

OPERACIONALIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO POR MEIO DO ENRIQUECIMENTO SEMÂNTICO EM MODELOS BIM DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

ARTIGO

Operationalization of design parameters through semantic enrichment in BIM models of social housing

Giovanna Tomczinski Novellini Brígite¹, Regina Coeli Ruschel²

RESUMO: O uso da Modelagem de Informação da Construção (BIM) tem transformado o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação. Entretanto, a exploração de alternativas de projeto continua um desafio, desperdiçando o enorme impacto que a tecnologia possui no auxílio à tomada de decisões qualificadas no início da projeção. A investigação na fase de concepção decorre da necessidade de integração à todas as etapas de projeto, permitindo que as informações geométricas ou não, sejam gerenciadas desde o início, fomentando um projeto integralizado. Tendo em consideração que BIM admite estas novas abordagens, examina-se a oportunidade e potencialidade de renovar a aplicabilidade de parâmetros de projeto (Alexander et al., 1977), assistindo a elaboração de algoritmos capazes de legitimar respostas aos problemas projetuais ainda no início do processo, podendo ser evidenciada no âmbito de projetos habitacionais de interesse social (HIS). Neste sentido, este artigo discute o uso combinado de ferramentas de autoria de modelos e de ferramentas baseadas em linguagem de programação visual no auxílio à etapa de concepção através do Enriquecimento Semântico em BIM. Esta metodologia provou ser viável no auxílio à tomada de decisão no processo de projeto de HIS. Os métodos aplicados no desenvolvimento desta metodologia podem ser reproduzidos com o propósito de qualificar outras tipologias de edifício.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem de Informação da Construção (BIM); Patterns; Linguagem de Programação Visual (VPL); Concepção Arquitetônica; HIS

ABSTRACT: ABSTRACT The use of Building Information Modeling (BIM) has transformed the Architecture, Engineering, Construction and Operation industry. However, the exploration of design alternatives continues as one of its biggest challenges, wasting the enormous impact that technology has on the subsidy decisions still taken at the design stage. The investigation of research in the design stage comes from the need to think it integrated to all the phases of the project, thus enabling the management of the information, geometric or not, from the beginning of the process, promoting an integrated project. Considering that BIM is able to support these new approaches, we examine opportunity and potential of renewing the applicability of renewing the application of patterns (Alexander et al., 1977), supporting the construction of algorithms capable of authenticating new solutions in the design of projects that can be validated in the context of the project of social housing (HIS). In this sense, this article discusses the combined use of model authoring tools and visual programming language based tools to aid in the design stage through Semantic Enrichment of BIM. This methodology proved to be applicable and of great potential to support the HIS design process. The methods used for the elaboration of this methodology can be replicated in order to qualify other types of building.

KEY WORDS: Semantic Enrichment of BIM (SEBIM); Patterns; Visual Programming Language (VPL); Architectural Design; Social Housing

¹ Centro Universitário Facens

² Universidade Estadual de Campinas

How to cite this article:

BRÍGITE, G. T. N.; RUSCHEL, R. C. Operacionalização de parâmetros de projeto por meio do enriquecimento semântico em modelos BIM de habitação de interesse social. *Gestão e Tecnologia de Projetos* São Carlos, v15, n2, p.20-32, 2020. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v15i2.159857>

Fonte de Financiamento:

Não declarada

Agência de Fomento: Não declarado

Conflito de Interesse: Não declarado

Submetido em: 10/07/2019

Aceito em: 05/05/2020

INTRODUÇÃO

Embora muitas ferramentas tenham suas potencialidades reconhecidas e evidenciadas por diversos autores nacionais e internacionais, tanto em CAAD como em BIM (EASTMAN *et al.* 2014; JANSSEN, P. *et al.* 2017), ainda é escassa a aplicação de meios digitais como suporte à etapa criativa em escritórios nacionais, sendo identificadas somente algumas iniciativas despontando timidamente.

Além disso, verifica-se que a maior parte das pesquisas e publicações nacionais relacionadas a BIM invocam estágios posteriores à concepção, concentrando-se em áreas de gestão, execução e operação, negligenciando o gerenciamento das informações na totalidade do processo de projeto (BOSCH, *et al.*, 2015; KASSEM, *et al.*, 2015; KOUTAMANIS, 2017).

Este cenário contrapõe-se à relevância que a etapa de concepção do projeto arquitetônico apresenta, visto que é neste estágio em que se imputa aos projetistas a ciência das consequências de todas as decisões projetuais, dado que o encadeamento das definições inerentes à esta etapa tem uma forte interferência na qualidade espacial da edificação.

Esta prática desconsidera e desvaloriza o gerenciamento de informações fundamentais à concepção do projeto, conferindo destaque à subjetividade das propostas, isto é, parte das informações identificadas no estágio de análise, e que precedem e determinam a síntese, perdem-se no decorrer do processo, ao passo que as soluções desta etapa podem ser expressas através de referências e tipos (KOUTAMANIS, 2017).

Koutamanis (2017) revela que o maior impacto está no conjunto de informações ausentes de geometria. Sacks *et al.* (2019) enfatizam que grande parte da semântica está contida em dados internos dos sistemas BIM, e que desse modo, sistemas genéricos de revisão de modelos não conseguem acessar, visto que exigem explicitamente definições de parâmetros, conexões, agregações e outras estruturas topológicas. Nesta circunstância, foi proposto um processo denominado Enriquecimento Semântico (ESBIM) capaz de adicionar aos modelos BIM dados inexistentes à uma aplicação ou requisito específicos (BELSKY *et al.*, 2016).

O ESBIM favorece a avaliação da capacidade de soluções projetuais em alcançar seus propósitos práticos e sociais durante a fase de Avaliação Pré-Construção (APC), termo sugerido por Rappl e Medrano (2017). Os autores ilustram a APC como sendo uma avaliação de um projeto com vista às premissas estabelecidas no programa de necessidades, através da qual é possível verificar se o projeto atende aos requisitos dos clientes, orientações para a qualidade, custos, normas e outras exigências; e também o relatório ambiental, no qual se examina a probabilidade de impacto do projeto sobre o ambiente (VOORDT; WEGEN, 2013).

Assim sendo, BIM pode ter um impacto fundamental no início do projeto provendo suporte à implementação de soluções fundamentadas em dados indispensáveis, sejam eles geométricos ou não, permitindo além do armazenamento e gerenciamento de conhecimentos da edificação, reunir e organizar todas as informações relevantes contribuindo com a variação e o desenvolvimento de novas soluções de projeto, mesmo na ausência de geometria (EASTMAN *et al.*, 2014; KOUTAMANIS, 2017).

A sistematização de problemas do projeto arquitetônico apresentada por Alexander *et al.* (1977), direcionou a estruturação de algoritmos no intuito de investigar ou legitimar as propostas para HIS através de soluções BIM. Neste contexto, revisitar Alexander corrobora com as vertentes apresentadas por Daves e Ostwald (2017) para o futuro da linguagem de parâmetros de projeto:

“The identification and organisation of these criticisms suggests three possible directions for the future of pattern languages. The first is to consider A

Pattern Language as a historical artefact worthy of further exploration. The second investigates the concept of pattern languages including whether or not they can be rigorously tested and whether they are practical design methodologies, the third is to develop new pattern languages without the restrictions of Alexander's ontological and epistemological positions." (DAVES; OSTWALD, 2017).

Desta forma, objetiva-se investigar de que modo BIM pode ser inserido no estágio inicial do projeto para incorporar princípios qualitativos na avaliação pré-construção de diversas propostas projetuais, proporcionando um apoio real à tomada de decisão. Aplica-se esta proposição no contexto de soluções projetuais para conjuntos HIS, motivando a incorporação do conhecimento referente à relação ser humano–ambiente ao BIM. Destacam-se neste artigo: (i) a triagem de parâmetros de projeto, provenientes de Alexander *et al.* (1977), apropriados para a elaboração de algoritmos; e (ii) a algoritmização de parâmetros de projeto através de Programação Visual em BIM.

PARÂMETROS DE PROJETO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Alexander (1979) propicia a teoria e orientações para prática da linguagem, introduzindo o trabalho de Alexander *et al.* (1977) como uma das possíveis linguagens de parâmetros pretendida. Ainda assim, seria imprescindível interpretá-la conforme o contexto social, temporal e regional do projeto em questão. Como ressalta Alexander *et al.* (1977) é essencial que o projetista inicie o processo de projeto embasado pelas especificidades do contexto. Os autores argumentam ainda sobre a potencialidade de relações entre os parâmetros projetuais em seus diferentes níveis de conexão.

Tendo em vista a advertência de Salingrados (2000) de não considerar Alexander *et al.* (1977) meramente com um catálogo de parâmetros, e por não ser o objetivo desta pesquisa criar ou identificar novos parâmetros, remete-se à tese de doutorado de Barros (2008) para a triagem de parâmetros de projeto provenientes da reflexão e prática do processo projetual baseado em Alexander e seus colaboradores.

Na estruturação metodológica de sua pesquisa, Barros identifica os parâmetros projetuais associados à duas escalas: implantação e habitação, provenientes da investigação de soluções projetuais premiadas da habitação coletiva paulista entre 1980 a 2005, documentadas em periódicos nacionais.

O trabalho de Barros contribui na reflexão do exercício projetual enaltecendo o vínculo entre conceitos humanizadores e a qualidade espacial do projeto de habitação coletiva.

Os 74 parâmetros de projeto selecionados pela pesquisadora, a partir dos 253 descritos em Alexander *et al.* (1977), estabelecem um método projetual composto por quatro grupos: (1) originais identificados nos projetos, (2) Novos identificados nos projetos, (3) originais incorporados aos novos parâmetros, (4) originais acrescentados à estratégia. A coleção resultante estrutura-se e apresenta-se em duas escalas: Senso de Habitabilidade (45) e Senso de Urbanidade (37).

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO PARA AVALIAÇÃO DE MODELOS BIM

A metodologia aplicada no presente trabalho consiste na aplicação de três métodos (Fig.1) dentro do contexto de *Design Science Research* (HEVNER; *et al* 2004; VAISHNAVI; KUECHLER, 2005) visando o desenvolvimento desejado. O primeiro é um método de triagem dos parâmetros de projeto apropriados para a elaboração de algoritmos em BIM. O segundo método estabelece a algoritmização dos parâmetros de projeto. Por fim, apresenta-se um método de associação do algoritmo ao Modelo de Informação.

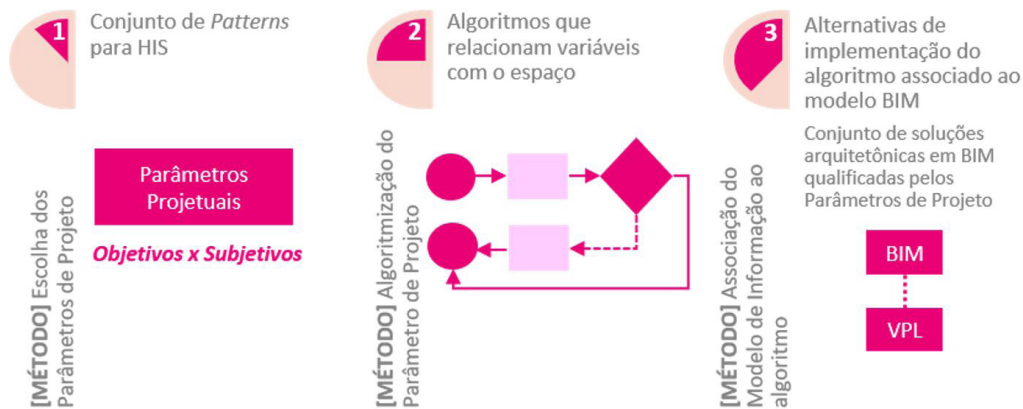


Figura 1: Metodologia

Fonte: Autores

Contribuíram na elaboração dos métodos expostos neste trabalho os modelos teóricos sugeridos por Godoi (2018), Solihin e Eastman (2015), Chen *et al.* (2011) e Seghier *et al.* (2017). O primeiro apoia a definição das variáveis que compõem cada algoritmo; o segundo apoia a identificação das categorias de algoritmização, o terceiro compreende a conexão dos objetos à BIM; por fim, o modelo proposto por Seghier *et al.* (2017), orienta a extração automática e gestão dos dados do modelo BIM.

Ao examinar o trabalho de Alberti, *De re aedificatoria* (1485), Godoi (2018) propõe uma estratégia para a definição de variáveis que compõem cada algoritmo mediante uma leitura analítica ordenada da seguinte maneira: (1) Identificação dos parágrafos/ frases que contêm os parâmetros; (2) Explicação gráfica da ligação entre os parâmetros; (3) Descrição das sentenças matemáticas, identificando os tipos de parâmetros envolvidos e suas conexões.

Assim sendo, este modelo é caracterizado pela transposição de parâmetros de projeto em algoritmos. No entanto, fez-se necessário neste trabalho o acréscimo de três etapas: duas preliminares, (1) para a Classificação dos parâmetros de projeto quanto ao nível de detalhamento e (2) Identificação das categorias de automatização, através do modelo apresentado por Solihin e Eastman (2015), e uma posterior, (3) de associação do algoritmo ao BIM, modelo proposto por Chen *et al.* (2011).

Solihin e Eastman (2015) categorizam as regras de verificação em quatro classes: (i) regras baseadas em dados explícitos, (ii) regras baseadas em valores derivados, (iii) regras que necessitam de dados estruturados e (iv) regras que requerem a prova de uma solução específica. São automatizáveis as três primeiras classes de regras. Aplica-se esta lógica aos parâmetros de projeto para avaliar o potencial de algoritmização.

Chen *et al.* (2011) abrangem em seu modelo a atribuição de diferentes tipos de informação aos objetos BIM, dados necessários à gestão, construção e planejamento. Os autores investigam diferentes processos discretos de classificação da informação executados no contexto da construção, como por exemplo a caracterização de elementos, materiais, dimensões, tipos de serviço, escalas diferentes de gerenciamento. As classificações regulam a estrutura dos atributos de um objeto BIM: dados geométricos, contenção hierárquica, e conteúdo de construção (CHEN *et al.*, 2011), aplicados no intuito de expor as propriedades fundamentais na elaboração de componentes. Para este trabalho, adapta-se o modelo sugerido pelos autores quanto aos atributos da seguinte forma: (A) classificação do objeto, (B) dados geométricos do objeto e (C) informação da construção.

A proposta de Seghier *et al.* (2017), para extrair automaticamente as informações do modelo BIM, foi elaborada para apoiar o projetista durante a etapa inicial do projeto de construções sustentáveis. Por intermédio destes

estudos os autores buscam remediar a carência de ferramentas e fluxos de trabalho que garantam um retorno em tempo real na etapa de concepção. A proposta apresentada pelos autores vem ao encontro dos interesses expostos neste trabalho, porém, distinguem-se quanto ao objeto de avaliação, no primeiro voltado à sustentabilidade das edificações e, neste, a ênfase está na relação humano-ambiente.

O fluxo de trabalho proposto por Seghier *et al.* (2017), para a avaliação do projeto, fundamenta-se na cooperação entre ferramentas BIM e de Linguagem de Programação Visual (VPL). De modo que as informações são extraídas do modelo 3D BIM e gerenciados através das ferramentas Revit, Excel e Dynamo, como pretende-se neste trabalho.

IMPLEMENTAÇÃO DA AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE MODELOS BIM

A investigação sobre os 74 parâmetros de projeto, organizados e apresentados por Raquel Barros (2008), permitiu classificá-los não apenas de acordo com nível de detalhamento do modelo (LoD), dentro as escalas de aplicação: Senso de Urbanidade e Senso de Habitabilidade, como também quanto às categorias de automatização, se explícita (objetivo) ou implícita (subjetivo) e geométrica ou informacional. Com base nessa classificação 35 parâmetros de projeto foram parametrizados, no LoD 200 (BRÍGITTE; RUSCHEL, 2018).

O Quadro 1 apresenta os 35 parâmetros de projeto, classificados quanto ao Senso de Urbanidade ou Habitabilidade dispostos em ordem alfabética (em sua tradução) e seguidos da numeração adotada na publicação original.

Quadro 1: Parâmetros de projeto parametrizáveis dentro da escala de aplicação

Fonte: Brígite (2019)

SENSO DE URBANIDADE (16)	SENSO DE HABITABILIDADE (23)
Ambientes semiabertos ao longo dos limites (166)	Aberturas naturais (221)
Arcadas (119)	Ambiência para refeições (182)
Caminhos e lugares	Ambiente junto à janela (180)
Edifícios conectados (108)	Balcão iluminado (199)
Entrelaçamento de edificação e lugar (168)	Circulação com contraste (135)
Escadas abertas (158)	Escada com passagem visível (133)
Estacionamento Camuflado (97)	Gradiente de intimidade (127)
Estacionamentos pequenos (103)	Janelas salientes para a rua (164)
Unidades ao redor do pátio (N1)*	Lareira (181)
Unidades em fita* (38)	Layout da cobertura (209)
Orientação solar para o espaço externo* (105)	Unidades ao redor do pátio (N1)*
Praças pequenas (61)	Mais de uma orientação para unidades agregadas (N2)
Recuo frontal nulo (122)	Estratégias para privacidade (N3)
Ruas permeáveis (51)	Nicho para dormir (188)
Unidades em fita (38)	Nichos infantis (203)
Vistas* (192)	Orientação solar para o espaço externo* (105)
	Parede semiaberta (193)
	Posição e luz (128)
	Unidades em fita* (38)
	Varanda utilizável (167)
	Variação de pé-direito (190)
	Vistas* (192)
	Zonas de piso (233)

A proposta de algoritmização parte da identificação do parâmetro de projeto por meio de seu nome e, a seguir, da frase com a solução proposta. Nesta, evidenciam-se as frases/parágrafos com as variáveis identificadas. A seguir descreve-se a sentença matemática decorrente do algoritmo apresentado através das linguagens matemáticas apresentadas por Bianconi (2002): (1) proposicional, inserindo-se as conjunções “e” (\wedge), “ou” (\vee) e a relação de implicação: que pode ser descrita por \Rightarrow ou ainda, se A, então B; e a (2) quantificação, fazendo uso dos operadores da matemática básica (+, =, n, etc.).

Para cada um dos 35 parâmetros de projeto apontados obtêm-se, a partir do fluxo estabelecido para o algoritmo, a identificação das variáveis como atributos sob três pontos de vista: (A) classificação do objeto, (B) dados geométricos do objeto e (C) informação da construção por meio do sistema proposto pela ABNT NBR 15965-Sistema de classificação da informação da construção. Esta classificação permite apontar eventuais laços de dependência mútua entre os parâmetros de projeto, em outras palavras, uma eventual variação de uma variável/atributo específicos, tendo por base um determinado parâmetro de projeto, afeta de alguma maneira a aplicação de outro (BRÍGITTE; RUSCHEL, 2018).

Com a identificação dos 35 parâmetros de projeto com automatização possível, previamente descritos, notou-se que a escala de aplicação proposta por Barros (2008) apresentava quatro conjuntos distintos (Quadro 3), associados às características de composição do modelo BIM.

Quadro 3: Tipos de Agrupamento

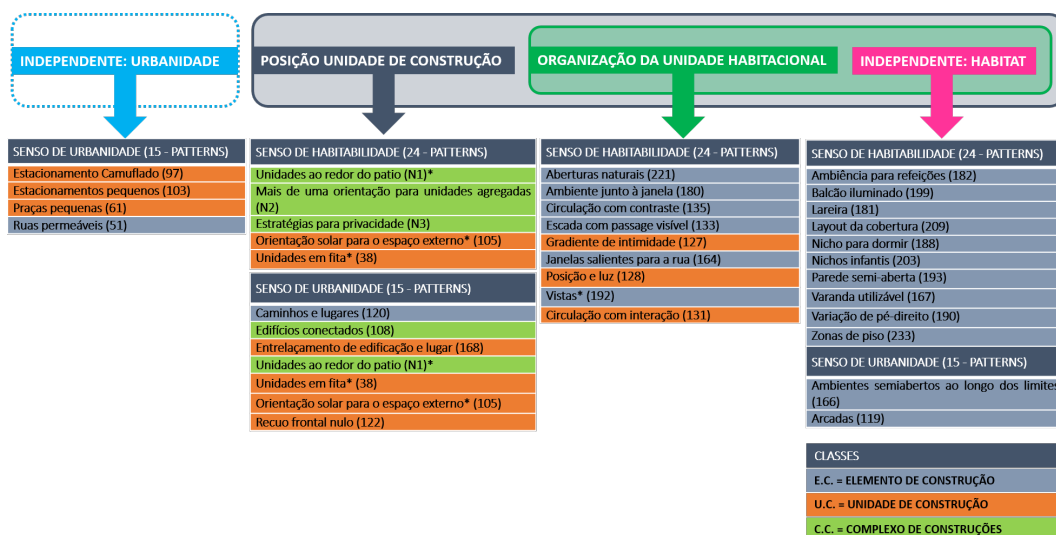
Fonte: Brígite (2019)

TIPOS DE AGRUPAMENTO	DESCRIÇÃO
1. Independente: Urbanidade	Contemplam questões ao exterior da edificação.
2. Posição da Unidade de Construção	Contemplam questões vinculadas apenas à posição da edificação.
3. Organização da Unidade Habitacional	Contemplam questões da estrutura, organização e layout da edificação.
4. Independente: Habitat	Contemplam questões pontuais de ambientes internos da edificação.

Torna-se possível, com base nesse novo conjunto, compor uma relação hierárquica, além de identificar as classes de objetos: elemento de construção (EC), unidade de construção (UC) ou complexo de construções (CC) de cada parâmetro de projeto (Fig. 2).

Figura 2: Escala de Agrupamento dos parâmetros de projeto e identificação das classes de objeto

Fonte: Brígite (2019)



Durante a etapa de investigação da influência de alternativas de modelagem BIM, na avaliação dos indicadores de projeto, foi selecionado um parâmetro de projeto constante em cada grupo:

GRUPO 1: Ruas permeáveis (51-green streets)

GRUPO 2: Orientação solar para espaço externo (105-south facing outdoors)

GRUPO 3: Gradiente de intimidade (127-intimacy gradient)

GRUPO 4: Zonas de pisos (233-floor surface)

A seguir, encontra-se detalhada a aplicação da metodologia proposta aplicada ao parâmetro de projeto Ruas permeáveis (51-green streets).

Método 1. Triagem dos parâmetros de projeto apropriados para a algoritmização

Dentre os 74 parâmetros listados por Barros (2008) foi realizada a análise apresentada na Figura 3, considera-se passível de parametrização a categoria de recomendação explícita que envolva dados informacionais ou geométricos.

PARÂMETRO	SE	ENTÃO	ESCALA DE APLICAÇÃO	NÍVEL DE DETALHAMENTO	RECOMENDAÇÃO EXPLÍCITA	RECOMENDAÇÃO IMPLÍCITA	ESPECIFICAÇÃO MÉTRICA/FORMA/ORIENTAÇÃO	ORIENTAÇÃO	PARAMETRIZÁVEL
			SENSE URBANIDADE	LOD	OBJETIVO	SUBJETIVO	GEOMÉTRICO	INFORMACIONAL	
RUAS PERMEÁVEIS	Ruas locais podem ajudar a combater a destruição do microclima resultante da impermeabilidade e do efeito térmico de pavimentos em concreto ou asfalto, bem como combater o excesso de velocidade dos carros.	Ruas locais podem ser gramadas e/ou revestidas com elementos que não impermeabilizem totalmente o solo.	1	200	1	0	0	1	1

Figura 3: Parâmetro de projeto: Ruas Permeáveis

Legenda: 0 = não, 1 = sim.

Fonte: Autores

Método 2. Algoritmização de parâmetros de projeto

Expõem-se a seguir uma sugestão de algoritmização do parâmetro de projeto Ruas permeáveis (51-green streets):

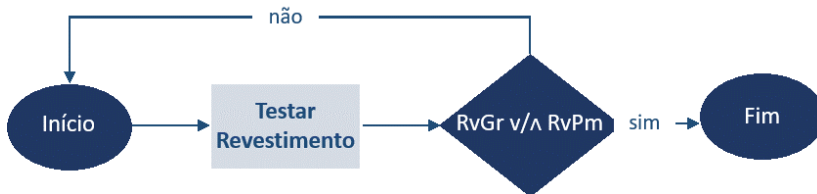
O parâmetro de projeto Ruas Permeáveis de senso de urbanidade admite que “Ruas locais sejam gramadas e/ou revestidas com uso de elementos que não impermeabilizem completamente o solo.” (grifo nosso). A expressão matemática equivalente é a Equação (1) representada no algoritmo da Figura 4.

$$Vlc \Rightarrow RvGr \vee / \wedge RvPm \tag{1}$$

Onde: Vlc= Vias locais; RvGr = Revestimento em grama; RvPm = Revestimento permeável.

Figura 4: Algoritmo (ruas permeáveis)

Fonte: Brígite (2019)



Método 3. Associação do algoritmo ao modelo de informação

A Figura 5 exemplifica a agregação dos algoritmos ao modelo BIM que permitiram a análise das alternativas de implementação.

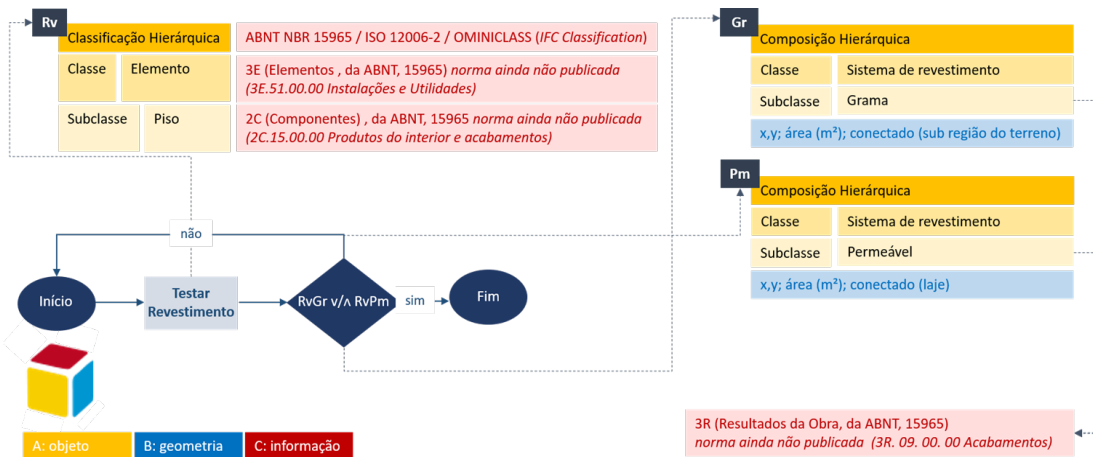


Figura 5: Associação ao modelo BIM (ruas permeáveis)

Fonte: Brigitte (2019)

Por meio desta associação verifica-se que os dados a serem analisados estão diretamente conectados às características dos materiais aplicados. Dessa maneira, a Figura 6 sugere duas práticas distintas para a análise do material atribuído e sua característica de permeabilidade. O Modelo A representa a análise da característica permeabilidade, considerando o material de revestimento, no componente BIM tipificado como piso, permitindo análises diretas da especificação vinculada ao objeto. Chegando ao Modelo B, foi determinada a característica de permeabilidade distribuída em 5 gradientes, durante o processo de modelagem da sub-região, por não ser possível a leitura direta da permeabilidade do material aplicado.

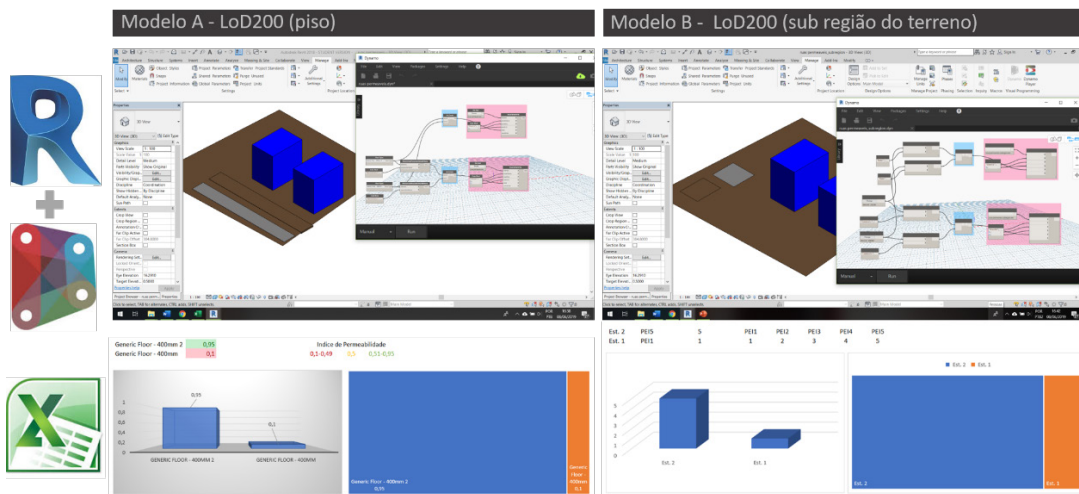


Figura 6: Ruas Permeáveis: rotina de gerenciamento da informação

Fonte: Brigitte (2019)

Verifica-se que o modelo BIM, indispensável para esta avaliação, pode expressar um dos dados de entrada como segue: Modelo A, a criação de componentes tipificados: pisos; Modelo B, a delimitação das sub-regiões no terreno e posterior definição dos respectivos parâmetros vinculados à permeabilidade específica daquela área.

Embora as duas aplicações apresentem respostas apropriadas à análise, elucubra-se como indicador mais adequado os dados originados a partir do Modelo A, por levar em consideração verdadeiramente a propriedade de permeabilidade dos materiais, ainda que este demande um modelo mais detalhado. A restrição detectada no Modelo B advém da obrigatoriedade de fornecer as informações necessárias durante o processo de modelagem, enquanto no Modelo A esse atributo é proveniente das características do material.

Os recursos nativos do Dynamo foram empregados na distinção entre as categorias do modelo BIM, piso (modelo A) e sub-região (modelo B), a partir das quais, as informações para a avaliação foram extraídas.

O Quadro 4 apresenta o resumo das análises alternativas de implementação em BIM de um parâmetro de projeto por grupo, indicando em negrito a alternativa considerada mais apropriada. A Figura 7 ilustra sua aplicação no processo de projeto, permitindo o retorno da qualificação pelos parâmetros de projeto através de um painel visual. A centralização dos indicadores e suas métricas constituem um recurso para auxiliar o projetista na tomada de decisões.

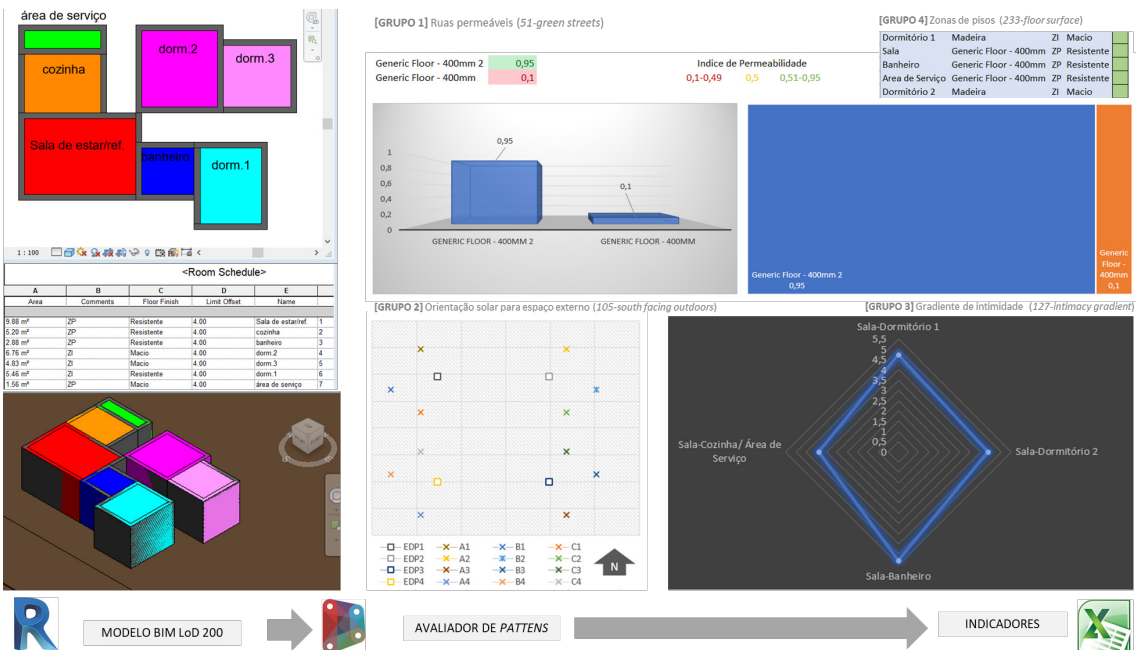
Quadro 4: Resumo das implementações

Fonte: Autores

TIPOS DE AGRUPAMENTO	Parâmetro	Implementação	
		Modelo A	Modelo B
1.Independente: Urbanidade	Ruas permeáveis (51-green streets)	Leitura direta do material componente BIM tipificado piso	Atribuída a característica durante a modelagem sub-região
2. Posição da Unidade de Construção	Orientação solar para espaço externo (105-south facing outdoors)	Posição do centro da room (sala) em relação ao centro de gravidade (c.g.) do elemento de massa (espaço externo)	a distância entre dois centros de gravidade, room, o do espaço externo e o da edificação
3. Organização da Unidade Habitacional	Gradiente de intimidade (127intimacy gradient)	Distância entre c.g. room	Distância entre componente BIM tipificado portas
4. Independente: Habitat	Zonas de pisos (233.floor surface)	parâmetros associados à criação de rooms	vinculados ao objeto BIM tipificado, piso

Figura 7: Implementação no processo de projeto: planta e vista isométrica do projeto (a esquerda) e painel visual resumindo os qualificadores (a direita).

Fonte: Autores



O painel visual apresenta graficamente a leitura dos qualificadores obtidos para este projeto. O Grupo 1 apresenta, através do gráfico “mapa de árvore”, a relação entre a permeabilidade dos pisos aplicados, enquanto o indicador do Grupo 2 apresenta as variações da orientação do espaço externo com relação à orientação solar. Através do gráfico radar, indicador do Grupo 3, analisa-se os vetores entre os centros de gravidade (c.g.) dos compartimentos, tendo como ponto inicial o c.g. da Sala de estar/refeições (Sala de estar/ref.), ou seja, quanto maior o distanciamento da área central do gráfico mais íntimo é o compartimento. Por fim, a análise do Grupo 4, é indicada através da última coluna da planilha, as cores verdes indicam que a especificação dos pisos está de acordo com o uso destinado ao ambiente. Quanto está premissa não é atendida, as células indicam a cor vermelha.

DISCUSSÃO: APLICABILIDADE DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO

O processo de operacionalização da aplicação de parâmetros de projeto em modelos BIM, proposto neste trabalho, apoia-se fundamentalmente na implementação de três métodos embasados em modelos teóricos identificados na literatura: Godoi (2018); Solihin e Eastman (2015); Chen *et al.* (2011) e por Seghier *et al.* (2017).

A partir da literatura específica de parâmetros de projeto em projetos de habitação, onde Barros (2008) apresenta 75 parâmetros, foram identificados os 35 parâmetros de projeto aplicáveis à algoritmização, dentre os 41 que se inserem no LoD 200. Quatro tiveram a operacionalização em BIM avaliada e aplicada a um projeto.

Revisitar e trazer a pauta questões levantadas por correntes de pensamentos como o *Design Methods* (1960) e o *Design Thinking* (1969) faz-se proeminente de frente à contínua associação da homogeneização dos projetos de HIS descontextualizados socialmente, regionalmente e até mesmo das reais necessidades dos usuários, mostrando-se cada vez mais distantes de garantir a mínima qualidade aos projetos.

Sob outra perspectiva, resgatar estratégias projetuais, ou até mesmo as soluções propostas por Alexander, possibilita reforçar estudos e reflexões atuais de projeto propostas por pesquisadores da qualidade ambiental, como Barros e Kowaltowski (2013); Oliveira e Sousa e Moreira (2013) e Voordt e Wegen (2013), quanto à relação ambiente-comportamento humano, principalmente pertinentes à qualidade e diversidade socioambiental, além do mais, corroborar nas vertentes propostas por Daves e Ostwald (2017) para o futuro de *A Pattern Language*.

Ao longo desta formulação, deparou-se com um agravante desfavorável: a flexibilidade de alternativas para a programação dos algoritmos. O impacto entre as alternativas de programação em BIM não está no cálculo do qualificador, mas modelagem de componentes ou propriedades requeridas, podendo dificultar ou facilitar o processo. Contudo, o auxílio proporcionado pelo processo de algoritmização de aspectos fundamentados na relação ser humano-ambiente para validar propostas projetuais, buscando ligar, de forma sistemática, o comportamento humano a elementos arquitetônicos, pode ser extremamente benéfico no auxílio ao processo de projeto, expressando-se como uma área relevante a ser explorada.

Fundamenta-se na proposição de que uma solução de projeto estabelece a integração entre parâmetros, por consequência, torna-se indispensável considerar os aspectos qualitativos além dos quantitativos. Nesta perspectiva, o reconhecimento dos parâmetros e algoritmos associados à relação ser humano-ambiente nos permitirá elaborar sínteses e avaliações mais dinâmicas, capazes de retroalimentar o processo de projeto, orientando-o às decisões mais qualificadas para a solução de problemas sem que, no entanto, negligencie-se essas condições.

A aplicação de parâmetros de projeto em ambiente computacional, ou parâmetros qualitativos, vinculados ao modelo de informação possibilitam a gestão das informações, independente da geometria, favorecendo a integralização a partir da concepção do processo de projeto, promovendo a aplicação da tecnologia no subsídio de decisões qualificadas tomadas nos estágios iniciais.

O ESBIM é indispensável para avaliações projetuais em relação às especificações do programa de necessidades; do próprio programa de necessidades, das diretrizes de qualidade, com o orçamento, normas e outras exigências; ou ainda, através de relatório ambiental (VOORDT; WEGEN, 2013).

O método de algoritmização apresentado abre caminho para a elaboração de algoritmos voltados não apenas à HIS, como também a outras tipologias de edifício, a partir de dados que podem ser comparados e verificados entre as publicações como as de Alexander, *et al* (1977), Barros (2008), Oliveira e Sousa & Moreira (2013). Além disso, permite que processos participativos possam servir de estruturas iniciais ao desenvolvimento de novos algoritmos, auxiliando na elaboração de edificações ou transformações na cidade alicerçadas no urbanismo *bottom-up*.

O desenvolvimento e prática das rotinas demonstrou, apesar das limitações e restrição do universo do projeto de HIS, a possibilidade de aplicação em projetos da gestão destas informações para APC, objetivando auxiliar o projetista a escolher o melhor resultado através da sobreposição dos indicadores de parâmetros de projeto aplicáveis à algoritmização.

Ademais, este estudo permitiu verificar, no mínimo, duas formas de implementar a mesma avaliação. Na qual o nível de detalhamento do modelo é menor, apresenta também menor potencial de precisão, inferindo-se, assim, que o nível de detalhamento tem influência no indicador, quando calculado em BIM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como propósito apresentar os aspectos para implementação de parâmetros de projeto em ambiente computacional, como subsídio de decisões qualificadas tomadas ainda na fase de concepção, através de modelos BIM.

A metodologia proposta volta-se para o estágio inicial de projeto, pensando na integralidade do processo, tornando possível gerir informações relevantes, geométricas ou não, desde a concepção, motivando uma real integração.

A despeito da complexidade da implementação simultânea dos métodos criados, esta pode contribuir positivamente no desenvolvimento de novos projetos, possibilitando a inserção de dados qualitativos aos modelos de informação, o rápido retorno, e o auxílio à tomada de decisão. Reforçando a ideia de que informações do programa de necessidade podem ser integradas em um único banco de dados, neste caso, o modelo, com amplas possibilidades de otimização e retroalimentação (KOUTAMANIS, 2017).

Esta metodologia mostrou-se aplicável e de grande potencial de suporte ao processo de projeto de HIS. Os métodos utilizados para desenvolver esta metodologia podem ser replicados em outras tipologias de edifício, a fim de melhorar a qualidade final do projeto. Como este não foi o objetivo deste trabalho, propõem-se que outras pesquisas possam atuar nesta direção.

A implementação dos parâmetros de projeto, neste trabalho, foi realizada através da combinação entre ferramentas de autoria BIM, programação visual e o editor de planilhas Excel, entretanto, sugere-se que também possa ser feito através da associação de propriedades às quais estejam associadas diretamente ao algoritmo, ou seja, como valores resultantes do cálculo e não através da leitura de valores atribuídos.

Como seguimento para o desenvolvimento deste trabalho vislumbra-se uma solução capaz de apoiar a decisão projetual frente às inúmeras derivações de sistemas generativos através de algoritmos classificadores, aproximando BIM à aplicação de IA. Apesar do universo restrito deste trabalho, esta formulação permitirá, em breve, gerar e analisar um conjunto cada vez maior de alternativas projetuais, capazes de explorar diferentes funções de valor, ainda em estágios iniciais do projeto arquitetônico.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. **A Pattern Language**. New York: Oxford Univ., 1977.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (2012). **NBR 15965**: Um sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro: ABNT.
- BARROS, R. R. M. P. **Habitação coletiva: a inclusão de conceitos humanizadores no processo de projeto**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2008. p.189 Tese (Doutorado).) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2008.
- BARROS, R.; KOWALTOWSKI, D. Do projeto urbano ao detalhe construtivo “A Pattern Language” finalmente traduzida. **Resenhas online**, v. 12, p. 137, 2013.
- BELSKY, M.; SACKS, R.; BRILAKIS, I. A Semantic Enrichment Engine for Building Information Modelling. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, p. 261-274.
- BIANCONI, R. A linguagem matemática. Classnotes, **IME-USP**, 2002. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~bianconi/recursos/lo.pdf>. Acesso em: 18 de mai.de2018.
- BOSCH, A.; VOLKER, L.; KOUTAMANIS, A. BIM in the operations stage: bottlenecks and implications for owners. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 331-343, 2015.
- BRÍGITTE, G. T. N.; RUSCHEL, R. C. “Identification of applicable patterns to algorithmization in BIM to explore solutions in the design stage of Social Housing”, p. 68-73 . In: . São Paulo: Blucher, 2018.
- ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/sigra-di2018-1466
- BRÍGITTE, G. T. N. **Parâmetros de projeto, BIM e aprendizado de máquina no suporte à decisão projetual**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2019. p.161 Tese (Doutorado). – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2019.
- CHEN, Y. J., FENG, C. W., WANG, Y. R., WU, H. M. Using bim model and genetic algorithms to optimize the crew assignment for construction project planning, **International Journal of Technology**, 2, 3, 179-188. 2011.
- DAWES, Michael J.; OSTWALD, Michael J. Christopher Alexander’s A Pattern Language: analysing, mapping and classifying the critical response. **City, Territory and Architecture**, v. 4, n. 1, p. 17, 2017.
- EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GODOI, G. **Procedimentos algorítmicos**: o método albertiano. In: CELANI, M. G. C.; SEDREZ. (Organizadores). **Arquitetura Contemporânea e automação: prática e reflexão**. São Paulo: ProBooks, 2018. p. 29 a 40.
- HEVNER, A.R.; MARCH, S.T.; PARK, J.; RAM, S. **Design science in Information Systems Research**. MIS Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.
- JANSSEN, P. et al. Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (**CAADRIA**) p.633-643, 2017. Disponível em: < http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2017_055.pdf >. Acesso em: 03 01. 2019.
- KASSEM, Mohamad et al. BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 261-277, 2015.
- KOUTAMANIS, Alexander. Briefing and Building Information Modelling:

Potential for integration. **International Journal of Architectural Computing**, v. 15, n. 2, p. 119-133, 2017.

OLIVEIRA E SOUSA, M. N. P.; MOREIRA, D. C. Aplicação da linguagem de padrões à avaliação de projetos de biblioteca pública. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 7-25, jul./dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v8i2.80946>

RAPPL, K.; MEDRANO, L. S. Modelos de avaliação pré-construção em empreendimentos habitacionais de interesse social: uma revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 286-300, dez. 2017. ISSN 1980-6809. doi: <https://doi.org/10.20396/parc.v8i4.8650238>.

SACKS, R. et al. Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State of the Art and Research Framework. In: **Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2019. p. 353-360.

SALINGAROS, N. Scientific basis for creating architectural forms. **Journal of Architectural and Planning Research**, Chicago, v. 15, n. 4, p.283-294, Winter

2000.

SEGHIER, Taki Eddine et al. Building envelope thermal performance assessment using visual programming and BIM, based on ETVV requirement of Green Mark and GreenRE. **International Journal of Built Environment and Sustainability**, v. 4, n. 3, 2017.

SIMON, H. The Sciences of the Artificial. Cambridge: The MIT Press, 1969.

SOLIHIN, W., EASTMAN, C. Classification of rules for automated BIM rule checking development. **Automation in construction**, 53, 69-82, 2015.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design Research in Information Systems**. 2005 .Disponível em: <[http:// desrist.org/design-research-in-information-systems](http://desrist.org/design-research-in-information-systems)>. Acesso em: 14 fev. 2017.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field- Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>

VOORDT, T. J. M. V. D.; WEGEN, H. B. R. V. **Arquitetura sob o olhar do usuário**: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.