



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PROPOSTA DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DOS REQUISITOS DE PROJETOS PELO USO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE BIM APLICADOS A NORMA DE DESEMPENHO¹

Silva, Flávio (1); Arantes, Eduardo (2)

(1) UFMG, e-mail: flpaulino@yahoo.com.br; (2) UFMG, e-mail: arantes@demc.ufmg.br

RESUMO

Essa pesquisa objetiva parametrizar um conjunto de regras por meio do software Solibri Model Checker (SMC) para uso em modelos BIM, com o intuito de verificar o atendimento das exigências de projeto da norma de desempenho NBR15.575; propor uma ferramenta que facilite a tradução da norma para a linguagem do software; testar a parametrização e a ferramenta propostos em um empreendimento, em nível de desenvolvimento BIM ND400 (Mazzone, 2013) pelo software Revit. Esse trabalho de mestrado está em desenvolvimento e os resultados são parciais. A metodologia da investigação foi baseada nos procedimentos de pesquisa denominado *constructive research*. As análises mostram que aproximadamente 28% dos requisitos de projeto da norma podem ser verificados de forma automática, reduzindo assim o prazo de conferência dos projetos, em relação ao método tradicional. Verificou-se que existem limitações de customização do SMC e em muitos casos será necessário combinar várias regras do software para verificar um único requisito da norma reforçando a necessidade de que o processo de tradução/parametrização seja transparente possibilitando o rastreamento da lógica de construção de cada parametrização. É necessário avaliar e equilibrar o esforço e benefícios nas etapas de modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.

Palavras-chave: BIM. Verificação automática. Norma de Desempenho.

ABSTRACT

*This research aims to parameterize a set of rules through Solibri Model Checker software (SMC) for use in BIM models, in order to verify the compliance with the design requirements of NBR15.575 performance standard; propose a tool that facilitates the standard translation into the language of the software; test the parameterization and the proposed tool in an design, level of development of BIM ND400 (Mazzone, 2013) by Revit software. This master's work is in development and the results are partial. The methodology was based on research procedures called *constructive research*. The analyzes showed that approximately 28% of the standards design requirements can be checked automatically, thus reducing the period of the project conference in relation to the traditional method. It was found that there are customization limitations of SMC and in many cases it will be necessary to combine multiple software rules to verify a single requirement of the standard reinforcing the need for the process of translation / parameterization is transparent allowing the tracking of the construction logic of each parameterization. We must assess and balance the effort x benefits in steps: modeling, parameterization and verification for each requirement of the standard.*

¹ SILVA, Flávio; ARANTES, Eduardo. Proposta de verificação automática dos requisitos de projeto pelo uso de ferramentas de análise BIM aplicados a norma de desempenho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

Keywords: BIM. Code Checking. Performance Codes.

1 INTRODUÇÃO

As leis e as normas que regulamentam o setor da AEC (arquitetura, engenharia e construção) estão em constante evolução. A quantidade e a complexidade das regras têm aumentado ao longo dos anos. Isso elevou o grau de dificuldade na execução dos projetos que precisam atender a todos os requisitos estabelecidos.

O processo de conferência do projeto seja pelo próprio projetista ou contratante, se tornou uma tarefa complexa. Demanda muito tempo e conhecimento dos profissionais que fazem esse tipo de análise e conferência. Isso representa um custo significativo para as empresas e agentes públicos.

Nesse contexto, a verificação automática de parâmetros normativos por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais através da utilização de ferramentas de análise de modelos de construção virtual BIM, pode contribuir tanto na garantia de que os projetos estão conformes em relação aos requisitos e normas vigentes quanto em relação ao tempo que os projetistas e contratantes gastam para fazer essa verificação manualmente. Sob essa ótica pode agregar valor ao produto e ao processo de desenvolvimento de projetos.

Rodrigues (2015), afirma que o processo manual de verificação de projetos atual é penoso e por vezes ineficiente, visto que podem ocorrer erros ou lapsos e torna-se evidente que os sistemas de verificação automática de regras vieram acelerar todo o processo de verificação.

A tradução das normas para uma linguagem que uma máquina consiga fazer essa verificação não é uma tarefa simples. As normas e códigos são informações produzidas para serem interpretadas por e em muitos casos é necessária um domínio significativo do assunto. Existem conceitos implícitos e relações com outras normas.

Eastman (2008) afirma que os principais desafios para uma implementação da automação da verificação das regras são a complexidade inerente às próprias regras e a amplitude das condições que elas são aplicadas. Devido ao grande número de códigos de construção e número teoricamente infinito de regras que podem ser definidas é fundamental sistematizar as regras para facilitar a tarefa de inserção das mesmas em um sistema de automação da conferência.

Torna-se então evidente que é necessário um processo que dê suporte e funcione como um facilitador na parametrização das regras.

Esse artigo é parte de um trabalho de mestrado que ainda se encontra em desenvolvimento e que possui os seguintes objetivos: a) parametrizar um conjunto de regras por meio do *software Solibri Model Checker (SMC)* para uso em modelos de construção virtual BIM, com o intuito de atender às exigências de projeto da NBR15.575; b) propor uma ferramenta que facilite a

tradução das diretrizes normativas para a linguagem do SMC para o uso eficiente desse software de análise e validação e c), testar e avaliar o processo e a parametrização propostos em um empreendimento vinculado ao projeto governamental Minha Casa Minha Vida, em nível de desenvolvimento BIM ND400 (Mazzone, 2013) modelado através do software Revit. O objetivo “c” não está finalizado e se encontra em desenvolvimento. A metodologia da investigação foi baseada nos procedimentos de pesquisa denominado *constructive research*.

Já em relação a escolha da norma de desempenho (NBR 15.575) como regra a ser parametrizada nesse trabalho ocorre pela sua amplitude e abrangência. A norma engloba e faz referência a outras 255 normas do setor e vários dos requisitos exigidos por ela são aplicáveis a projetos e por isso sujeitos a necessidade de verificação.

2 NORMA DE DESEMPENHO

A norma brasileira ABNT NBR 15.575 “Edificações Habitacionais – Desempenho”, conhecida como norma de desempenho (ND) entrou em vigor a partir junho de 2013. Ela foca nos requisitos do usuário para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não em prescrição se diferenciando da maioria das normas brasileiras que são prescritivas. A ND traduz a necessidade dos usuários em requisitos e critérios de desempenho que são complementares às normas prescritivas.

Ao contrário das normas tradicionais, que prescrevem características dos produtos com base na consagração do uso, normas de desempenho definem as propriedades necessárias dos diferentes elementos da construção, independentemente do material constituinte. (CBIC, 2013)

A ND contém exigências relativas à segurança (desempenho mecânico, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação), habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico e acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental).

A norma ainda estabelece um patamar mínimo de desempenho, que deve ser obrigatoriamente atingido pelos diferentes elementos e sistemas da construção. Para alguns critérios são indicados outros dois níveis de desempenho, intermediário e superior, sem caráter obrigatório. Para o presente trabalho foi considerado apenas o patamar mínimo que é obrigatório.

3 FERRAMENTA DE CODE CHECKING BIM – SOLIBRI MODEL CHECKER

Existem alguns softwares no mercado que se propõem fazer a verificação automática de parâmetros a partir de um modelo de projetos desenvolvidos em uma plataforma BIM. O Solibri Model Checker (SMC) foi escolhido como o que será utilizado nesse trabalho, por ser um dos mais utilizados no Brasil e

por trabalhar com um formato aberto IFC (Industry Foundation Classes). Trata-se de um Software que foi desenvolvido em ambiente Java pela empresa Solibri.Inc..

Segundo (Eastman et al., 2008) o SMC tem como funcionalidades analisar modelos BIM com um conjunto de regras para identificar e avisar os potenciais problemas, conflitos ou violações que a existem num determinado modelo de informação.

O software possui uma série de templates de regras prontos que podem ser customizados pelo usuário. O nível de customização é bem amplo possibilitando que um mesmo template possa atender a muitos tipos de situações. Todos os parâmetros incluídos em cada regra podem ser editados, bem como o grau de severidade de cada regra, o que faz com que estas regras possam ser adaptáveis a uma determinada realidade. O software ainda possibilita a combinação de regras e templates diferentes ampliando significativamente a sua abrangência. Porém, existe um fator limitador. A construção ou modificações dos templates existentes só pode ser realizada pelos desenvolvedores do SMC limitando a possibilidade de customização realizada pelo usuário.

A interface com o usuário é relativamente simples não sendo necessário que o usuário tenha conhecimento em linguagem de programação. O software possui vários tutoriais, e exemplos de regras já customizadas que facilitam muito o aprendizado.

Uma vez que as regras estejam parametrizadas, a aplicação nos modelos ocorre de maneira rápida e dinâmica. O software produz um relatório identificando quais as regras foram atendidas e quais não foram. As que não foram podem ser visualizadas dinamicamente na posição exata que ela se encontra no modelo facilitando muito a identificação do problema por parte do usuário.

Já a parte da parametrização do software verificador de regras contempla a fase mais complexa do processo que é o entendimento das regras em si e a tradução para uma linguagem necessária para o funcionamento do software.

Solihin e Estman (2015) afirmam que as normas e códigos são feitos para os seres humanos e em muitos casos é necessária uma interpretação da regra exigindo um significativo domínio do assunto. Existem conceitos implícitos e relações com outras normas, e para parametrização de regras é necessário fazer essa tradução para que uma máquina consiga fazer essa verificação.

4 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia da investigação proposta para esse trabalho é baseada nos procedimentos de pesquisa denominado pesquisa construtiva (constructive research).

De acordo com Lukka (2003), a abordagem da pesquisa construtiva é um procedimento de investigação para a produção de construções inovadoras, destinadas a resolver os problemas enfrentados no mundo real e, por esse meio, para fazer uma contribuição à teoria da disciplina na qual ela é aplicada.

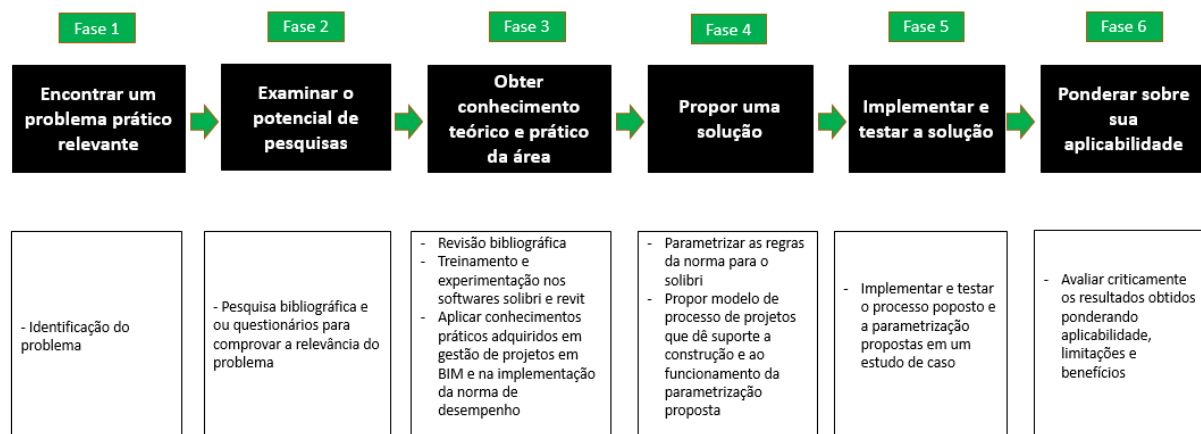
Uma característica importante dessa metodologia é o modo como o pesquisador participa do processo estudado. Diferentemente de um estudo de caso, onde pesquisador geralmente age como um observador interferindo o mínimo possível no processo, na pesquisa construtiva a sua participação é muito mais intensa.

Lukka (2003) afirma a característica de um estudo empírico construtivo é a intervenção forte e explícita do pesquisador. Opostamente ao objetivo típico de uma pesquisa tradicional onde é desejável que a intromissão empírica seja mínima.

O método da pesquisa construtiva desenvolve-se em fases, conforme Lukka (2003): (i) encontrar um problema prático relevante, (ii) examinar o potencial de pesquisa, (iii) obter conhecimento teórico e prático da área, (iv) propor uma solução, (v) implementar e testar a solução e (vi) ponderar sobre sua aplicabilidade.

Aplicando essa divisão do trabalho a esse trabalho, propõe-se adotar o seguinte fluxo demonstrado na fig. 1.

Figura 1 – Aplicação das fases da pesquisa construtiva proposta por Lukka nesse trabalho



Fonte: Os autores

5 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho ainda está em desenvolvimento. Os resultados que serão apresentados a seguir são preliminares. Por limitação de conteúdo optou-se nesse artigo em não detalhar as fases 2 e 3.

5.1 Fase 1 – Encontrar um problema prático relevante

A verificação do atendimento dos parâmetros normativos exigidos nos projetos de arquitetura e engenharia é um problema emergente. Essa é uma atividade complexa exigindo muito tempo e conhecimento dos profissionais de projeto em função do número extenso de requisitos que necessitam ser atendidos. Essa complexidade da verificação manual em muitos casos se soma à prazos curtos para desenvolvimento dos projetos e ao despreparo dos projetistas e assim, não é incomum encontrar projetos em desacordo com as normas pela ineficiência dessa etapa. A norma de desempenho exemplifica bem esse contexto complexo dos códigos normativos e são muitos os requisitos que precisam ser verificados na fase de projetos. A automação dessa verificação por meio de regras introduzidas nos sistemas computacionais com uso de ferramentas de análise de modelos BIM é uma inovação convergindo para o objetivo de uma abordagem da metodologia de pesquisa construtiva.

5.2 Fase 4 – Propor uma solução

Essa fase foi dividida em duas partes distintas: classificação dos requisitos da norma NBR15.575, proposta da sistemática para estruturação/tradução das regras.

5.2.1 Classificação dos requisitos da norma NBR 15575

Nessa etapa foi identificado e quantificado quais são os requisitos da norma de desempenho que estão relacionados à fase de projetos e quais deles são possíveis aplicar regras automáticas com a utilização do SMC.

Esse trabalho foi feito em dois momentos: No primeiro, foi levantado o total de requisitos exigidos pela norma e identificado qual o percentual desses que estão relacionados a etapa de projetos. No segundo momento, a partir desse universo, os requisitos foram classificados da seguinte forma:

- Requisitos que não são proposições
- Requisitos que remetem a outras normas
- Requisitos que são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que não são verificáveis automaticamente pelo SMC
- Requisitos que são parcialmente verificáveis pelo SMC

Foram classificados como requisitos que não são proposições aqueles que remetem há pontos da norma onde apenas transcrevem recomendações ou demonstram indicações vagas, isto é, há pontos da regulamentação que não podem ser formulados como uma proposição com a possibilidade de atribuir um conteúdo como falso ou verdadeiro. No quadro 1.1 é apresentado um exemplo.

Quadro 1.1 – Exemplo de requisito que não é uma proposição

<p>Seção 2.2.1 – Implantação</p> <p>"Para edifícios ou conjuntos habitacionais com local de implantação definido, os projetos de arquitetura, da estrutura, das fundações, contenções e outras eventuais obras geotécnicas devem ser desenvolvidos com base nas características do local da obra (topográficas, geológicas e etc.), avaliando-se convenientemente os riscos de deslizamentos, enchentes, erosões..."</p>
--

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.14

A norma de desempenho em muitos momentos declara que para o atendimento de determinado requisito basta atender os requisitos de outra norma específica. Os requisitos que possuem essa característica receberam a classificação de requisitos que remetem a outras normas. Um exemplo disso é demonstrado no quadro 1.2.

Quadro 1.2 – Exemplo de requisito que remete a outra norma

<p>Seção 8.3 - Requisito - facilitar a fuga em situação de incêndio</p> <p>Seção 8.3.1 - Critérios - Rota de fuga</p> <p>"As rotas de saída de emergência dos edifícios devem atender ao disposto na ABNT NBR 9077."</p> <p>Seção 8.3.2 - Métodos de avaliação</p> <p>"Análise do projeto ou inspeção por protótipo."</p>

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.17

Foram classificados como requisitos que são verificáveis ou não verificáveis automaticamente pelo SMC os requisitos que terão sucesso ou não no processo de parametrização proposto por esse trabalho. É apresentado no quadro 1.3 um exemplo de classificação de dois requisitos da norma verificável pelo SMC.

Quadro 1.3 – Exemplos de requisitos verificáveis pelo SMC

<p>Seção 16.1.1 - Critério - Altura mínima de pé direito</p> <p>" A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m".</p>
--

" Em vestibulos, halls, corredores, instalações sanitárias e dispensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,30 m.

Fonte: NBR 15.575-1 Parte 1: Requisitos Gerais, 2013, pg.35

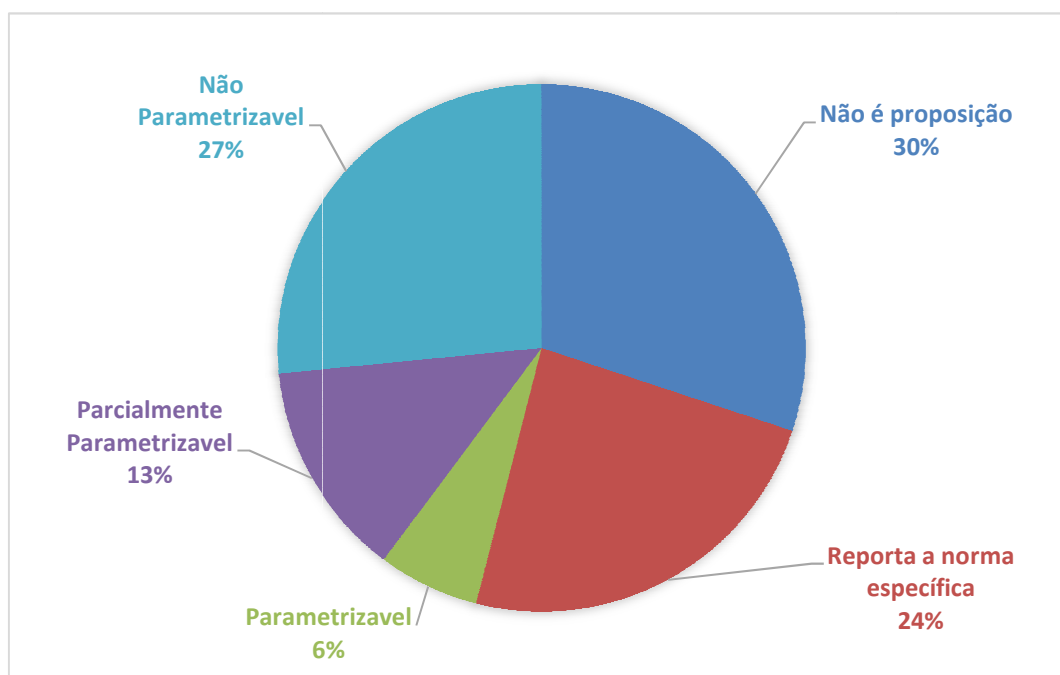
Finalmente, algumas regras vão precisar de algum tipo de interação humana. Ou para verificar os resultados, ou para tomar decisões que o computador não é capaz de fazer ou que, por limitações do software, o mesmo execute apenas parte da verificação de um requisito necessitando da interação humana para completar o restante do trabalho. Os requisitos que tiverem essas características foram classificados como parcialmente verificáveis pelo SMC.

Os resultados preliminares obtidos nessa fase estão apresentados a seguir, porém, como a parametrização de todos esses requisitos da norma ainda está em curso, podem ocorrer pequenas variações.

A ND possui 704 itens e subitens. Desses, 221 são requisitos, 113 requisitos são de projeto. Foi considerado como requisito de projeto os requisitos que a norma expressa explicitamente que é de projeto ou que o método de avaliação de atendimento do requisito indicado pela norma seja por análise de projeto.

Desse universo de 113 requisitos de projeto temos: 34 requisitos não são proposições (30%), 27 reportam para outra norma específica (24%), 30 não são verificáveis automaticamente pelo SMC (27%), 7 são verificáveis (6%) e 15 verificáveis parcialmente (13%) como demonstra a fig. 2.

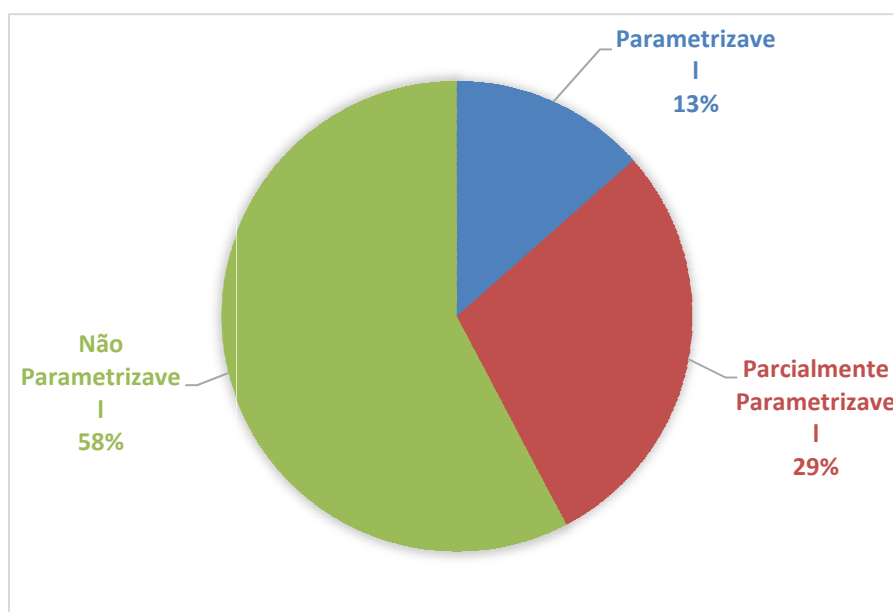
Figura 2 – Gráfico com a classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho



Fonte: Os autores

Porém, para avaliar o percentual de requisitos da norma que o software pode contribuir com a verificação automática é necessário eliminar desse universo os requisitos que não são proposições e os requisitos que reportam para outra norma específica. Assim, sobram 22 requisitos (42%) que podem ser verificados pelo software, sendo 7 requisitos (13%) verificáveis automaticamente e 15 parcialmente verificáveis (29%) como mostra a figura 3.

Figura 3 – Gráfico com a classificação proposta dos requisitos de projeto da norma de desempenho excluindo as classificações que não são proposições ou que reportam para outra norma específica.



Fonte: Os autores

5.2.2 Proposta da ferramenta para tradução das regras

O SMC contém templates de regras prontos que podem ser combinados e/ou customizados. Dependendo do requisito da norma será necessário construir e combinar vários templates e regras diferentes para verificar um único requisito na norma. Esse processo de tradução e parametrização é complexo e precisa ser transparente para que o usuário final tenha confiança ao aplicar as regras de verificação.

Bell (2009) afirma que o usuário final precisa confiar que as regras que ele aplica são relevantes e corretas. Se ele pode repetir todos os passos utilizados para chegar a cada regra em particular, ele terá uma grande fonte de documentação adicionada aos seus procedimentos de garantia de qualidade.

Nessa etapa uma sistemática é proposta por esse trabalho para que isso aconteça, e uma tabela que funcionará como ferramenta de construção, entendimento e manutenção da parametrização proposta. O objetivo é





auxiliar o trabalho de tradução da linguagem normativa para a linguagem do software deixando claro o passo a passo de todo o processo de tradução/parametrização formando um caminho rastreável que pode ser percorrido em ambos os sentidos. Permitirá que o usuário entenda com profundidade como cada regra foi parametrizada e possibilitará usar essa estrutura para editar ou parametrizar novas regras.

A figura 4 apresenta um esquema dessa sistemática com a tabela proposta com duas regras parametrizadas de exemplo.

Figura 4 – Ferramenta proposta para tradução da linguagem normativa para a linguagem do SMC.



rastreabilidade

n	Requisito da norma	Localização na norma	Classificação	Questionário		Tradução para linguagem do SMC	Requisitos mínimos do modelo		regras preliminares		regras principais		
				pergunta	resposta		Nível LOD	Descrição do requisito p/ SMC	template solibri	Descrição da construção	Link da visualização da tela de config.	template solibri	descri. Construção
1	Cratório - Altura mínima de pé direito - A altura mínima de pé direito não pode ser inferior a 2,50 m. Em vestiários, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja reduzido ao mínimo de 2,20 m. Nos vãos com vigas, inclinação - o pé direito mínimo deve ser mantido pelo menos 80% da superfície do vão, permitindo na superfície restante que o pé direito possa descer até o mínimo de 2,00m	Caderno 1, item parametrizável 16.11, pag 35	nível 3	Existe alguma dúvida na nomenclatura e ou definições utilizadas?	Sim. O pé-direito. Distância do piso de um andar até o teto desse mesmo andar	1- A regra deverá identificar os elementos de floor e ceiling do modelo e apontar como requisito não atendido quando a distância do topo do piso ao fundo da laje ou forro tiver uma distância menor do que 2,2m. 2- A verificar se existem ambientes identificados como vestiários, hall, corredores, instalações sanitárias e despensa;	300	O modelo deve conter os pisos, lajes e forros e a classificação dos elementos deve estar correta	SQL 202 - Space Validation		SQL 220 - Component Distance	Selecionar opção check top to bottom distances e inserir 2,50 m no campo minimum distance.	
				Existe alguma dúvida na definição utilizada?	Sim. Instalações sanitárias. Será considerado banho, cozinha, área de serviço, lavabo.								
2	Comunicação com o exterior - Recomenda-se que a iluminação natural das salas de estar e dormitórios seja provida de vãos de portas ou janelas. No caso de janelas, recomenda-se que a cota do perfil esteja posicionada no máximo a 800 cm do piso interno, e a cota de estela do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme figura 1	Caderno 1, item parametrizável 13.2.6, pag 29	nível 4	Existe alguma definição ou informação oculta?	não	A regra deverá: 1- verificar se existem ambientes de sala de estar e dormitórios; 2- verificar se esses ambientes contêm portas ou janelas com o exterior; 3- verificar se a distância da face interior da laje até o piso é <= a 1m; 4- verificar se a distância da laje superior da janela com o exterior em relação ao piso é <= a 22cm.	250	O modelo deve conter os pisos, lajes, janelas, portas. Os espaços devem estar identificados com o nome correto	SQL 202 - Space Validation		SQL 222 - Component Distance	PI espaços classificados como "hall", "hall de escada", "hall de entrada", "corredor", "banho", "banheiro", "despensa" selecionar opção check top to bottom distances e inserir 2,30 m no campo minimum distance. Demais espaços 250m.	
				Existe algum item substituído?	não								

Fonte: Os autores

Detalhando o passo a passo da esquerda para a direita tem-se: primeiramente a transcrição do requisito e a localização na norma. Na sequência, na etapa da interpretação, é feito um questionário com o objetivo de deixar mais claro o requisito. Muitas vezes, existem conceitos implícitos ou relações com outras normas que precisam ser claramente entendidos. Posteriormente, na etapa linguagem do SMC, o requisito uma vez esclarecido os pontos obscuros na etapa anterior são agora transcritos de uma maneira mais detalhada já com a linguagem de entrada do software. Na sequência, vem os requisitos que o modelo 3D feito no software de modelagem deve conter com seu respectivo nível de desenvolvimento LOD para que cada regra funcione corretamente. Por fim, vem a etapa de construção da lógica de programação. A maioria dos requisitos da norma exigirá a combinação de várias regras e templates do SMC. Além disso, será necessário criar regras preliminares que verifiquem se o modelo 3D contém as informações e o nível de desenvolvimento detalhados na etapa anterior. Nessa etapa ainda constarão os números dos templates utilizados, a descrição da construção da parametrização e um link que transportará o usuário para a imagem da tela do SMC com a configuração preenchida.

5.3 Fase 5 – Implementar e testar a solução

Como esse trabalho ainda está em andamento, essa etapa ainda não está concluída. Nessa fase propõe-se implementar a solução proposta na fase 4. A implementação e os testes das soluções propostas estão ocorrendo em um estudo de caso real. A empresa é uma incorporadora de grande porte e os projetos escolhidos estão vinculados ao programa habitacional Minha Casa Minha Vida. Foram criados dois indicadores que poderão mensurar esse teste. O primeiro deles é o tempo. Está sendo medido o tempo da verificação do projeto pelo método tradicional e pelo método proposto. O segundo indicador é a contagem de não conformidades encontradas pelos dois métodos no mesmo projeto (verificação manual e automática).

5.4 Fase 6 – Ponderar sobre sua aplicabilidade

Apesar do trabalho ainda não estar concluído, algumas considerações já podem ser compartilhadas por esse artigo.

- O SMC se mostrou aderente e muito útil na proposição de verificação de códigos normativos.
- Existem limitações em função dos templates padronizados impossibilitando que o usuário crie seus próprios.
- É necessário avaliar e equilibrar o esforço x benefícios nas etapas: modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.
- A interface com o usuário é relativamente simples, mas exige um conhecimento significativo do software.

- Foram observados alguns problemas de interoperabilidade que foram resolvidos com um formato para a padronização na exportação do software de modelagem para o formato IFC.
- O conteúdo, o formato e o processo de desenvolvimento de projetos influenciam diretamente a parametrização das regras.
- Para realizar a tradução/parametrização das regras é necessário um domínio no conteúdo da norma em si e do SMC.
- A ferramenta proposta por esse trabalho no item 5.2.2 se mostrou muito útil na construção da parametrização.
- Para maior confiabilidade da regra parametrizada é necessário que as mesmas sejam testadas no máximo de modelos possível para avaliar se existe alguma inconsistência na parametrização da regra.
- A ND possui muitos requisitos subjetivos que não podem ser verificados por sistemas computacionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados parciais obtidos até agora são satisfatórios e em linha com os objetivos desse trabalho. A etapa descrita no item 5.3 está em andamento e é objetivo do trabalho do mestrado concluí-la.

O SMC se mostrou aderente ao propósito de verificar regras normativas em modelos de projeto BIM podendo contribuir para agregar valor ao produto e ao processo de desenvolvimento de projetos. Mas, para que isso aconteça é necessário que a tradução/parametrização seja feita de forma consistente e transparente. A tabela proposta nesse trabalho se mostrou uma ferramenta importante para que isso aconteça.

O processo de verificação automática está intimamente ligado ao processo de desenvolvimento do modelo e, portanto, é recomendado que uma abordagem conjunta com uma avaliação do esforço x benefícios nas etapas: modelagem, parametrização e verificação para cada requisito da norma.

As normas não são escritas objetivando uma futura verificação de projeto automática por sistemas computacionais o que limita a automação do processo de conferência. Um exemplo disso é a norma de desempenho que foi utilizada nesse trabalho. Trinta por cento dos requisitos de projeto são subjetivos não constituindo proposições claras. Se as normas fossem redigidas, dentro do possível, com o cuidado de deixar os requisitos mais claros e menos genéricos o número de requisitos verificáveis automaticamente poderia ser bem maior.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho: Rio de Janeiro 2013.

BELL, H., et al : **Standardized Computable Rules**. Standards Norway, Strandveien 18, Developed in cooperation with the National Office of Building Technology and Administration, and Statsbygg Standards Norway, Norway, pg 1 a 68, dez 2009.

CBIC Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza, 2013.

EASTMAN, C., et al BIM Handbook: **A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manager, Designers, Engineers and Contractors**. 1 edição. John Wile & Sons, 2008, 504 p.

LUKKA, K. **The constructive research approach**. Case study research in logistics. Turku School of Economics and Business Administration, Serie B, v. 1, p. 83–101, 2003.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 324 f. Tese Doutorado (Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

RODRIGUES, J. **Utilização de modelos BIM para verificação automática de projetos**. 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2015.

SOLIBRI (SMC): banco de dados. Disponível em: <<http://www.solibri.com/solibri-model-checker.html>>. Acesso em: 15 nov 2015.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. **Classification of rules for automated BIM rule checking development**. Automation in construction, Elsevier, 53, Georgia Institute of Technology, United States, pg 69 a 82, mar 2015, journal homepage: www.elsevier.com/locate/autcon