silva et al. (2009) explicam, a Engenharia Simultânea (ES) consiste na formação de equipes multidisciplinares que envolvem diferentes profissionais de diversos setores. A utilização dos conceitos de ES permite aproveitar a tecnologia disponível, integrando as pessoas, de modo que o trabalho cooperativo seja estimulado.

A detecção de incompatibilidades de projeto (*clash detection*), assim como a verificação automatizada de normativas e regulamentações (*automated code checking*), baseia-se na possibilidade da verificação automática de um modelo BIM frente a um conjunto de regras previamente estabelecido, através de aplicativos específicos para este fim. A possibilidade de analisar o modelo de forma automática frente a um conjunto de regras abre uma série de possibilidades, dentre elas a verificação – ainda durante a elaboração do modelo – do atendimento a requisitos decorrentes do processo de produção da edificação, evitando-se assim eventuais retrabalhos ou perdas quando da execução da obra. No entanto, apesar do elevado impacto que os requisitos da produção podem exercer sobre o custo e a qualidade da edificação, a integração entre produção e projeto tem recebido pouca atenção quando se trata da verificação automática de regras com o uso BIM. Assim, o presente artigo se propõe a identificar barreiras e oportunidades para a verificação automática de requisitos da produção ainda na fase de projeto, a partir do uso da tecnologia BIM.



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelagem BIM

O processo de desenvolvimento de projeto é cíclico e iterativo, e no caso do BIM envolve, além da coordenação do processo de projeto, a coordenação do desenvolvimento do modelo (NEDERVEEN; BEHESHTI; GIELINGH, 2010).

Uma das características que distinguem um modelo BIM de um modelo convencional em 3D é a possibilidade da criação de propriedades que vão além da modelagem da sua geometria. Esse modelo BIM pode ser utilizado para vários propósitos – custos, cronogramas, desempenho, simulações, etc. – alguns dos quais não são previstos pelo criador do modelo. Tanto a precisão geométrica do modelo quanto as informações não geométricas podem ser associadas aos diferentes níveis de desenvolvimento.

O nível de desenvolvimento (*Level of Development* – LOD) descreve o grau de detalhamento no qual um elemento é modelado. O *American Institute of Architects* (AIA, 2007) produziu diretrizes para os diversos LOD em virtude de alguns usos do modelo BIM. Dessa forma, ao uso do BIM para projeto estão associados outros usos, como planejamento, custos, cumprimento de programa, etc. (AIA, 2008).

Os níveis de desenvolvimento são representados em uma escala que varia em cinco graus, correspondendo a um detalhamento que vai ocorrendo progressivamente ao longo do projeto: 100 (fase conceitual), 200 (geometria aproximada), 300 (geometria precisa), 400 (execução ou fabricação) e 500 (obra concluída) (AIA, 2008).

O caráter incremental do desenvolvimento do produto, traduzido nos diferentes LODs, traz dificuldades em gerenciar a forma como os requisitos são identificados e traduzidos em especificações do produto. Kiviniemi (2005) identifica duas questões básicas: a necessidade do gerenciamento das informações dos requisitos durante o processo de projeto ao longo do desenvolvimento do modelo, e a possibilidade (ou não) de ligá-los aos objetos do modelo BIM. É de se esperar que ambas as questões evoluam harmoniosamente, na medida em que os novos objetos que vão sendo incorporados ao modelo na medida do seu desenvolvimento passam a atender requisitos cada vez mais específicos. Isto implica em identificar, durante o processo de desenvolvimento, que objetos estarão associados a cada um dos requisitos, os quais deverão ser oportunamente introduzidos no modelo, de forma a tornar possível sua análise de forma automatizada.

2.2 Verificação automática de regras

Benning et al. (2010) classificam a detecção automática de interferências em duas categorias: interferências baseadas na geometria (*clash detection*) e interferências baseadas na verificação de códigos (*code checking*). Segundo os autores, a detecção das interferências baseadas na geometria consiste no processo de verificação cruzada entre as especialidades para a descoberta de intersecções geométricas entre elementos em 3D.

Já a detecção das interferências baseadas em códigos é mais complexa, pois consiste na verificação do cumprimento de normas legais, de regulamentos e de outros conjuntos de requisitos (*codes*) de uma maneira geral. Pode-se explicar esse conceito através de diversos exemplos: “uma determinada tubulação não pode cruzar um determinado cômodo”, ou “todos os elementos ‘parede’ precisam ser modelados na camada das paredes”, ou ainda “a rota de fuga em caso de incêndio deve ser inferior a 20m”. Isso significa que a verificação de regras possibilita a identificação de conflitos mais complexos que necessitam ser verificados por software específicos com tais habilidades.

Monteiro e Martins (2011) constataam que a verificação automática de regras torna-se uma



realidade somente com as ferramentas BIM. Apenas através da utilização de modelos orientados por objetos paramétricos se consegue aplicar diretamente a um projeto os critérios de conformidade para verificação automática do modelo.

Ainda conforme esses autores, o processo de verificação automática de regras engloba as seguintes fases: (1) interpretação das regras e passagem das especificações para linguagem de programação; (2) preparação do modelo do código, através da utilização de modelos existentes ou da criação de uma nova base de dados capaz de satisfazer a lista de exigências estabelecida; (3) desenvolvimento da aplicação (software ou plugin) que correrá as rotinas de verificação com base na informação do modelo do código; (4) criação de mecanismos para a produção de *outputs* através de relatórios gráficos ou de documentação escrita.

A verificação automática de normas legais como um sistema implementado por uma entidade governamental começa em 1995 com a iniciativa CORENET (CONstruction and Real Estate NETwork), fundada e financiada pelo Ministério Nacional do Desenvolvimento de Singapura. Na plataforma chamada e-PlanCheck, os modelos de projeto são submetidos em formato IFC. A plataforma inclui especificações para verificações de conformidade na área das acessibilidades, serviços em edifícios e instalações.

Seguindo o exemplo de Singapura, surgiu uma série de iniciativas de licenciamento automático nas mais diversas partes do mundo, incluindo a Noruega e os Estados Unidos.

Na Noruega, o projeto HITOS focou sobretudo no desenvolvimento de duas funcionalidades: (1) a verificação da conformidade dos parâmetros especiais, graças à plataforma de gestão dRofus que permite adicionar requisitos não atendidos pelo modelo IFC e (2) a verificação da conformidade da acessibilidade com o Solibri Model Checker, um software que utiliza sobretudo especificações universais.

Nos Estados Unidos, a *General Services Administration* (GSA) – entidade responsável pelas obras públicas – liderou a introdução das tecnologias BIM nos contratos públicos ao lançar o *National 3D-4D BIM Program*. A partir de 2007, todos os novos projetos de obras públicas passaram a ter de ser submetidos junto com um modelo de projeto BIM para validação dos requisitos espaciais. Outra iniciativa ocorreu paralelamente aos projetos da GSA, os *SMARTcodes*. Desenvolvidos pelo *International Code Council*, a iniciativa visa desenvolver uma forma sistemática de representar requisitos para verificação em códigos escritos em linguagem de programação suscetíveis de serem interpretados por modelos. A codificação é processada via plataforma Web com base em especificações de edifícios já criadas.

A verificação automática de regras é capaz de agilizar significativamente a gestão e a execução dos projetos, no entanto, são necessárias infraestruturas não só em nível de equipamento como também em nível funcional. O *clash detection* no universo BIM talvez seja um dos atributos mais conhecidos na prática atual. Por outro lado, o *code checking* abre a possibilidade de estudos mais aprofundados do processo de análise crítica, podendo melhorá-lo sensivelmente, pois o atendimento de requisitos espaciais de programa e o atendimento às normas e a requisitos específicos do usuário podem ser feitos de maneira automática, ampliando potencialmente o uso do BIM para as fases iniciais do processo de projeto e instrumentalizando adequadamente a atividade de análise crítica de projetos (BENNING et al., 2010).

2.3 Requisitos da Produção

As regras decorrentes da produção estão diretamente associadas com a construtibilidade do projeto, ou seja, o grau de facilidade com que o mesmo pode ser efetivamente executado. Quando as representações necessárias à construção não ficam claras ou contêm incompatibilidades e indefinições de projeto, problemas podem surgir durante a etapa de



produção. Retrabalhos e improvisações são alguns dos tipos de situações comuns na execução que são abordadas pela literatura.

Ashford (1992) define retrabalho como o processo pelo qual um item entra em conformidade com os requisitos originais, seja por conclusão ou correção. Burati et al. (1992) ainda apresenta como origem das perdas por retrabalho as mudanças no método de transporte e do método construtivo, erros e omissões feitas durante a construção e a fabricação, como também erros e omissões de projeto. Love e Li (2000), por sua vez, definem retrabalho como o esforço desnecessário para refazer o processo ou a atividade que foi executada incorretamente a primeira vez.

Moorman e Miner (1998) definem improvisação como o grau no qual a composição e a execução convergem no tempo. Para os referidos autores, quanto mais improvisada for uma ação, menor será o espaço de tempo entre compor e desempenhar. De acordo com Cunha e Cunha (2008), a improvisação pode ser encarada como um desvio intencional, mas não planejado, dos processos e procedimentos prescritos. Crossan e Sorrenti (1997) analisam a improvisação como um aspecto importante da gestão, e uma parte crítica do aprendizado organizacional e renovação estratégica.

Formoso et al. (2011) consideram importante compreender que as improvisações podem ter impactos positivos e negativos. Para os referidos autores, melhorias que forem concebidas informalmente através de uma improvisação devem ser devidamente documentadas e disseminadas, de maneira que possam trazer benefícios para a organização a longo prazo. Neste contexto, a elaboração de um conjunto de boas práticas da produção pode se tornar uma série de regras com origem na fase da produção que podem retroalimentar o processo de projeto.

O termo “boas práticas” é uma adaptação da expressão derivada do inglês *best practices*, a qual denomina técnicas identificadas como as melhores para realizar determinadas atividades, podendo-se definir também a melhor forma de atuar dos profissionais que as executam. As boas práticas são consagradas para uma atividade quando existe um consenso a respeito dos modos mais eficientes e eficazes de realizá-las, segundo procedimentos comprovados ao longo do tempo por uma quantidade significativa de pessoas experientes no assunto (CLETO et al., 2011).

Da documentação dos retrabalhos e improvisações e da elaboração de um conjunto de boas práticas, pode ser compilada uma lista de requisitos da produção. Ao retroalimentar o processo de projeto, esse passa a ser um código a ser seguido, o qual será investigado neste trabalho quanto a sua verificação automática através de modelo BIM.

Não raras vezes são identificados requisitos da produção sem que seja possível sua associação com objetos específicos no modelo. Buscando facilitar a utilização de modelos BIM no planejamento e controle da produção, Schmitz (2014) elaborou um conjunto de diretrizes visando apoiar os projetistas no sentido de estruturar o modelo BIM de forma a evitar a decomposição de objetos durante a fase de planejamento e controle da sua execução. Com base na análise comparativa dos dados do controle de produção de 130 semanas de um empreendimento imobiliário e seu modelo BIM, a autora propõe diversas diretrizes relacionadas à organização e forma de detalhamento de diferentes objetos do modelo, tais como fundações, paredes, laje, escadaria, esquadrias, instalações, cobertura, elevador, tanque e louça sanitária. Tais diretrizes são exemplos de requisitos que poderiam ser incluídos em regras a serem verificadas automaticamente durante o projeto.

Porém, em que pese a relevância do projeto em relação aos custos e qualidade da edificação, não são conhecidos até o presente momento pelos autores deste artigo quaisquer trabalhos acerca da verificação automática de regras especificamente voltados aos requisitos da produção.

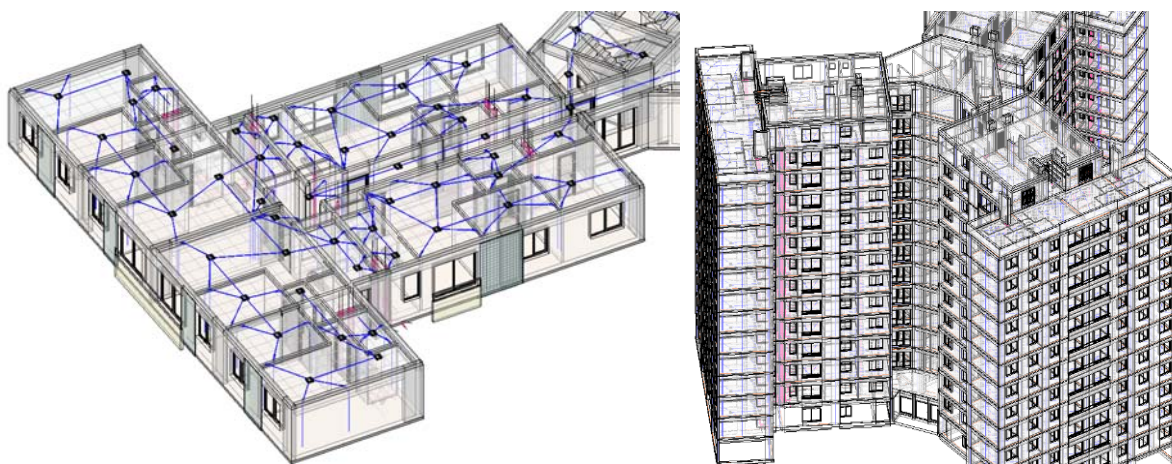
3 MÉTODO

O trabalho consistiu em um estudo de caso, realizado em empresa construtora que atua na área de Habitação de Interesse Social (HIS). O estudo iniciou com uma entrevista com a gerente de projetos da empresa, visando identificar a forma como os requisitos de produção eram considerados durante o projeto.

A seguir, foi realizada uma análise documental dos requisitos de projeto que vinham sendo pela empresa como exigências aos seus projetistas. Dentre esses, foram então identificados os requisitos relacionados com a produção.

Paralelamente, confeccionou-se o modelo BIM de um empreendimento cujo projeto já se encontrava concluído, tendo sido elaborado de forma a atender os requisitos em vigor na empresa. A modelagem foi desenvolvida no software Autodesk Revit (figura 1). O modelo foi então exportado para o formato IFC (*Industry Foundation Classes*), visando garantir a interoperabilidade e eliminar as dependências da posterior análise em relação a formatos proprietários.

Figura 1 – Modelo do pavimento-tipo e da edificação completa



Fonte: Autores, 2012

Após, procedeu-se à tradução das regras da produção no formato demandado pelo aplicativo escolhido para a verificação automática, o software, (<http://www.solibri.com/>). Tal software foi escolhido por ser um aplicativo amplamente utilizado para *code checking* e por permitir a incorporação de regras formuladas pelo próprio usuário.

A customização das regras no Solibri Model Checker é feita no ambiente Ruleset Manager, dentro do software Solibri. O aplicativo possui um banco de dados conjuntos de regras (*rulesets*), que podem ser customizados de acordo com o regulamento vigente. Por exemplo, em uma norma de prevenção contra incêndio, as distâncias máximas até as saídas de emergência podem variar de acordo com a localidade em que será implantado o projeto (figura 2). As regras de diferentes *rulesets* podem ser combinadas de forma a compor um novo conjunto, porém regras novas não podem ser criadas, pois se trata de um software de programação fechada. Os fabricantes do software foram contatados com objetivo de propor a abertura da programação, o que não se mostrou viável naquele momento.



Figura 2 – Ruleset manager do software Solibri



Fonte: Autores, 2012

Uma vez inseridas as regras, foi realizada uma simulação da verificação automática de regras no modelo BIM da edificação.

4 RESULTADOS

Em reunião com a gerente de projetos, ao discorrer sobre o processo de projeto na empresa, constatou-se que a empresa possuía um documento formal para registro de requisitos de projeto intitulado Dados de Entrada. Nele constavam requisitos de projeto de toda ordem, os quais deveriam ser atendidos pelos projetistas em seus trabalhos para a empresa. Esses requisitos foram compilados e organizados ao longo do tempo para facilitar o trabalho da coordenação de projetos, reunindo desde normas técnicas até normas internas de boas práticas e decisões da empresa baseadas em situações já vivenciadas. Os itens das listas eram revisados periodicamente, no mínimo anualmente.

Tais informações são transmitidas aos projetistas no início do processo de projeto, através de documento escrito, postado em sistema de extranet. Como o documento abrangia indistintamente todas as especialidades de projeto, era acordado com os projetistas que cada um destes levasse em consideração somente os dados concernentes a sua disciplina. É papel do coordenador de projetos a conferência do cumprimento dos itens, através de verificação manual.

Integravam a lista empregada pela empresa 363 dados de entrada (regras), organizados nas seguintes categorias: Projeto de Arquitetura, Projeto Paisagismo e Urbanismo, Projeto Hidrossanitário, Projeto de Alvenaria de Blocos, Projeto de Gás, Projeto Elétrico e Telefônico, Projeto de Esquadrias, Projeto Estrutural, Projeto de Gesso Acartonado e Projeto de Proteção e Combate a Incêndio (PPCI).

Analisando o conteúdo dessas listas, foram identificados 54 itens relacionados a dados de entrada de regras da produção que retroalimentam o projeto. Por exemplo, que os shafts em gesso acartonado deveriam possuir, na sua lateral menor, uma dimensão maior ou igual a 25cm. Neste caso específico, uma análise posterior indicou que, embora tal valor possa parecer superdimensionado quando se considera as instalações que serão abrigadas, a experiência passada da empresa havia indicado que tal dimensão seria necessária para permitir a execução e a manutenção das instalações considerando as ferramentas



utilizadas.

Uma vez identificadas as regras da produção, foi realizada uma análise crítica da sua integração ao modelo BIM. Tal análise visava identificar quais os objetos do modelo que deveriam ser verificados para assegurar o cumprimento das regras.

Nessa fase, ficou claro que diversas das regras identificadas somente poderiam ser verificadas de forma automática caso o modelo fosse especialmente desenvolvido com esse fim. Usando o mesmo exemplo do parágrafo anterior, os espaços de shaft precisariam ser identificados com esse nome para que o seu dimensionamento fosse conferido.

Além da nomenclatura, as informações para a verificação automática de regras precisam estar contidas em um modelo de LOD 300 (geometria precisa), pois a tomada de decisão em relação ao seu dimensionamento não pode mais ser alterada a partir deste nível de detalhe.

Após a análise das regras, essas foram sistematizadas por meio de planilhas eletrônicas (figura 3), visando organizar e classificar o conjunto de regras a ser transportado para o software Solibri para a posterior verificação automática de um modelo BIM.

No Solibri, as regras disponíveis estão classificadas em duas bibliotecas: *Acessibilidade (Solibri Accessibility Rules)* e *Gerais (Solibri Common Rules)*. Três conjuntos de regras estão compilados: *Architectural*, *MEP* e *Structural* (respectivamente Arquitetura, Instalações e Estruturas). Através do estudo semântico das regras do software, foi feita uma análise qualitativa do potencial de customização dos seus parâmetros, e então foi possível relacioná-las aos dados de entrada na planilha. É necessária profunda dedicação à assimilação de todas as regras do software para que seja possível essa vinculação. O desconhecimento de alguma regra pode deixar passar uma oportunidade de verificação automática.

Dos 54 requisitos da produção identificados, somente 13 (25%) desses eram passíveis de serem traduzidos para uma linguagem adequada para a aplicação e, destes, somente 8 (50%) puderam efetivamente ser transformados em regras. Isso ocorreu devido à incompatibilidade semântica dos dados de entrada com o limite de customização das regras existentes no software.

Foi possível observar que o tipo de regra tinha grande influência sobre a possibilidade de tradução. Aqueles requisitos que tratavam características dimensionais foram facilmente traduzidos em regras. Já os requisitos não-dimensionais mostraram-se bem mais difíceis de serem traduzidos em regras a serem aplicadas pelo Solibri. Um exemplo disto era o requisito “prever forro nos locais em que o pavimento superior possuir instalações hidrossanitárias”, em que seria necessário um conjunto de regras que identificasse as instalações sanitárias, os ambientes no pavimento inferior imediatamente abaixo dessas instalações e, posteriormente, a verificação da existência ou não de um forro.



Figura 3 – Extração da planilha de dados de entrada classificados em quesitos e sua tradução para o software Solibri

			P PRODUÇÃO	1 1 ANTEPROJETO ? EXECUTIVO	A REGRAS B OUTROS	X DIMENSIONAIS Y OUTROS	REGRA #	NOME ORIGINAL DA REGRA
1	ARQ	Procurar que todas as dependências da edificação possuam ventilação natural.	N	1	A	Y	SOL/19	Spaces Must Have Enough Window Area
2	ARQ	Prever que portas de acesso aos shafts de circulações tenham peitoril de 20 cm no mínimo.	P	1	A	X	SOL/208	Aeccessible-Door-Rule
3	ARQ	Procurar projetar escadas retas.	P	1	B	Y	SOL/210	Aeccessible-Stair-Rule
4	ARQ	Projetar escadas sem fechamento interno.		1	A	Y		
5	ARQ	Procurar projetar portas de PCF 90x210 para acesso às escadas.	N	1	A	X	SOL/208	Accessible Door Rule
6	ARQ	Projetar, preferencialmente, recuo de 1 metro nos pilares - box de estacionamento.	N	1	A	X	SOL/222 SOL/220	Component Distance Floor Distance
7	ARQ	Vagas de estacionamento junto a paredes devem possuir 250 cm de largura.	N	1	A	X	SOL/226 SOL/222	Free Area In Front Of Components Component Distance
8	ARQ	Evitar vagas presas nos estacionamentos.	N	1	B	Y		
9	ARQ	Determinar local para carrinho de compras.	N	1	B	Y	SOL/225/1.1	Number of Components in Space
10	ARQ	Projetar guarita afastada da grade frontal, mas com visão a todos portões e acessos.	N	1	B	Y		
11	ARQ	Projetar porta para lixo com mínimo de 90 x 210 cm mínimo, ideal 120 x 210 cm (em duas folhas), dependendo do tamanho da obra.	N	1	A	X	SOL/208	Accessible Door Rule
12	ARQ	Projetar banho perto, ou dentro da guarita.	N	1	B	Y		
13	ARQ	Projetar vestiário e copa de serviço, dependendo da obra.	N	1	B	Y	SOL/38	Space Count on Each Floor
14	ARQ	Prever depósitos de lixo separados (seco e orgânico).	N	1	B	Y	SOL/38	Space Count on Each Floor
15	ARQ	Prever a instalação de churrasqueira nas unidades.	N	1	B	Y	SOL/11/2.3	Required Components
16	ARQ	Se a unidade for de cobertura, prever a instalação de churrasqueira e lareira.	N	1	B	Y	SOL/11/2.3	Required Components
17	ARQ	Prever locais com rebaixo de forro: cozinhas, banheiros, lavabos, circulação íntima, hall, etc, quando houver instalações na laje de cima.	P	1	B	Y	SOL 202/1.2	Space Validation
18	ARQ	Quando pé direito for de 2,75 m de piso a piso, o forro dos banhos e circulações será a 2,35 m, no mínimo.	P	2	A	X		

Continua embaixo

	OBS	TRADUÇÃO
	mínimo e máximo?	ok
	não tem peitoril mínimo, só máximo	Peitoril mínimo
	não tem o número "mínimo de degraus" ou formato	Lanços paralelos, patamar em 1 nível
		Parede que divide lanços paralelos de escada
	falta PCF	ok
	não é a distância perpendicular	Distância entre a circulação dos carros e os pilares?
	box de estacionamento pode ser um componente?	Nome de componente diferente para a vaga junto à parede e então uma dimensão mínima.
	definir "vaga presa"	
	em que ambiente deve estar o carrinho?	
	definir mínimo e máximo	
	entre um espaço e um componente pode? ângulo?	
	ideal não tem como	ok target width and height
	definir mínimo e máximo	ok
		ok
	nomes dos locais "lixo seco" e "lixo orgânico"	ok
	em qual ambiente fica a churrasqueira?	ok
	em qual ambiente ficam a churrasqueira e a lareira?	
	ambientes c nomes diferentes dos pav. tipos	
	não permite especificar por ambiente	ok relacionar ambiente com deve ou não conter forro

Continuação

Fonte: Autores, 2012

É importante observar que, em muitas situações, a tradução das regras existentes para os requisitos do aplicativo foi impossibilitada pela maneira vaga como tais regras foram

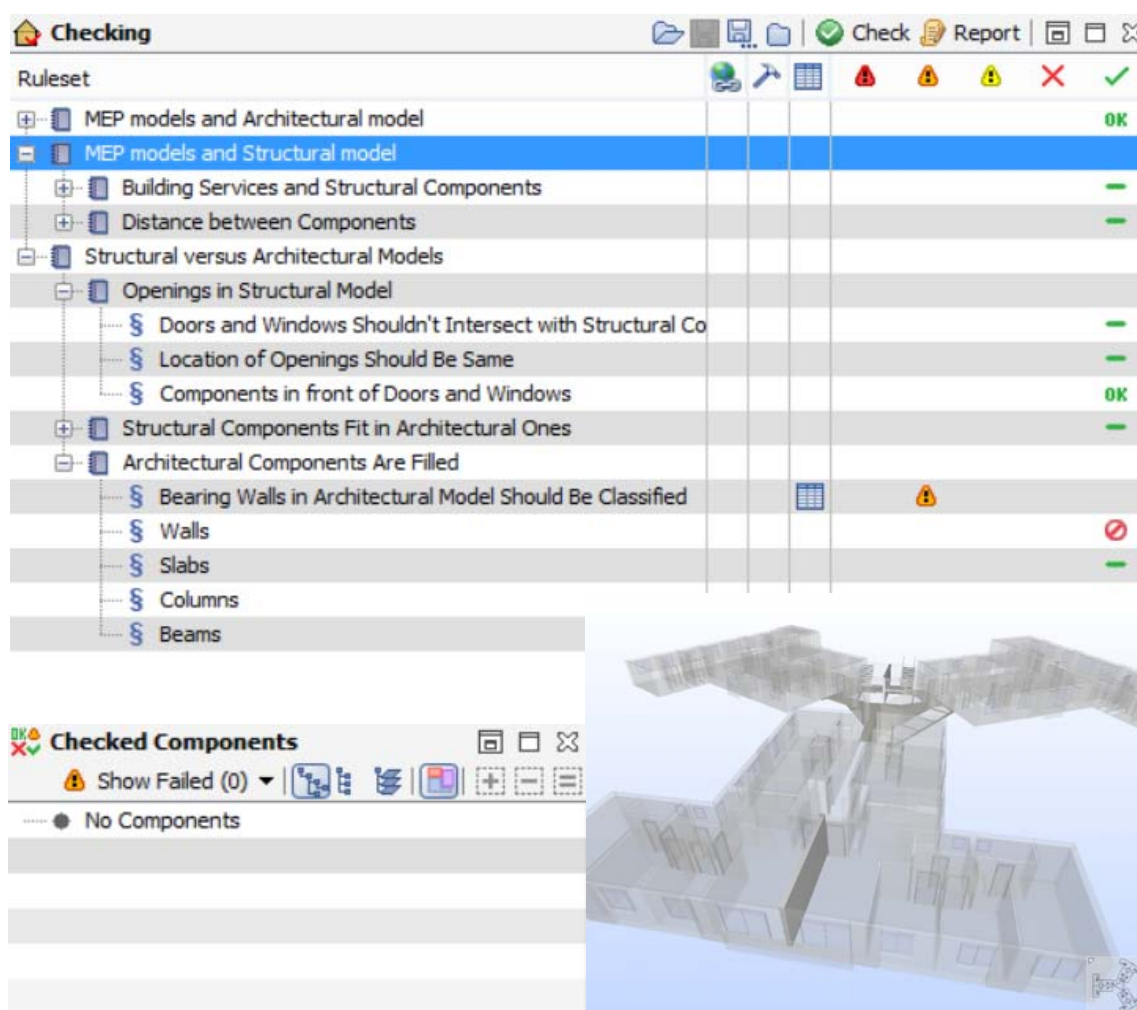


formuladas. Isto ocorreu tanto para regras não-quantitativas como quantitativas. Por exemplo, ao identificar o nome das dimensões, como definir de forma clara a dimensão a qual se refere à palavra “largura” de um compartimento? A menor dimensão de um polígono? Ou relativa à posição de seu acesso? Esta limitação colocou em evidência a necessidade de um maior rigor semântico quando da formulação das regras, eventualmente demandando o apoio de um analista de sistemas.

Outra barreira identificada, esta especificamente associada ao Solibri, é que a definição de regras do usuário se baseia em um conjunto de regras gerais preexistentes, as quais são adaptadas a partir da mudança de parâmetros previamente estabelecidos. Diversos requisitos observados não eram passíveis de serem traduzidos nas regras gerais preexistentes, demandando a criação de regras gerais absolutamente novas, o que somente podia ser realizado pelos desenvolvedores na versão usada da ferramenta, a partir de *scripts* inseridos no código do aplicativo.

No que diz respeito àquelas regras que puderam ser efetivamente introduzidas no Solibri, o programa mostrou ser capaz de identificar satisfatoriamente as discrepâncias existentes no projeto modelado em BIM, indicando desvios que efetivamente ocorreram em relação àquele conjunto de regras (figura 4), comprovando desta forma a viabilidade de sua utilização como ferramenta para verificação automática de regras da produção.

Figura 4 – Plataforma do software Solibri Model Checker





5 CONCLUSÕES

No geral, observa-se que, com o advento do BIM, existem dois grandes domínios envolvidos em um todo: a gestão do processo de projeto e a gestão da modelagem da informação (o produto da interação entre eles são os modelos BIM).

No que diz respeito ao processo de modelagem, as fases iniciais de concepção geralmente demandam maior liberdade para o projetista, o que traz como consequência a falta de viabilidade em se verificar integralmente o conjunto de regras em modelos de baixo nível de desenvolvimento, como LOD 100 ou mesmo LOD 200. É de se esperar que com LOD 300 o modelo atinja um nível de desenvolvimento em que já seja passível de tais verificações.

Esta dificuldade sugere que os requisitos sejam associados a diferentes níveis de desenvolvimento, de forma que modelos LDO 100 já sejam passíveis de verificação para alguns requisitos cuja definição ocorre neste nível, assim ocorrendo de forma semelhante nos níveis seguintes. A precisão geométrica do modelo e as informações não geométricas (nomenclaturas, por exemplo) podem igualmente ser associadas aos LOD como forma de viabilizar também o *code checking* de regras da produção. Isto também se aplicaria ao caso diretrizes de modelagem como as investigadas por Schmitz (2014), visando especificamente o posterior planejamento e controle da produção.

Também é possível identificar que existe uma série de barreiras relacionadas com a verificação automática de regras associadas aos requisitos da produção: a confecção (e constante evolução) da lista de requisitos através da documentação de retrabalhos, improvisações e boas práticas, conforme aconselham Formoso et al. (2011); o desconhecimento da origem dos requisitos (motivo pelo qual surgiram); a limitação na interpretação dos softwares e a necessidade de apoio de profissional de análise de sistemas são algumas que exemplificam a afirmação. Isto demanda que o aplicativo utilizado para verificação seja facilmente customizável, permitindo a criação de novas regras sem a necessidade de se recorrer ao desenvolvedor do aplicativo.

Nesse contexto, conclui-se que nem todas regras são verificáveis automaticamente ou valem o esforço para que se tornem. A interpretação humana com o apoio dos profissionais de coordenação de projetos se mostrou necessária no caso estudado especialmente para regras de caráter qualitativo e passíveis de interpretações diferentes. A uniformização das disposições regulamentares, normas e demais códigos é bastante importante dada a dificuldade em convertê-los da leitura e verificação manuais para uma versão semelhante para leitura e verificação informáticas. Quanto mais uniformes forem as especificações, menos problemas de interoperabilidade surgirão (MONTEIRO; MARTINS, 2011).

Por outro lado, regras quantitativas, especificamente as dimensionais, têm forte potencial para a verificação automática e representam uma importante oportunidade de retroalimentação do processo de projeto com informações da produção. Para isso, a indústria da construção precisa desenvolver formatos padrão para a representação de seus produtos, o que permitiria aos seus participantes se comunicar de forma eficiente e, em alguns casos, automaticamente (MARTINS; ABRANTES, 2010).

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à empresa que possibilitou a realização deste trabalho e à FINEP que auxiliou com apoio financeiro através do Projeto de Tecnologia da Informação na Construção.



REFERÊNCIAS

- AIA – AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. 2007, 62 p. _____. **BIM Protocol Exhibit: E202**: 2008.
- ASHFORD, J.L. **The Management of Quality in Construction**. London: E&F Spon, 1992.
- BENNING, P., DUMOULIN, C., DEHLIN, S., TULKE, J., ÅBERG, P., RYD, N., **Collaboration Processes: A State of the Art**. 2010.
- BURATI, J.L.; FARRINGTON, J.J.; LEDBETTER, W.B. Causes of quality deviations in design and construction. **Journal of Construction Engineering Management**, v. 118 no.1, pp.34-39. 1992.
- CLETO, F. R.; CARDOSO, F. F.; MITIDIERI FILHO, C. V.; AGOPYAN, V. **Códigos de práticas**: uma proposta de documentos técnicos de referência de boas práticas para a construção de edifícios no Brasil. CEP, v. 5508, p. 901. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n2/a02v11n2.pdf>>. Acesso em 12 de junho de 2015.
- CROSSAN, M.; SORRENTI, M. Making Sense of Improvisation. In: **Advances in Strategic Management**, v.14, 1997.
- CUNHA, J; CUNHA, M.P. Improvisation in Organisation. In BARRY, Daved; HANSEN, Hans. **The Sage Handbook of New Approaches in Management and Organization**. Los Angeles, Califórnia: Sage, 2008.
- EADIE, R. *et al.* An Analysis of the Drivers For Adopting Building Information Modelling. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 18, p. 338-352, 2013.
- FABRICIO, M.; MELHADO, S.; BAÍA, J. A Brief Reflection on the Improvement of the Design Process Efficiency in Brazilian Building Projects. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999a, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of Califórnia, 1999.
- FORMOSO, C. T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E. L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Peru. 2011.
- GU, N., SINGH, V., TAYLOR, C., LONDON, K., & BRANKOVIC, L. BIM adoption: expectations across disciplines. In: **Handbook of research on building information modeling and construction informatics**: concepts and technologies. University of Salford. Information Science Reference: New York, 2010.
- KIVINIEMI, A. Requirements management interface to building product models. 2005. 343 p. Tese (Doutorado) - Stanford University, 2005.
- LOVE, P.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. In: **Construction Management and Economics**, v.18 n.4, pp.479-90, 2000.
- MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual para a gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 353 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- MARTINS, J.; ABRANTES, V. **Automated code-checking as a driver of BIM adoption**. Santander, Espanha, 2010.
- MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. In: **Boletim Técnico PCC**, n. 139. São Paulo: EPUSP, 1995.



MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM For Construction in Major Global Markets**: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling. Bedford, MA: McGraw-Hill, 2014.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. **BIM aplicado ao Licenciamento Automático de Projetos**. 2011.
MOORMAN, C.; MINER, A.S.; Organizational improvisation and organizational memory. *Academy of Management Review*, v. 23, n.4 p.698-723, oct.1998.

NEDERVEEN, S.; BEHESHTI, R.; GIELINGH, W. Modelling concepts for BIM. In: **Building Information Modeling and Construction Informatics**: Concepts and Technologies. New York: Information Science Reference, 2010.

SILVA, L. F.; ANDRADE, S. A. L; VELLASCO, P. C. G. S.; FEIJÓ, B. Projeto e construção de estruturas de aço utilizando um sistema de projeto integrado baseado em CAD e internet. In: Workshop Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital, 2009, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <http://cumincaades.scix.net/data/works/att/sigradi2009_1134.content.pdf>. Acesso em: 28 out. 2011.

SCHMITZ, C. **Representação do escopo da construção em um modelo BIM visando o planejamento e controle da produção através de ferramentas 4D**. 2014. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.