VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DAS MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DO ESTADO DE SÃO PAULO NO PROJETO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR [1]

KATER, M., Universidade Estadual de Campinas, email: marcel.kater@hotmail.com; RUSCHEL, R.C., Universidade Estadual de Campinas, email: ruschel@g.unicamp.br

The automation of the process of verifying building codes is crucial for the Construction Industry. One way to obtain this solution is by automated rule checking. This research evaluated the feasibility of automatic verification of fire safety requirements in the design of buildings with BIM. We implemented an automatic check, for the fire regulations of the state of São Paulo, in buildings of multifamily private residential use. At first, we identified the relevance and understood the problem in practice. We performed a bibliographic review of the main issues involved as well as a survey among the agents involved in the verification of fire design standards. Then a solution was proposed and developed in BIM with the SOLIBRI software. This development is the emphasis of this article. The solution comprehends a set of rules, composing an automatic rules verification system for fire safety standards, along with the modeling guidelines required to execute these rules. Finally, the system was evaluated by verifying its compliance with the structured rule-checking process outlined by Eastman et al. (2009). The implemented automatic verification rules represent 9% of the requirements related to technical instructions and standards involved in fire regulations of the state of São Paulo for multifamily residential buildings. However, analyzing the similarity of the measures implemented against the others, it turns out that the adopted strategy could be used in almost all the remaining universe. Therefore, the solution demonstrates the potential of making the application of federal, state, municipal fire regulations effective and efficient.

***Keywords**: Fire safety, Code checking, Rules automation, Standards, BIM, SOLIBRI.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente muitos dos processos de planejamento de segurança na construção, são feitos separadamente da execução do projeto envolvendo diferentes atores. Analisar e identificar com precisão os potenciais riscos de segurança são fatores fundamentais, para o processo de planejamento de segurança na construção. A falta de comunicação cria dificuldades, para engenheiros de segurança, para analisar o que, quando, por que, e onde as medidas de segurança são necessárias para a prevenção de acidentes. A indústria vem buscando melhorar as ineficiências dos processos de segurança, através do uso de novas tecnologias para a construção, que são ainda elaborados manualmente em papel (ZHANG et al., 2012).

Para Eastman et al. (2009), o potencial da verificação automática por regras na Modelagem da Informação da Construção (BIM) é enorme sendo aplicável por agências que visam o cumprimento de códigos ou organizações e clientes com um tipo específico de edificação. Santos, Costa e Grilo (2017) observaram que estudos cobrindo a automação da checagem por regras e

[1] KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina C. Verificação automática das medidas de segurança contra incêndio do estado de São Paulo no projeto de habitação multifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

análise de padrões está ganhando força nestes últimos anos.

Este artigo apresenta o resultado de uma pesquisa de mestrado em andamento que avalia a aplicabilidade da verificação automática de regras para a validação de projetos de segurança contra incêndio, com o ferramental BIM. Implementou-se a verificação automática de regras, utilizando regulamentações de incêndio do estado de São Paulo, para edificações de uso residencial privativa multifamiliar. A solução em BIM foi desenvolvida como o programa Solibri Model Checker. o método da pesquisa construtiva (*Constructive Research*) (LUKKA, 2003). O potencial de investigação junto ao setor alvo foi apresentado em Kater e Ruschel (2014).

2 LEIS E REGULAMENTAÇÕES DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS DE USO RESIDENCIAL PRIVATIVA MULTIFAMILIAR

De acordo com Seito (2009) no Brasil a legislação, regulamentação e as normas técnicas, para a verificação dos requisitos de segurança contra incêndio em edificações, são analisadas no âmbito federal através dos regulamentos do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). É também requerido seguir regulamentos estaduais e códigos municipais. No Estado de São Paulo tem-se o Decreto Estadual no 56.819/11 (SÃO PAULO, 2011). A Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros (ITCB) é o documento técnico elaborado pelo Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP) que regulamenta as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco.

3 FORMULAÇÃO DA SOLUÇÃO

Devido à amplitude e a complexidade dos requisitos, a pesquisa foi limitada a formulação de uma solução para verificação automática por regras sobre um contexto específico e com potencial social. Desta forma, destacou-se a habitação de interesse social verticalizada. O caso selecionado para estudo foi o utilizado pelos Grupos de Pesquisa Modelagem da Informação e Colaboração Digital (GMIC) e Humanizar o Habitar e a Cidade (HABITARES) da UNICAMP na Rede Cooperativa de Pesquisa FINEP TICHIS. Trata-se da uma tipologia composta de prédio em formato H de cinco andares, para habitação de interesse social, amplamente construída pelo CDHU no estado de São Paulo. Utilizou-se um modelo BIM existente desenvolvido pelo grupo na ferramenta Revit.

A elaboração das regras teve como base uma seleção objetiva dos requisitos das regulamentações de incêndio. De acordo com o Decreto no. 56.819 (SÃO PAULO, 2011, p.14) o caso selecionado é caracterizado como edificação Residencial do Grupo A, Divisão A-2, descrito como Habitação Multifamiliar com altura "H" entre 6 m e 12 m, classificada como edificação do tipo III. O Quadro 1 destaca as medidas de segurança contra incêndio para o caso em questão. A partir desta definição foi possível identificar as ITs e normas relacionadas (Figura 1).

Quadro 1 - Edificações do grupo A com área superior a 750 m2 ou altura superior a 12 m

Grupo de ocupação e uso	**GRUPO A - RESIDENCIAL**					
Divisão	**A-2, A-3 e Condomínios Residenciais**					
Medidas de Segurança contra incêndio	**Classificação quanto à altura (em metros)**					
	Térrea	**H <= 6**	**6<H<=12**	**12<H<=23**	**23<H<=30**	**Acima de 30**
Acesso de viatura na edificação	X	X	X	X	X	X
Segurança estrutural contra incêndio	X	X	X	X	X	X
Compartimentação vertical	-	-	-	X[2]	X[2]	X[2]
Controle de materiais de acabamento	-	-	-	X	X	X
Saídas de emergência	X	X	X	X	X	X[1]
Brigada de incêndio	X	X	X	X	X	X
Iluminação de emergência	X	X	X	X	X	X
Alarme de incêndio	X[3]	X[3]	X[3]	X[3]	X[3]	X
Sinalização de emergência	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X
Hidrante de mangotinhos	X	X	X	X	X	X

Notas: 1 – Deve haver elevador de emergência para altura maior que 80m; 2 – Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça somente nos átrios; 3 – Pode ser substituído pelo sistema de interfone, desde que cada apartamento possua um ramal ligado à central, que deve ficar numa portaria com vigilância humana 24 horas e tenha uma fonte autônoma, com duração de 60min. Fonte: Decreto no. 56.819 (SÃO PAULO, 2011, p. 21).

Para cada uma das medidas identificou-se as regulamentações, os componentes de projeto, consequentemente os componentes no modelo de informação, e requisitos de parametrização. Um exemplo é demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Componente no modelo e requisitos selecionados das regulamentações da segurança estrutural, para enquadrar-se no Grupo A – Residencial

Componente no modelo	**REQUISITOS**
Parede	A largura mínima da parede de, bloco estrutural de concreto, não acabada deve ser de 14 cm
Laje	A espessura mínima da laje treliçada não acabada deve ser de 10 cm
Escada	A espessura mínima da laje da escada não acabada deve ser de 8 cm

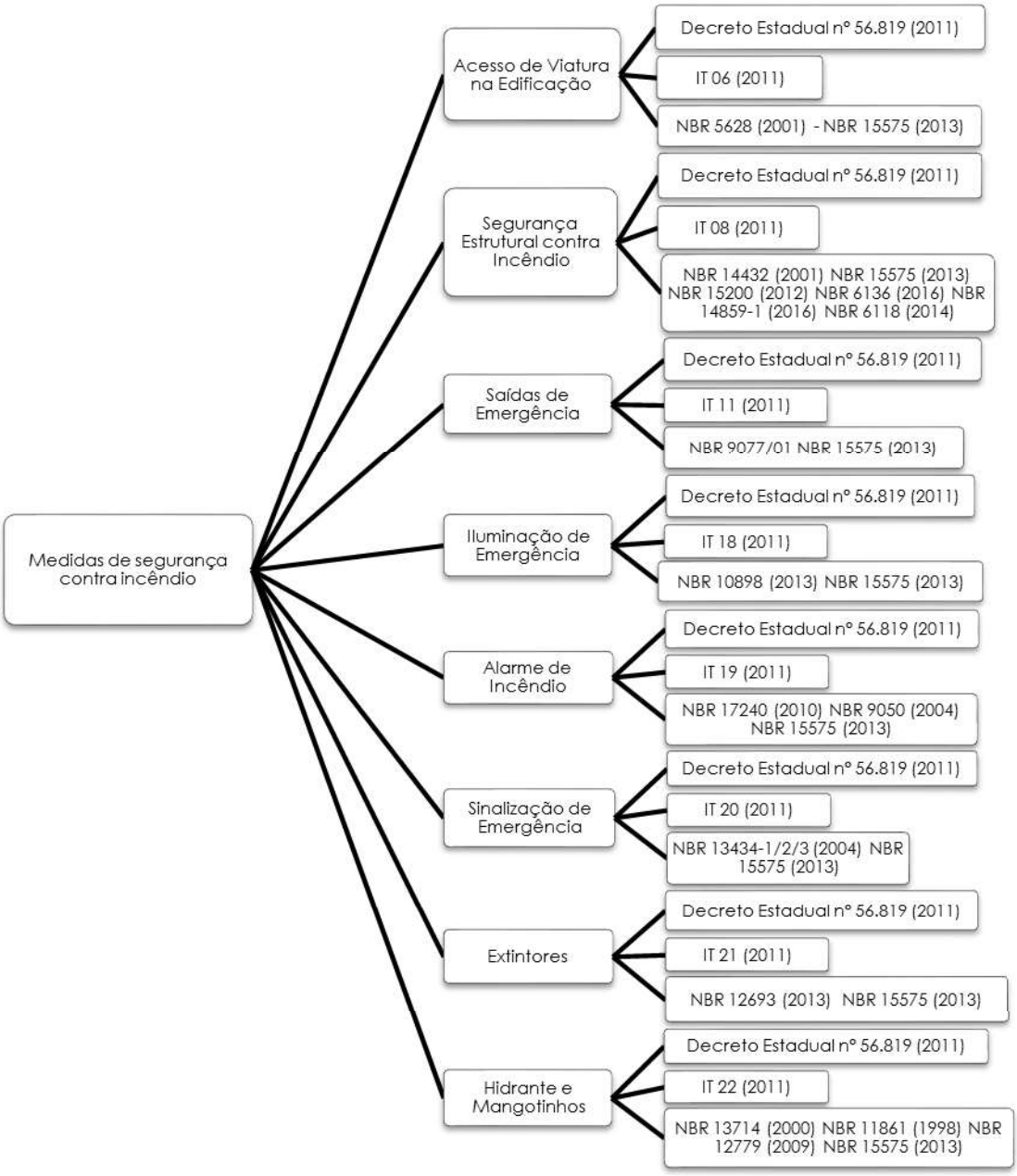
Fonte: Decreto Estadual no. 56.819 (SÃO PAULO, 2011, p. 21), IT08 (2011), NBR 14432 (2001), NBR 15575-4 (2013), NBR 15200 (2012), NBR 6136 (2016), NBR 14859-1 (2016) e a NBR 6118 (2014)

4 IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

A estratégia desenvolvida para a escolha das regras no Solibri (regras SOL) para implementar uma medida de segurança é apresentada no Quadro 3. O **Erro! Fonte de referência não encontrada.** enumera a escolha de regras seguindo a Estratégia 1. Entretanto, estas 11 regras também poderiam ter sido implementadas, com maior esforço de parametrização, utilizando a Estratégia

2. Observa-se desta forma que existe mais de uma maneira de implementar uma medida de segurança. O Quadro 4 explicita as regras onde foi necessária a aplicação da Estratégia 3.

Figura 1 – Levantamento das Instruções Técnicas e Normas associadas às medidas de segurança contra incêndio



Fonte: Os autores

Quadro 2 - Estratégias adotadas para seleção de regras no SOLIBRI

Identificação	Descrição da estratégia
Estratégia 1 (específica)	Se existir uma regra para o contexto específico então utilizar a regra específica.
Estratégia 2 (geral)	Se não existir uma regra específica, mas existir uma geral ajustável então utilizar a regra geral

Estratégia 3 (adaptação)	Senão não existir uma regra específica e nem uma geral aplicável, mas existir uma regra específica adaptável então utilizar a regra fora de contexto adaptando-a ao contexto em questão

Fonte: Os autores

Quadro 3 - Requisitos com mais de uma opção de regras pré-existente no Solibri, onde * indica a estratégia adotada

Regra	**Requisito**	**Regra do Solibri**	
		1ª Estratégia (*)	**2ª Estratégia**
Regra 03	A altura dentro de um intervalo da edificação	SOL/220	SOL/230
Regra 04	A largura da via de acesso da viatura	SOL/222	SOL/230
Regra 06	A largura mínima da escada	SOL/179	SOL/230
Regra 06	A largura do degrau da escada	SOL/210	SOL/230
Regra 06	A altura do degrau da escada	SOL/210	SOL/230
Regra 06	O pé-direito mínimo da escada	SOL/179	SOL/230
Regra 11	A largura do abrigo do hidrante	SOL/230	SOL/230
Regra 11	A posição do hidrante interno a parede	SOL/222	SOL/230
Regra 11	A posição do dispositivo de recalque em relação a guia	SOL/222	SOL/230

Fonte: Os autores

Quadro 4 – Regras adaptadas para determinados requisitos

Regra	**Requisito adaptado**	**Regra do Solibri**	**Função da regra**
Regra 11	O trajeto máximo da mangueira do hidrante até ao ponto mais extremo do pavimento	SOL/161	*Distance between spaces*
Regra 11	O trajeto máximo entre escadas e saídas da edificação ao hidrante		

Fonte: Os autores

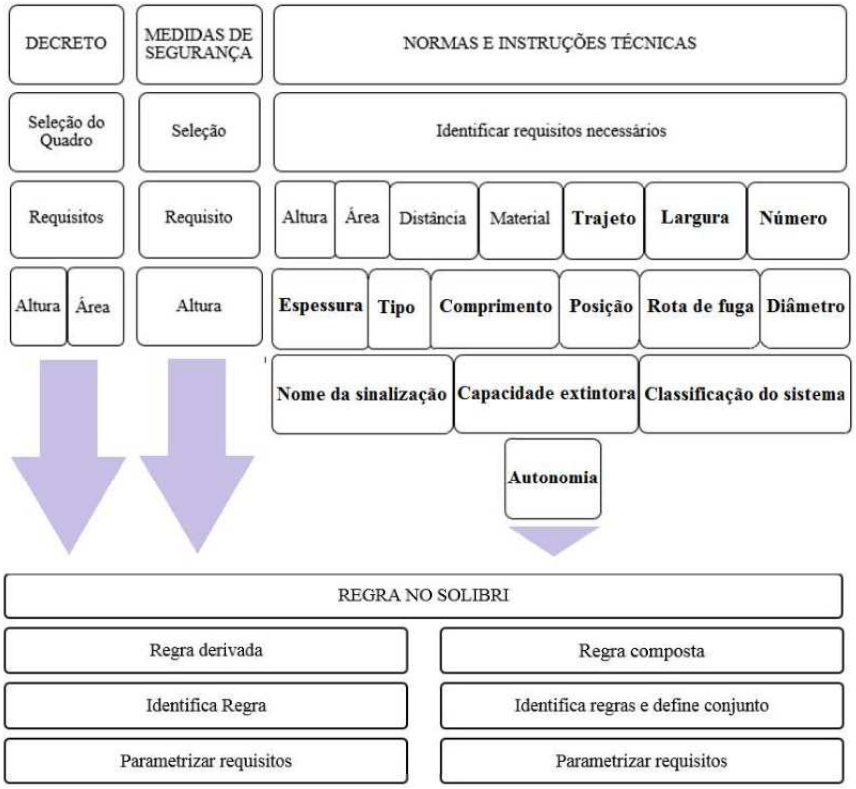
Foram desenvolvidos dois casos testes a partir do modelo BIM. O caso teste positivo acrescentou ao projeto original componentes para segurança contra incêndio. O caso teste negativo continha falhas de projeto de segurança contra incêndio (componentes ausentes ou incorretos propriedades ausentes ou incorretas). A solução era executada sobre os dois casos buscando-se a aprovação do requisito em questão ou a identificação do não atendimento ao mesmo.

5 AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE

Foi verificado o alinhamento da solução com as etapas de verificação por regras proposta por Eastman et al. (2009). Estas etapas são: a interpretação das regras e sua estruturação lógica, a preparação do modelo de construção, a execução das regras e o relato de verificação. Foi possível compor o esquema geral para a interpretação das regras e a estruturação lógica da solução (Figura 2). O esquema adotado pode ser reutilizado para a extensão da solução ou a ampliação em outras tipologias. A preparação do modelo de construção indica a necessidade de mudança de nomenclatura em objetos e inclusão de objetos fictícios, i.e., objetos requeridos pelas regras, mas não requeridos no projeto de segurança contra incêndio. Esta

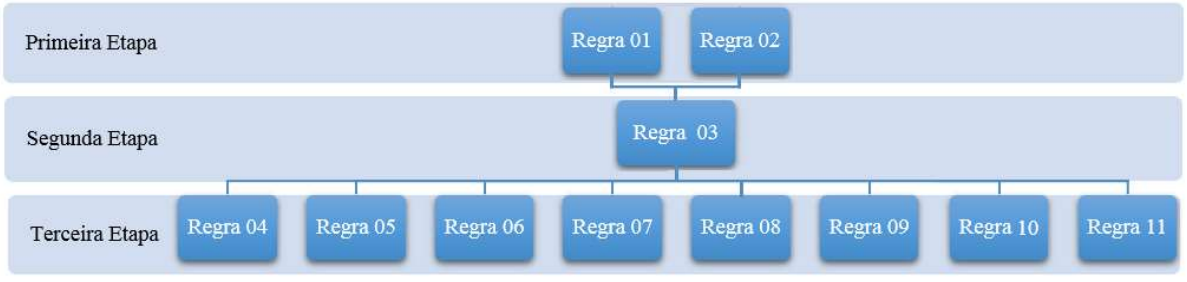
preparação demanda conhecimento em modelagem BIM pelo agende de verificação do código. A fase de execução da regra requer a verificação sintática do modelo (pré-verificação) como postulado por Eastman et al. (2009) para depois realizar a execução do conjunto de regras numa sequencia específica (Figura 3). A solução de verificação automática para a regulamentação de incêndio do estado de São Paulo, em edificações de uso residêncial privativa multifamiliar, foi executada em casos testes positivos e casos testes negativos demonstrando eficiência para identificar as falhas de projeto (Figura 4). O relato dos resultados de verificação pode ser visualizado por imagens gráficas, por textos, ou por relatórios em vários formatos (XLSX, PDF, RTF e BCF).

Figura 2 - Sequência de Interpretação das regras e a estruturação lógica para a sua aplicação



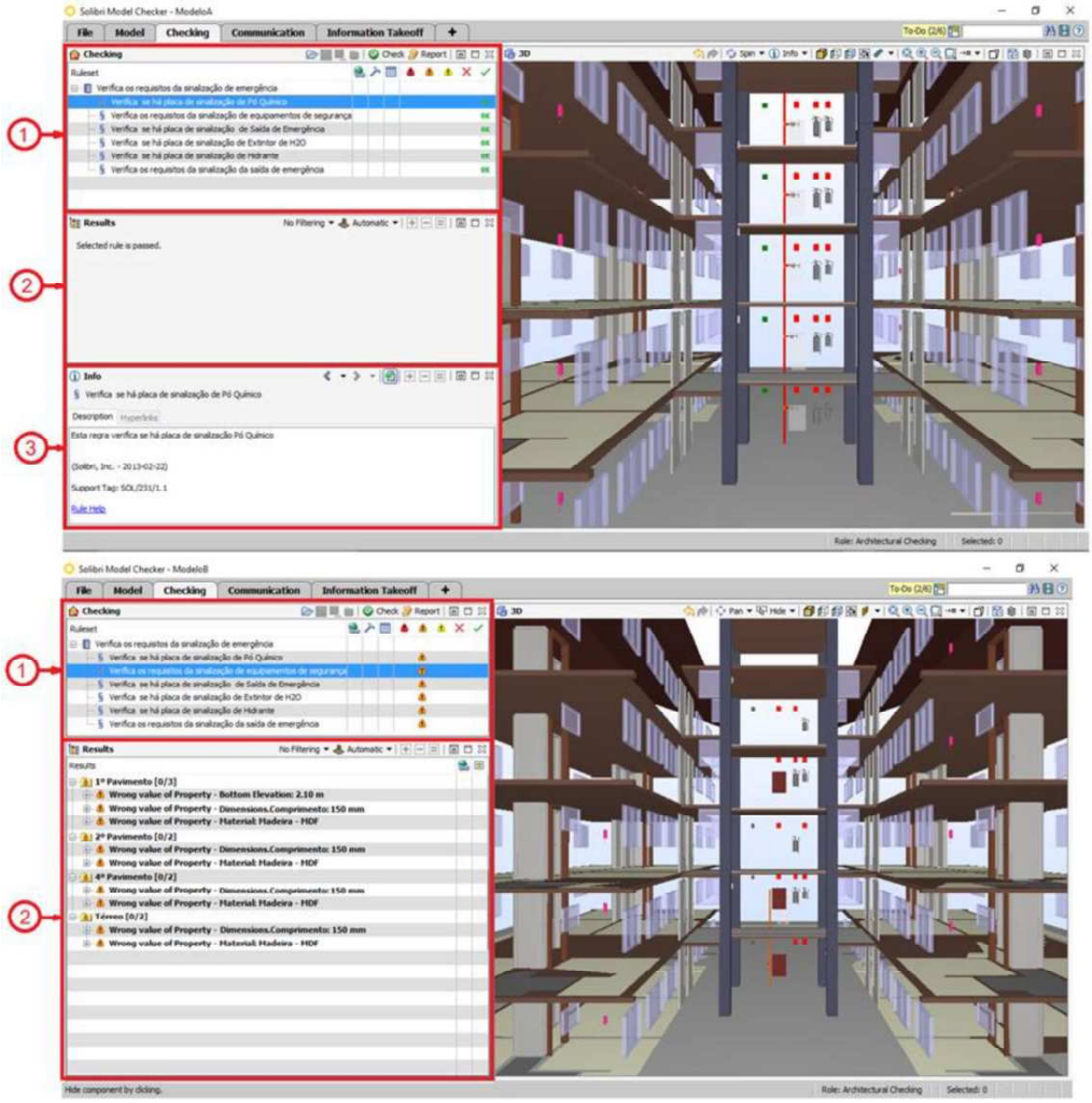
Fonte: Os autores

Figura 3 - Sequência de execução de regras elaboradas, para a verificação das medidas de segurança contra incêndio



Fonte: Os autores

Figura 4 – Resultado da verificação de sinalização de emergência: (superior) sobre o caso teste positivo e (inferior) sobre o caso teste negativo



Fonte: Os autores

6 CONCLUSÃO

Foi possível avaliar positivamente a aplicação da verificação automática de regras para a validação de projetos de segurança contra incêndio, com o ferramental BIM. Por meio do método de *Constructive Research* foi implementada a verificação automática por regras em BIM, com o programa Solibri Model Checker, para edificações de uso residencial privativa multifamiliar, com área superior a 750 m² e altura entre 6m a 12 m, para a regulamentação de incêndio do estado de São Paulo segundo o Decreto nº. 56.819 (SÃO PAULO, 2011). As 11 regras de verificação automática

implementadas representam 9% dos requisitos referentes às ITs 06/11, 08/11, 11/11, 18/11, 19/11, 20/11, 21/11, 22/11 considerando as NBRs 14432/00, 15575/13, 15200/02, 6136/16, 14859-1/16, 6118/14 ,9077/01, 10898/13, 17240/10, 9050/15, 13434-1/2/3/04,12693/13, 13714/00, 11861/98, 12779/09. Entretanto, por análise de semelhança das medidas implementas contra as restantes, verifica-se que a estratégia adotada poderia ser empregada na quase totalidade do universo restante. Desta forma, visto que o processo corrente – manual ou apoiado com CAD - de verificação em projeto da segurança contra incêndio é impraticável de ser aplicado na totalidade de requisitos associados às Instruções Técnicas e Normas associadas, a solução de automação proposta e desenvolvida em BIM nesta pesquisa resulta em grande avanço e contribuição, pois tem o potencial de viabilizar a real aplicação das medicas contra incêndio em projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio dado a esta pesquisa pela CAD Technology Sistemas e pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

KATER, M.; RUSCHEL, R.C.. Avaliando a aplicabilidade de BIM para a verificação da Norma de Segurança Contra Incêndio em projeto de habitação multifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2014. doi:http://doi.org.10.17102/entac2015.5

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: OJAL, L.; HILMOLA, O-P. (Eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1, p. 83–101, 2003

EASTMAN, C. M.; LEE, J; JEONG, Y.; LEE, J.. Automatic rule-based checking of buildings designs. **Automation in Construction**, v.18, n. 8, p. 1011-1033, dez. 2009. *https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002*

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 56.819**, 10 de março de 2011. Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. Disponivel em: <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/dg280202.nsf/5fb5269ed17b47ab83256cfb00501469/78ba9410b90baf9a8325785000479552?OpenDocument>. Acesso em: 2 novembro 2013.

SANTOS, R.; COSTA, A.A.; GRILO, A. Bibliomatric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. **Automation in Construction**, v.80, p. 118-136, ago. 2017. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005

SEITO, A.I.. **Legislação, regulamentação e normas técnicas**. GSI/NUTAU/USP. 16 de abril de 2009. Disponível em: < http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/artigos/legislacao/regulamentacao_normas.pdf>. Acesso em: 5 novembro 2013 .

ZHANG, S; TEIZER, J; LEE, J; EASTMAN, C. M.; VENUGOPAL, M. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. **Automation in Construction**, v.29, p. 183-195, jan. 2013. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.006