

O Uso de Modelagem Generativa para Representação de Modulações de Alvenarias em Ferramentas BIM

The Use of Generative Modeling for Representing Masonry Modulation in BIM Tools

Msc. Candidate Ari Monteiro

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Brasil
ari.monteiro@poli.usp.br

Prof. Dr. Eduardo Toledo Santos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Brasil
eduardo.toledo@poli.usp.br

Abstract. *One approach to perform the design for production of masonry with BIM tools is to explicitly represent the wall elements. However, this strategy decreases the application performance because of model complexity. Generative Modeling is a modeling paradigm aimed at defining rules and applying them for generating models. The masonry block placement is associated with a set of rules, making the use of generative modeling a viable solution to implicitly represent the blocks. This paper presents some preliminary results of our research on investigating if Generative Modeling can help in the representation of masonry modulation and for the proposal of a shape grammar for representing its basic elements.*

Palavras chave. *modelagem generativa; gramática de forma; projeto para a produção; alvenaria; ferramentas BIM.*

Introdução

Nas ferramentas BIM, o objeto parede é representado apenas por suas dimensões externas. A composição da parede não é representada em 3D; ao invés disto, esta informação fica armazenada na forma de metadados.

Esta representação resulta em arquivos mais leves, que favorecem o desempenho da aplicação. Outra alternativa é a representação explícita dos elementos que compõem a parede, tais como os blocos e revestimentos, mas esta alternativa degrada o desempenho da aplicação, na medida em que o modelo 3D fica mais complexo.

Alguns trabalhos (Scheer et al., 2008; Monteiro et al., 2009) foram realizados para encontrar soluções de representação eficientes, mas ainda estão focados na representação explícita.

Outra abordagem é a utilização de uma representação implícita da modulação de alvenaria, obtida de maneira procedural. Nesta alternativa, ao invés de armazenar os blocos no arquivo CAD, são armazenadas regras de modulação de alvenaria no objeto parede.

Modelagem Generativa e Gramática de Forma

A modelagem generativa consiste numa técnica de modelagem procedural que utiliza um conjunto de regras para criar modelos 3D. Por meio destas regras é possível definir algoritmos que representam, implicitamente, modelos geométricos.

Segundo Havemann (2008), a modelagem generativa define uma mudança de paradigma na descrição de formas, usando operações ao invés de objetos: a forma é descrita por uma sequência de passos, e não por uma combinação de elementos geométricos.

Diferente dos modeladores 3D convencionais, os baseados no paradigma da modelagem generativa não armazenam em seus arquivos listas de objetos. Ao invés disto, são armazenadas as listas de chamadas a funções indicando como se constrói o objeto pretendido.

A partir da definição de regras para representação de geometrias, a modelagem generativa permite automatizar o processo de construção de modelos 3D. Estas geometrias não se restringem apenas a formas complexas e difíceis de modelar com os métodos

disponíveis nas ferramentas BIM atuais. Formas simples também podem ser representadas usando esta técnica de modelagem (Paracloud, 2009).

Além destas regras, um vocabulário de formas pode ser definido para aumentar ainda mais o poder desta técnica de modelagem. O conjunto definido pelas regras de representação e pelo vocabulário de formas é chamado de gramática de forma.

Segundo Celani et al. (2008), os elementos essenciais de uma gramática de forma, os quais devem ser definidos nesta ordem, são:

- a) Vocabulário de formas – conjunto finito de formas primitivas que podem ser bidimensionais ou tridimensionais;
- b) Relações espaciais – conjunto de combinações espaciais desejadas entre as formas primitivas do vocabulário;
- c) Regras – a partir das relações espaciais, são definidas regras de transformação do tipo $A \rightarrow B$ (ao encontrar A, substitua por B). Estas regras podem ser classificadas em três grupos: adição, substituição e subtração;
- d) Forma inicial – para dar início a aplicação das regras, deve-se selecionar uma forma inicial, pertencente ao vocabulário de formas.

Modeladores generativos comerciais

O conceito de modelagem generativa foi implementado de maneiras diferentes em aplicações comerciais. A maioria delas é distribuída na forma de plug-ins para aplicações de modelagem convencionais como o Rhinoceros® e o Sketchup® (Issa e Payne, 2009; Paracloud, 2009).

Para utilizar estes plug-ins, primeiro é necessária a modelagem das geometrias usando os comandos convencionais das aplicações de modelagem. Depois, os comandos dos plug-ins são utilizados para adicionar regras a estas geometrias. Estas regras são representadas utilizando o conceito de histórico de modelagem (Issa e Payne, 2009). Neste cenário, dois tipos de arquivos são salvos: o modelo 3D convencional e um arquivo contendo o histórico de modelagem, capaz de reconstruir o mesmo modelo 3D.

A aplicação comercial que mais se aproxima do conceito original de modelagem generativa é o GenerativeComponents® da Bentley Systems. O GenerativeComponents® utiliza o conceito de feature types que consiste numa lista de operações fundamentais para modelagem

SIGraDi 2009 sp

como: definição de geometrias básicas, operações booleanas e operações de medição (Aish, 2003).

No GenerativeComponents® todo processo de modelagem é registrado em um histórico de modelagem como nos plug-ins já citados. Mas, quando o trabalho é salvo, a aplicação cria apenas um arquivo (transaction file) que contém apenas as operações que geraram o modelo.

Elementos da modulação de alvenaria

Segundo Silva (2003, p. 96), os elementos básicos de uma alvenaria de vedação são as unidades de alvenaria (tijolos ou blocos) e as juntas de argamassa.

As juntas de argamassa podem ser classificadas de acordo com sua posição e função na modulação em: a) Juntas Horizontais (de assentamento, de fixação e intermediárias) e b) Juntas Verticais (secas e preenchidas).

A modulação de alvenaria é uma atividade complexa que envolve várias regras de construção e diversas variáveis de projeto. As alvenarias de vedação possuem interfaces com outros subsistemas, tais como estrutura e instalações prediais. Esta característica leva o projetista a ter que compatibilizar estes subsistemas com a alvenaria, atividade esta considerada uma das mais importantes dentro do PPVA.

Silva (2003, p. 92) enumera diversas normas técnicas (NBR-5731/82, NBR-5706/97, NBR-10837/89 entre outras) utilizadas como base para o PPVA, mas também afirma que as práticas vigentes são uma mescla destas normas com a experiência dos projetistas da área.

Regras básicas para modulação

O processo de modulação de alvenaria no PPVA é dividido três atividades principais. São elas: a) modulação horizontal; b) amarração de paredes e c) modulação vertical.

A modulação horizontal consiste na distribuição otimizada dos módulos de uma família de blocos ao longo do comprimento da parede. Este processo tem como objetivo gerar as duas primeiras fiadas da modulação de alvenaria.

A amarração de paredes é uma atividade que define como as paredes se ligam. Em ABCI (1990), podem ser vistos diversos métodos de amarração, como a amarração por tela e por intertravamento. Já a modulação vertical consiste na duplicação da modulação horizontal no sentido da altura da parede.

Em todas estas atividades, o projetista deve atentar para a resolução de eventuais interferências entre a alvenaria e outros subsistemas, orientando-se pelas seguintes regras básicas:

a) Modulação horizontal

- Uma fiada pode iniciar com qualquer módulo disponível na família de blocos;
- As juntas verticais podem ser de dois tipos: secas ou preenchidas;
- Em uma fiada é possível coexistir juntas verticais secas e preenchidas;
- Quando a junta é seca, as duas primeiras juntas nas extremidades da fiada devem ser preenchidas;
- As juntas secas devem ter espessura variando de 0,3 cm a 0,7 cm;
- As juntas preenchidas devem ter espessura variando de 0,8 cm a 1,2 cm;
- Utilizar para o cálculo inicial de fiadas a espessura 0,5 cm para juntas secas e 1,0 cm para juntas preenchidas, de forma evitar a utilização de peças de compensação e/ou enchimentos;
- Deve-se evitar que as juntas verticais fiquem a prumo, isto é, que as juntas das duas primeiras fiadas fiquem alinhadas;
- Se o cálculo de fiadas gerar juntas a prumo e/ou resíduos, sendo

estes menores que o menor módulo disponível na família de blocos, deve-se redistribuir este resíduo nas juntas da fiada;

- Se, após a execução da regra acima, não for encontrada uma solução ótima, deve-se apelar para o uso de peças compensação e/ou enchimentos;
- Uma alternativa à regra anterior é a redefinição da tolerância utilizada para cada tipo de junta vertical e o recálculo da fiada.

b) Amarração de paredes

- Para a amarração por intertravamento, uma parede entra na outra, alternando blocos nas extremidades das fiadas;
- Para a amarração com tela, uma parede pára na parede ortogonal, com 1,0 cm de junta vertical e, a cada duas fiadas, a partir da 2ª fiada, são colocadas telas de ligação, dimensionadas conforme a espessura da parede.

c) Modulação vertical

- As juntas horizontais devem ter espessura variando de 0,8 cm a 1,2 cm;
- As juntas de assentamento e fixação devem ter espessura variando de 2,0 cm a 4,0 cm;
- Utilizar para o cálculo inicial da modulação vertical a espessura de 1,0 cm para juntas horizontais e de 3,0 cm para as juntas de assentamento e fixação, de forma evitar a utilização de peças de compensação e/ou enchimentos;
- Deve-se evitar a utilização de peças de compensação e/ou enchimentos na última fiada;
- Se o cálculo de modulação vertical gerar resíduos, sendo estes menores que o menor módulo disponível na família de blocos, deve-se redistribuir este resíduo nas juntas da fiada;
- Se, após a execução da regra acima, não for encontrada uma solução ótima deve-se utilizar peças de compensação e/ou enchimentos;
- Uma alternativa à regra anterior é a redefinição da tolerância utilizada para cada tipo de junta vertical e o recálculo da fiada.

Modelagem Generativa e PPVA

A partir das regras de modulação de alvenaria e de um vocabulário de formas é possível definir uma gramática de forma, especializada na representação de modulações.

Enquanto as gramáticas de Chomsky geram linguagens simbólicas, as gramáticas da forma geram linguagens visuais (Gips, 1999). Este trabalho propõe um protótipo de linguagem visual, que denominamos MML (Masonry Modulation Language).

O escopo da MML é a descrição da modulação de alvenarias utilizando, para tal, uma gramática de forma que contém as regras e as formas básicas de uma modulação (blocos e juntas). Estão fora do escopo da MML a representação de elementos de interface com a alvenaria, tais como vergas, contra-vergas, telas e caixilhos.

Uma gramática de forma é composta por alguns elementos essenciais. Para o contexto da MML definimos estes elementos na Tabela 1. A Figura 1 ilustra as formas primitivas da gramática proposta.

As palavras geradas pela gramática MML são as fiadas que compõem a modulação. Uma fiada é definida como um conjunto de módulos de bloco e juntas verticais justapostos. Da mesma forma, a modulação é definida como um conjunto de fiadas e juntas horizontais.

O elemento da MML responsável pela geração destas palavras é sua gramática, mais especificamente, as regras de transformação desta gramática. A Figura 2 apresenta duas regras de transformação básicas da gramática proposta.

As demais regras de transformação da gramática MML devem seguir as diretrizes básicas para modulação de alvenaria apresentadas anteriormente neste artigo.

Tabela 1 - Elementos da gramática MML	
Elemento	Descrição
Vocabulário de formas	a) Módulos de blocos (bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco, 1/8 bloco); b) Juntas Verticais (secas e preenchidas); c) Juntas Horizontais (assentamento, fixação e intermediárias).
Relações espaciais	a) Posicionamento horizontal: módulo de bloco + junta vertical; b) Posicionamento vertical: módulo de bloco + junta horizontal; c) Posicionamento horizontal com rotação do módulo a 90 graus: módulo de bloco rotacionado + junta vertical.
Regras	As regras de transformação utilizadas na MML foram agrupadas em duas categorias: a) Aditivas – encarregadas da justaposição de módulos de bloco com juntas verticais (modulação horizontal) e de fiadas e juntas horizontais (modulação vertical); b) Substitutivas – encarregadas da substituição de módulos não rotacionados por uma versão rotacionada (situação típica de finalização da modulação vertical). Também estão incluídas nesta categoria as regras para amarração de paredes, pois estas envolvem a troca de módulos de bloco nas extremidades das fiadas.
Forma inicial	Qualquer módulo de bloco poderá ser utilizado como forma inicial.

Uma implementação interessante para esta gramática seria um plug-in para uma ferramenta BIM, que permita adicionar aos objetos wall (parede) as regras para representar uma modulação.

Nas ferramentas BIM é possível adicionar novas propriedades aos objetos. Este plug-in poderia ler as regras de modulação armazenadas numa propriedade especial dentro das paredes.

Estas regras poderiam ser armazenadas na forma de uma expressão compacta, que fornecesse todas as instruções necessárias para a geração da modulação. Os resultados do processamento desta expressão poderiam ser: a) uma textura aplicada nas faces do objeto parede, representando visualmente a modulação; b) a quantidade de módulos de blocos e o volume de argamassa consumido pelas juntas, ambos os valores armazenados dentro de propriedades da parede.

Adicionalmente, deve ser possível atualizar esta textura e quantitativos quando as dimensões do objeto parede forem alteradas pelo usuário.

Considerações Finais

Os resultados preliminares deste trabalho permitiram verificar que os conceitos de modelagem generativa e gramáticas de forma apresentaram-se como abordagens interessantes de solução para a representação implícita de modulações de alvenaria.

A partir de um conjunto de regras básicas foi possível esboçar um protótipo de linguagem visual (Masonry Modulation Language), cuja gramática de forma permite representar os elementos básicos de uma modulação de alvenaria.

Na continuidade da pesquisa serão feitos o detalhamento da especificação da MML de forma incluir o tratamento das demais regras de modulação e a implementação desta linguagem visual numa ferramenta BIM.

Créditos

À Arq^{ta}. Rita Cristina Ferreira, da DWG Arquitetura e Sistemas S/C, pelas informações fornecidas sobre as regras básicas do PPWA.

Referências

- ABC: 1990, Manual técnico de alvenaria, Associação Brasileira da Construção Industrializada Projeto/PW editores, 1990.
- Aish, R.: 2009, Introduction to GenerativeComponents – A parametric and associative design system for architecture, building engineering and digital fabrication. International symposium distribute intelligence in design – GenerativeComponents Workshop, 16p.
- Bentley. GenerativeComponents: an associative and parametric modeling system. Disponível em: <http://www.bentley.com/en-US/Promo/Flash/GenerativeComponents.htm>. Acessado em: 28/05/09.
- Celani, G.; Cypriano D.; Godoy G.; Vaz C.E.: 2006, A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura, Conexão (Caxias do Sul), v. 5, p. 180-195.
- Gips, J.: 1999, Computer Implementation of Shape Grammars, NSF Workshop on Shape Computation at MIT, Apr. 25 and 26, 1999. Disponível em: <http://www.shapegrammar.org/implement.pdf>. Acessado: 28/03/09.
- Havemann, S.: 2008, GML Introduction - The Generative Modeling Language, 17p. Disponível em: http://www.generative-modeling.org/GenerativeModeling/Documents/GML-Introduction_Chapter5.pdf. Acessado em: 03/04/09.
- Issa, R.; Payne. A.: 2009, The Grasshopper Primer 2ND Edition, 163p. Disponível em: <http://grasshopper.rhino3d.com>. Acessado em: 28/05/09.
- Monteiro, A.; Ferreira, R.C.; Santos, E.T.: 2009, Algumas abordagens para representação detalhada de elementos de paredes de alvenaria em ferramentas BIM, TIC Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, 10p.
- Paracloud. Parametric brick pattern with ParaCloud GEM 3.0, 2009. Disponível em: <http://paraclouding.com>. Acessado em: 22/08/09.
- Scheer, S.; Ayres, C.; Azuma, F.; Beber, M.: 2008, CAD-BIM requirements for masonry design process of concrete blocks, CIB W78 International Conference on Information Technology in Construction, 25, pp. 40-47.
- Silva, M.M.A.: 2003, Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação (Dissertação), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 167p.

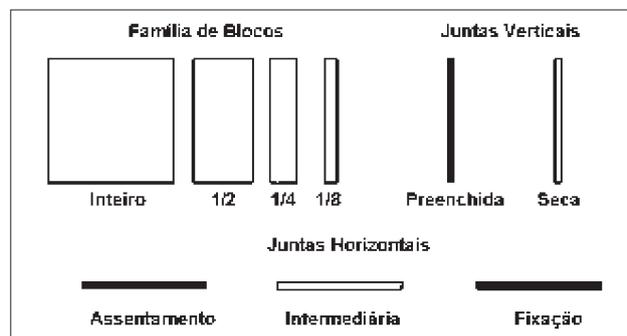


Figura 1 – Vocabulário de formas da gramática MML (Monteiro, A., 2009).

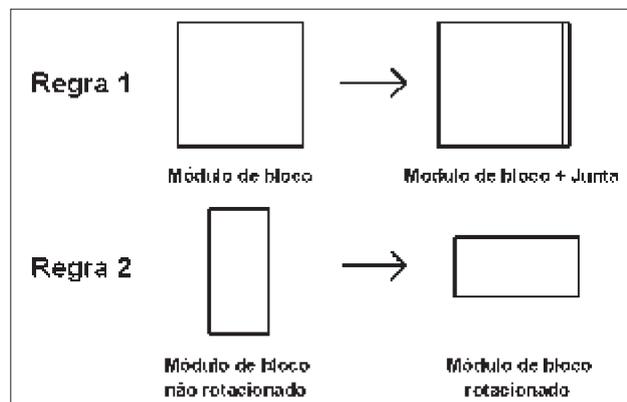


Fig. 2 – Algumas regras de transformação da MML (Monteiro, A., 2009).