

A APLICAÇÃO DA GRAMÁTICA DA FORMA NO CONJUNTO HABITACIONAL PARQUE DA LAGOA EM BLUMENAU

Camila Nunes Carniel e Eduardo Sampaio Nardelli

Apoio: PIVITI Mackenzie

RESUMO

Este artigo refere-se ao estudo do Conjunto Habitacional **Parque da Lagoa** – Blumenau, Santa Catarina utilizando-se a metodologia da gramática da forma, no sentido de identificar a possibilidade de propor a customização das unidades de habitação a partir do registro das queixas dos seus moradores em relação à respectiva padronização de suas unidades.

Inicia-se com uma explicação da metodologia de sistemas generativos, salientando o sistema de gramática da forma, utilizado para aplicação do método e contextualizado no referencial teórico das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Na sequência, apresenta-se o estudo de caso do Conjunto Habitacional Parque da Lagoa, a partir da dissertação de mestrado da arquiteta e urbanista Keila Peixer (2014) estabelecendo os parâmetros de alteração demandados pelos moradores.

Finalmente, a partir destes parâmetros, define-se a sintaxe formal para as alterações consideradas realizáveis com fundamento na planta chave da unidade habitacional. E, a partir desta, o algoritmo correspondente, estruturado no *plug-in* Grasshopper do programa de modelagem 3D Rhinoceros.

Palavras-chave: Desenho baseado em regras. Gramática da Forma. Arquitetura Digital.

ABSTRACT

This article discourses the study of the Social Housing **Parque da Lagoa** in Blumenau, Santa Catarina, utilizing the shape grammar methodology aspiring to identify the possibility of appointing the customization of the housing units from the registered criticisms regarding the standardization of the units.

It commences with an explanation of generative systems, mainly the shape grammar system that was utilized to the development of the methodology and contextualized in the theoretical referential of the Information and Communication Technology (ICT). In the sequence, it is exemplified the case study of the Social Housing Parque da Lagoa, from the graduate thesis of Architect and Urbanist Keila Peixer (2014), establishing parameters of changes that were requested by the residents.

Finally, from these parameters, it is defined the formal syntax to the modifications considered realizable utilizing only the key plan of the housing unit. And, from this syntax, the correspondent algorithm, structured on the plug-in Grasshopper of the 3D modeling program Rhinoceros.

Keywords: Design based on rules. Shape Grammar. Digital Architecture.

1. INTRODUÇÃO

No livro “**A Vida Digital**” (1995), o arquiteto Nicholas Negroponte afirma que a revolução digital expandirá de tal maneira que, em poucos anos, tornar-se-ia impossível imaginar um cotidiano humano sem a presença de ferramentas digitais.

Assim sendo, vinte e cinco anos após a publicação desse referido livro, é facilmente perceptível como a previsão de Negroponte se concretizou.

Essas ferramentas digitais, assim denominadas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), substituem e otimizam atributos que, até pouco tempo atrás, eram considerados exclusivos do ser humano - como a capacidade estabelecer um raciocínio lógico. E, esta característica por sua vez, gradualmente barateou os custos de produção, sendo um dos principais fatores capazes de explicar a rápida expansão e inserção das TICs.

Outro fator, conforme explica o arquiteto Eduardo Nardelli (2007), é que as TICs digitalizam a informação e, uma vez digital, o acesso à esta torna-se possível a qualquer um que dispusesse de uma linha telefônica e um modem, a partir de qualquer ponto da Terra.

Na arquitetura a revolução digital começou a repercutir na década de 1980 com o surgimento de TICs de modelagem virtual 2D, denominadas sistemas CADD (*Computer Aided Design and Drafting*) – idealizadas inicialmente para empresas dos ramos automobilístico, aeronáutico e de aviação. A adoção destes sistemas diminuiu o tempo e os custos para os escritórios arquitetônicos que as adotaram e, em 1990, já eram considerados ferramentas indispensáveis para 64% dos escritórios arquitetônicos nos EUA (PENTILLÄ, 2006).

Os sistemas CADD certamente se comprovaram efetivos para solucionar desafios arquitetônicos tradicionais – como a rápida edição, acesso remoto e padronização na linguagem arquitetônica, entre outros. Porém, em termos metodológicos, essa primeira fase da revolução digital pouco fez para causar um rompimento paradigmático no ato de projetar a arquitetura.

Dessa forma, para o arquiteto William Mitchell (2005), estes edifícios produzidos em sistemas CADD não deveriam, portanto, serem classificados como **Arquitetura Digital**.

Mitchell (2005) afirma em seu artigo “**Constructing Complexity**” que a utilização das TICs na arquitetura pode e foi além dos sistemas CADD, determinando uma ruptura de paradigma na concepção arquitetônica. Para instigar o leitor, o arquiteto propõe uma

comparação entre a obra **Bilbao Guggenheim** de Frank Gehry e as típicas volumetrias modernas, consolidadas no século XX. A diferença entre as duas seria uma típica progressão de estilos ou estaria relacionada a um caráter fundamental? Conforme explica:

Essa quebra de paradigma, eu sugiro, é uma consequência direta das novas condições criadas pela revolução digital. Edifícios que costumavam ser desenhos materializados, agora, cada vez mais, são informações digitais materializadas [...] muitos arquitetos simplesmente exploraram a tecnologia digital a fim de reduzir tempo e custos da produção de edifícios em uma metodologia convencionalmente moderna. Porém, outros reconheceram que a revolução digital abriu novos domínios formais para serem explorados, proporcionando a oportunidade de produzir edifícios que rompam com as antigas regras. (MITCHELL, 2005, p.1-2, tradução nossa)

Da mesma maneira, para a arquiteta Rivka Oxman (2005), não se deve limitar a revolução digital a sistemas CADD, visto que esta abriu uma gama de possibilidades arquitetônicas que jamais poderiam ser atingidas por meio de métodos projetuais tradicionais.

Essas novas possibilidades, ao ver de Oxman (2005), estão relacionadas a parâmetros que rompem com a habitual geometria estática permitindo o vínculo de informações, a simulação instantânea em 3D e a criação de formas altamente complexas.

Salienta-se essas formas altamente complexas que, completamente dependente de TICs, rapidamente conseguiram destaque no cenário internacional através de edifícios célebres e dissonantes do entorno. Surge, dessa forma, a denominada **Arquitetura Digital**, impossível de ser classificada de outra forma senão pelas TICs que permitiram a sua elaboração.

Todavia, vale ressaltar que a Arquitetura Digital não deve ser reduzida somente ao seu desempenho mais perceptível. Pelo contrário, ela pode ser aplicada em situações corriqueiras do universo arquitetônico a fim de auxiliar o projetista.

Um exemplo desta aplicação se dá por meio de **sistemas generativos**. Estes sistemas, estudados com maior profundidade no Referencial Teórico, se caracterizam, primordialmente, pela geração de informações a partir de regras previamente definidas.

Na arquitetura, essa informação gerada pode estar relacionada a formas compositivas e, as regras que estruturam a relação entre estas variáveis constituem, assim, a chamada **gramática da forma**.

Tendo em vista a possibilidade apontada anteriormente, propõe-se o estudo e a concepção de uma gramática da forma, capaz de atender as necessidades de customização em massa pela geração de formas pautadas em regras.

Para tal, define-se como objeto de estudo o Conjunto Habitacional **Parque da Lagoa** localizado em Blumenau, Santa Catarina, amplamente estudado pela arquiteta Keila Peixer (2014) em sua dissertação de mestrado.

Esse conjunto habitacional mostrou-se propício para este estudo porque Peixer registrou inúmeras queixas dos moradores em relação às unidades habitacionais padronizadas. Estas reclamações eram, na maior parte dos casos, relacionadas à falta de individualidade nos apartamentos.

Vale ressaltar que, no empreendimento de habitação de interesse social (EHIS) em questão, o projeto e a construção foram realizados às pressas devido à série de inundações e deslizamentos de terra que ocorreram em Blumenau no ano de 2008. Esta catástrofe resultou, entre outros prejuízos, em vinte e quatro vítimas fatais, aproximadamente cinco mil pessoas desabrigadas e mais de vinte e duas mil desalojadas (FRANK; SEVEGNANI, 2009 apud PEIXER, 2014, p.1).

Esse estudo, portanto, propõe-se a apresentar uma alternativa relativamente rápida de desenvolvimento projetual que, caso tivesse sido aplicada, poderia ter minimizado o descontentamento dos moradores com a padronização imposta das unidades habitacionais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com os arquitetos Thomas Fischer e Cristiane Herr (2001), um sistema generativo consiste em uma estratégia projetual que se difere de outras abordagens por, essencialmente, não possuir uma conexão direta entre projetista e forma. Neste sistema, excepcionalmente, o projetista elabora regras e métodos para gerar a forma - ao invés de projetar diretamente o produto (figura 1).

Vale ressaltar que, apesar de ser classificado como *computacional design*, um sistema generativo independe da utilização de computadores. Saliencia-se que este tipo de sistema vem sendo aplicado à arquitetura desde o período arcaico, através da simetria.

Figura 1 - Interações em um sistema generativo



Fonte: Fischer e Herr (2001)

Por depender apenas de regras para a geração de uma forma, um mesmo sistema generativo pode originar diversos produtos diferentes com a mesma coerência formal e construtiva. Isto é, conforme explica Mitchell (1975), produzir uma variedade de soluções em potencial para um mesmo problema.

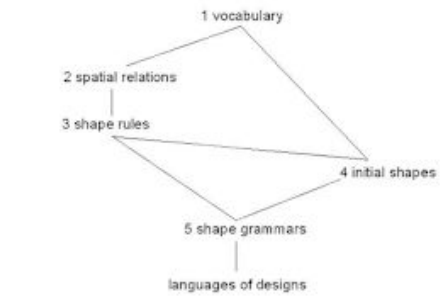
Similarmente, Celani (2006) defende que o projetista pode utilizar a variabilidade de um sistema generativo para otimizar problemas com critérios bem definidos ou gerar famílias de objetos. Além de, potencialmente, explorar as possibilidades formais a fim de encontrar a solução mais satisfatória.

Nota-se que estes sistemas possuem diversas possibilidades e aplicações, podendo ser classificados como fractais, desenho paramétrico e algoritmo genético, dentre outros.

Uma dessas possibilidades – e a utilizada para estudo nesta pesquisa – é a gramática da forma desenvolvida e apresentada pela primeira vez por George Stiny e James Gips no artigo: “**Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture**”, publicado em 1972.

A gramática da forma, proposta por Gips e Stiny, baseia-se no sistema Post; uma metodologia matemática do século XX que substituíra caracteres em uma sequência de letras com o objetivo de gerar novas sequências. Gips e Stiny adaptaram essa técnica para o campo do design e substituíram os caracteres por formas geométricas – condicionando as suas interações em transformações euclidianas.

Os quatro elementos que compõem uma gramática da forma são: vocabulário da forma, relação espacial entre as formas, regras de composição e, por fim, a forma inicial. Este último, responsável por dar início a todo o processo de derivação. A soma desses quatro elementos dá origem à gramática da forma, que, por sua vez, gera o produto final (figura 2).

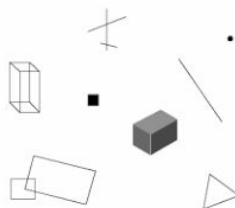
Figura 2 - Relações de uma gramática da forma

Fonte: Stiny e Gips (1971)

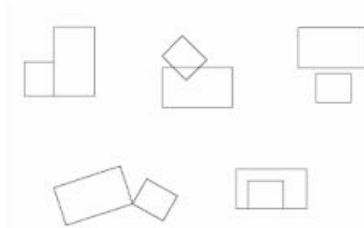
De acordo com a arquiteta Terry Knight (1994), o vocabulário da forma - primeiro elemento a ser definido - é constituído por um conjunto de elementos bidimensionais ou tridimensionais e pelas transformações euclidianas que serão permitidas às formas (figura 3).

A seguir, define-se a relação espacial que determinará a interação entre as formas, sendo assim, a base da composição (figura 4).

Posteriormente, estabelece-se as regras de composição que incluem operações matemáticas como a soma e a subtração. Estas regras podem ser executadas recursivas vezes e, vale ressaltar que marcadores podem ser adicionados a essas, indicando e/ou restringindo o local de sua aplicação.

Figura 3 - Vocabulário

Fonte: Knight (2000 - 2001)

Figura 4 - Relações espaciais

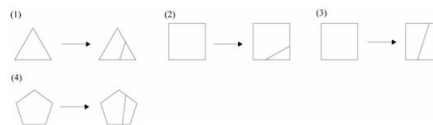
Fonte: Knight (2000 - 2001)

Por fim, elege-se uma forma do vocabulário para ser a forma inicial e, a partir desta, serão aplicadas as relações espaciais e as regras de composição. Dando início, assim, à gramática da forma.

Na arquitetura, o uso da gramática da forma teve início em 1977, com a publicação do artigo “**Ice-ray: a note on the generation of Chinese lattice designs**”. Neste, o autor George Stiny, analisou tradicionais arabescos chineses como vocabulário e desenvolveu uma série de regras e relações formais para a geração de novos arabescos.

A gramática de Stiny (1977) foi de extrema relevância porque apresentou, praticamente, a possibilidade de utilização da gramática da forma no campo arquitetônico. Sendo esta capaz de reproduzir o corpus que serviu de base para sua coleta de dados e gerar novos indivíduos dentro desta mesma linguagem, que serão comparados aos indivíduos originalmente selecionados. (CELANI et al., 2006, p.190).

Figura 5 - Regras de composição dos arabescos



Fonte: Stiny (1977)

A partir daí, ocorreu uma expansão na aplicação da gramática da forma, prática e teoricamente, no campo da arquitetura e urbanismo. Hoje, é possível perceber que este sistema é um instrumento significativo na criação de linguagens compositivas.

Dentre essas aplicações, cita-se a sua utilização para otimizar o processo projetual, analisar morfologias arquitetônicas e urbanas a fim de localizar padrões para potencializar intervenções, desvendar possíveis problemas ou, ainda, na personalização em massa a partir de um vocabulário formal pré estabelecido.

Essa última aplicação, em específico, se mostrou uma ferramenta potencial para solucionar a problemática da padronização e repetição advinda de uma lógica industrial modernista do século XX. Nota-se que, esta lógica se difundiu devido à necessidade de reconstruir da maneira mais rápida possível os países europeus desolados pela guerra.

Entretanto, conforme explica o urbanista Peter Rowe (1987), essa solução rápida e pragmática gerou diversos ambientes monótonos com pouca ou nenhuma qualidade urbana e arquitetônica.

Na contemporaneidade, esse problema ainda se evidencia, principalmente, na análise de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (EHIS). Entretanto, constata-se que, hoje possuímos ferramentas capazes de conter essa problemática. Conforme discorre Duarte (2007) em sua tese de doutorado:

A qualidade é definida pela satisfação do usuário. Um alto grau de customização leva a uma maior satisfação do usuário e previne custos associados a reformas pós construção. O controle de custos também é garantido com ferramentas de produção técnica que não se baseiam em exaustivas reformulações, como na tradicional construção em massa, e sim em processos assistidos por computadores (DUARTE, 2007, p.13, tradução nossa)

Nessa mesma tese, intitulada “**Personalizar a habitação em série: uma Gramática Discursiva para as casas da Malagueira do Siza**”, o arquiteto José Pinto Duarte evidencia com bastante clareza a possibilidade de aplicação da gramática da forma em um EHIS. Para isso, Duarte utiliza como objeto de estudo um conjunto habitacional localizado no bairro Quinta da Malagueira, na cidade de Évora, em Portugal.

Destaca-se que, este conjunto habitacional, denominado **da Malagueira**, se diferencia da maioria dos EHIS por ter possuído participação dos moradores em seu desenvolvimento.

Projetado em 1977, pelo arquiteto português Álvaro Siza, o conjunto foi pensado de modo a permitir a customização pelo usuário mantendo, ao mesmo tempo, a linguagem arquitetônica. Para isso, Siza estabeleceu uma série de regras para a geração destas tipologias, desenvolvendo assim, teoricamente, uma gramática da forma.

No final, Siza projetou trinta e cinco *layouts* diferentes em aproximadamente um ano (DUARTE; 2007).

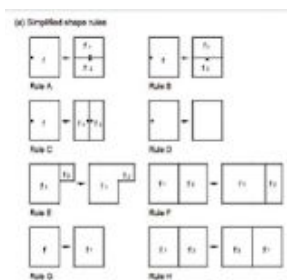
Entretanto, por ter sido projetada por métodos arquitetônicos tradicionais, este número de *layouts* se provou insuficiente para atender as 1.277 famílias que o habitavam e, mesmo com os esforços do arquiteto, o EHIS foi alvo de críticas.

Duarte, dessa forma, propôs a utilização das ideias e regras pré estabelecidas por Siza para reelaborar esta gramática da forma sendo, dessa vez, auxiliado por TICs.

Para fins de estudo, Duarte subdividiu a gramática em duas, sendo essas: uma **analítica**, para a análise do pré existente, e uma **original**, para a implantação e para a geração do layout da habitação.

A gramática analítica considerou características como dimensionamento e conforto para a implantação dessas residências. A original, por sua vez, ficou responsável pela geração da tipologia básica, sendo composta, resumidamente, pela manipulação de retângulos e de regras para atribuir e alterar funções (figura 6).

Figura 6 - Emergência das formas



Fonte: Duarte (2007)

No total, as gramáticas propostas por Duarte – desconsiderando os marcadores de tamanhos máximo e mínimo de cada zona ou cômodo – chegaram a 20.250.000 possíveis habitações. Comprovando, desse modo, a eficiência desse sistema generativo, auxiliado por TICs, na customização arquitetônica.

Da mesma maneira, analisa-se o artigo científico **“Projeto de HIS Evolutiva: Gramática da Forma para Ampliação da Unidade Habitacional Mínima”** (2011) da arquiteta Andrea Mussi. A autora, inserida no contexto de adaptações realizadas em EHISs brasileiros, elaborou uma gramática da forma capaz de capturar as alterações desejadas pelos moradores. Diferente da gramática da forma teórica de Duarte, Mussi buscou elaborar uma metodologia de suporte a arquitetos que conseguisse aumentar o grau de previsibilidade para ampliação de um dado projeto de habitação mínima. (MUSSI; 2011)

A partir dessas ideias, Mussi estudou um EHIS localizado na cidade de Canoas, Brasil e categorizou essas adaptações em quatro grupos: expansibilidade do compartimento com acréscimo de área total da EHIS; alteração interna sem acréscimo de área total; adição do compartimento com adjacência a EHIS existente e, por fim, adição do compartimento de maneira isolada a EHIS existente. Posteriormente, Mussi considerou analisar estes quatro grupos em cada compartimento da casa.

Para a autora, a sua gramática da forma apresenta uma alternativa de customização, comprovadamente viável, para futuros EHIS. Além disso, estima o seu uso para a automatização do processo projetual, utilizando parâmetros de qualidade, integração desejáveis para cada compartimento e regras como diretrizes gráficas para aplicar as

etapas de desenho progressivo a projeto de unidade mínima tridimensional, em programas computacionais paramétricos (MUSSI; 201, p.69)

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa se desenvolveu em três etapas, descritas a seguir:

Na primeira etapa, foram realizados estudos sobre a arquitetura digital, sendo esses sobre; as possibilidades da utilização de TICs no desenvolvimento de um projeto urbano ou arquitetônico, sistemas generativos e gramáticas da forma. Dentro deste último item, procurou-se estudar, em especial, artigos que aplicassem a gramática da forma na composição de edifícios - considerando o seu potencial de gerar diferentes tipologias.

Na segunda etapa, buscou-se o desenvolvimento teórico de uma gramática da forma que atendesse às queixas dos moradores do conjunto habitacional Parque da Lagoa em Blumenau – SC (tabela 1). Para isso, analisou-se as entrevistas realizadas por Keila Peixer em 2013 e os resultados foram categorizados em “realizáveis” ou “amplos”.

Essa subdivisão se fez necessária devido a insuficiência de dados técnicos precisos, como por exemplo, a planta estrutural, especificações técnicas e de execução, sistemas hidráulico e elétrico, dentre outros. Por esse motivo, optou-se por elaborar a gramática da forma utilizando apenas a planta chave da única tipologia de unidade residencial, representada e nomeada na figura 7.

Além disso, algumas das reclamações, fogem do âmbito exclusivamente arquitetônico e, dessa forma, foram desconsideradas para fins de desenvolvimento da gramática da forma. Ilustra-se esta afirmação com as queixas do Sr. Mitchel¹, que habita o Parque da Lagoa com sua esposa e duas filhas:

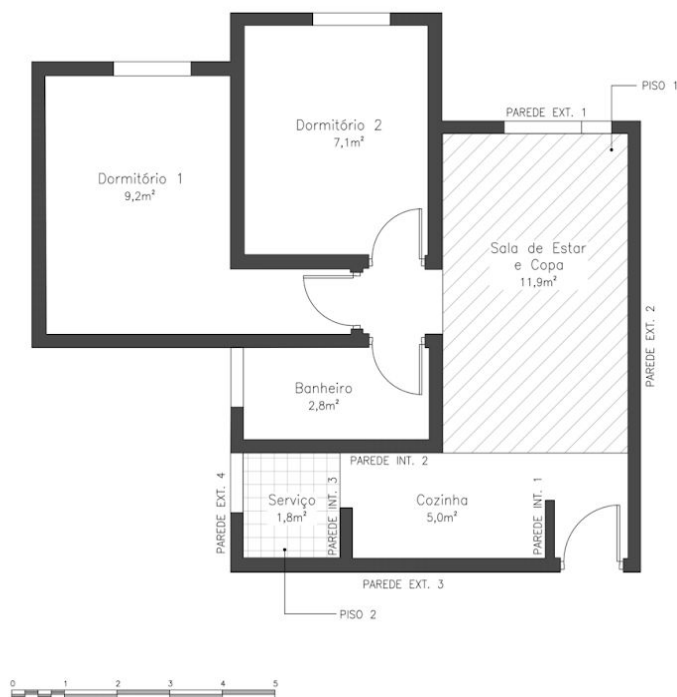
O entrevistado relata que não gosta de morar no local. Se pudesse, voltaria para a antiga residência. Gosta do bairro, no entanto considera o apartamento muito pequeno, além de sentir falta de segurança devido aos carros que transitam na área externa do conjunto. (PEIXER, 2013-2014, p.83)

¹ Nome alterado para manter a privacidade do morador.

Tabela 1 - Resultado das entrevistas

Por recorrência	Quant.	% total de entrevistas
1. Varanda (1 citou também na lavanderia)	16	39,00
2. Mais um dormitório	8	19,50
3. Tirar o sóculo	6	14,60
4. Separar cozinha da sala	4	9,70
5. Ampliar a lavanderia	4	9,70
6. Mais espaço para armazenamento	3	7,30
7. Mais segurança	3	7,30
8. Ampliar a cozinha	2	4,88
9. Ampliar a sala	2	4,88
10. Instalar uma churrasqueira	2	4,88
11. Instalar exaustor na cozinha	1	2,44
12. Mais privacidade	1	2,44
13. Mais tomada	1	2,44
14. Revestir parede do fogão	1	2,44
15. Trocar as janelas (de correr) por de abrir	1	2,44
16. Integrar lavanderia e cozinha	1	2,44

Fonte: Peixer (2013 - 2014)

Figura 7 - Planta chave da unidade habitacional

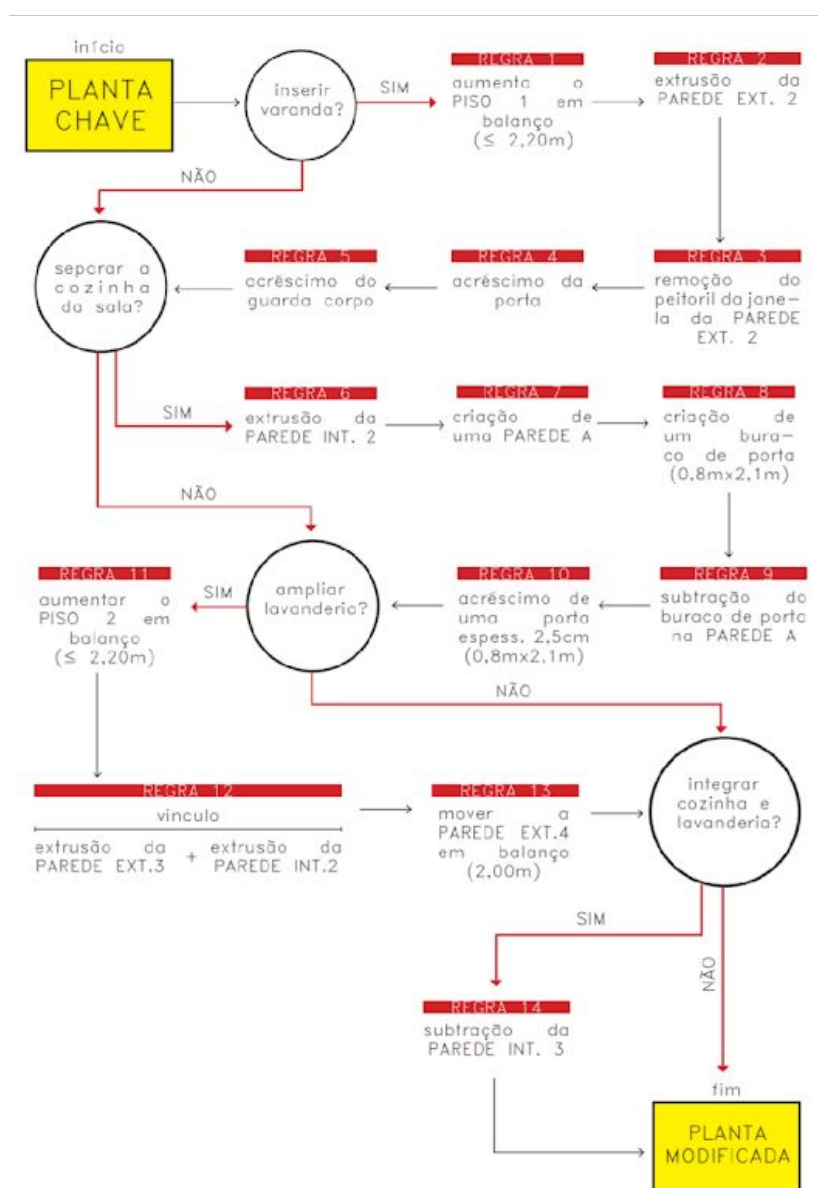
Fonte: autoria própria (2020)

Dessa forma, as reclamações que foram consideradas realizáveis são “varanda”, “separar cozinha da sala”, “ampliar a lavanderia”. Além disso, vale ressaltar que a solução para as reclamações “ampliar a cozinha”, “ampliar a sala” e “mais espaço para armazenamento” estão contidas em um projeto de expansão dos espaços e, dessa forma, considerou-se que ao realizar as ampliações da lavanderia (ambiente sem uma divisória definida da cozinha) e ao acrescentar uma varanda (ambiente unido a sala) tais queixas seriam, conseqüentemente, solucionadas.

Por sua vez, as reclamações consideradas amplas são “tirar o sóculo”, “mais segurança”, “instalar uma churrasqueira”, “instalar exaustor na cozinha”, “mais privacidade”, “mais tomada”, “revestir parede do fogão” e “trocar as janelas de correr por de abrir”. Ressalta-se ainda que a reclamação “mais um dormitório” foi desconsiderada por se tratar de uma ampliação significativa na unidade residencial que envolveria uma reestruturação completa da estrutura e implantação do edifício existente.

Após a análise de cada uma das queixas, e a fim de facilitar o desenvolvimento prático da gramática da forma, elaborou-se um fluxograma de regras para a geração da forma básica, ilustrado a seguir:

Fluxograma 1 - Regras de composição



Por fim, desenvolveu-se a gramática da forma, aplicando a metodologia exemplificada no capítulo Referencial Teórico em um algoritmo elaborado no plug-in *Grasshopper* do software de modelagem 3D *Rhinoceros*.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

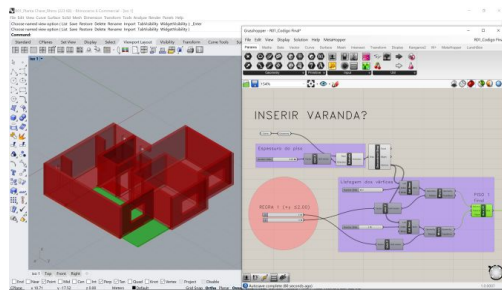
Abaixo está ilustrado o algoritmo desenvolvido no plug-in *Grasshopper* do software de modelagem 3D *Rhinoceros* e pautado nas 14 regras – divididas em 4 etapas – explicitadas no fluxograma 1, com denominações apresentadas na planta chave (figura 7):

Primeira etapa: Inserir varanda?

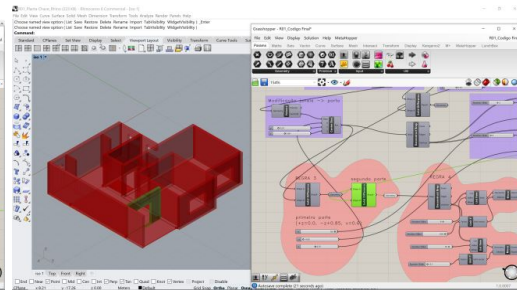
A derivação tem início com a introdução de um piso retangular, denominado PISO 1, que ocupa a totalidade da sala de estar e inicialmente possui dimensões 3,90m x 2,40m. Caso o morador queira uma varanda em sua unidade residencial, o PISO 1 poderá sofrer uma extrusão de até 2,20m – parâmetro A – no sentido positivo do eixo y. Criando, assim, uma varanda em balanço (REGRA 1). Considerando o valor máximo do parâmetro A, o PISO 1 passará a possuir dimensões 3,90m x 6,10m.

Em seguida e em função do valor definido no parâmetro A, ocorrerá a extrusão da PAREDE EXT. 2 (REGRA 2). Após, para a inserção de uma porta de acesso a varanda, considera-se a janela de dimensões 0,80m (parâmetro B) x 0,60m (parâmetro C) com 1,20m de peitoril da PAREDE EXT. 2. Em um primeiro momento o peitoril deve ser eliminado em uma subtração de sólidos, sendo o peitoril um retângulo de 0,80m x 1,20m subtraído da PAREDE EXT. 2, um retângulo de 3,90m x 3m. Depois, os parâmetros B e C devem ser redimensionados para os valores -0.85m e 0,80m, respectivamente (REGRA 3).

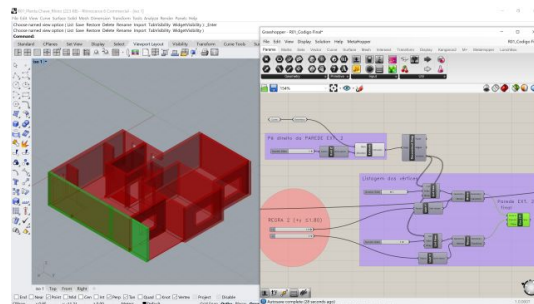
Com essa nova abertura na PAREDE EXT. 2, a porta pode ser inserida, sendo esta um retângulo de 2,10m de altura, 0,80m de largura e 2,5 cm de espessura (REGRA 4). Por fim, prevê-se a introdução de um guarda corpo retangular de 3,90m x 1,10m com espessura de 5cm. Este guarda corpo possuirá o seu marcador de ponto inicial no eixo y em conformidade com o parâmetro A, sendo o seu posicionamento suscetível ao valor definido na REGRA 1 (REGRA 5).

Figura 8 - Regra 1

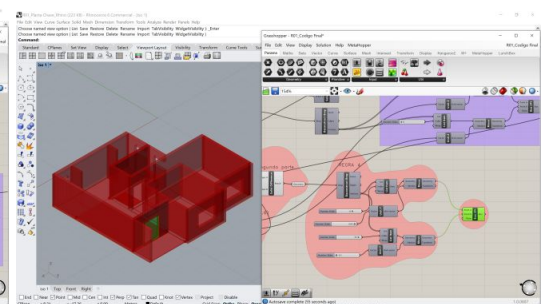
Fonte: autoria própria (2020)

Figura 9 - Regra 2

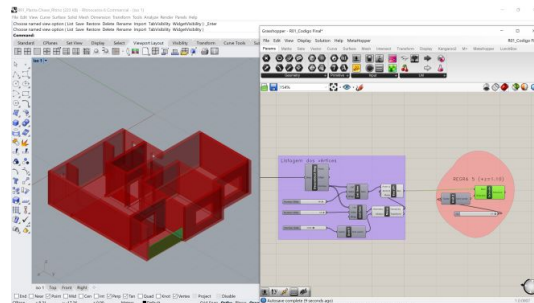
Fonte: autoria própria (2020)

Figura 10 - Regra 3

Fonte: autoria própria (2020)

Figura 11 - Regra 4

Fonte: autoria própria (2020)

Figura 12 - Regra 5

Fonte: autoria própria (2020)

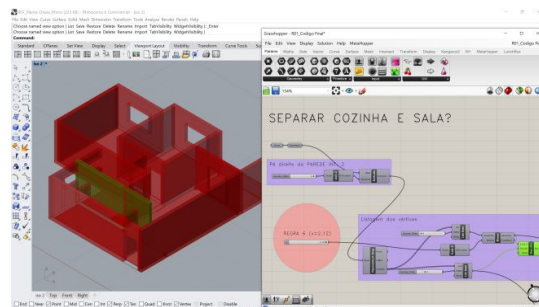
Segunda etapa: separar cozinha e sala?

Caso o morador queira separar a cozinha da sala de estar ocorrerá, em um primeiro momento, a extrusão da PAREDE INT. 2 de 2,12m no sentido positivo do eixo x (REGRA 6). Depois, com o marcador de ponto inicial posicionado no vértice superior interno a cozinha da PAREDE INT. 2 cria-se uma parede interna retangular de 2m x 3m que servirá como divisória da cozinha e sala – denominada PAREDE A (REGRA 7).

Para a inserção de uma porta de acesso a cozinha, cria-se um sólido retangular de 2,10m x 0,8m x 0,3m (REGRA 8) e o subtrai da PAREDE A (REGRA 9), resultando no

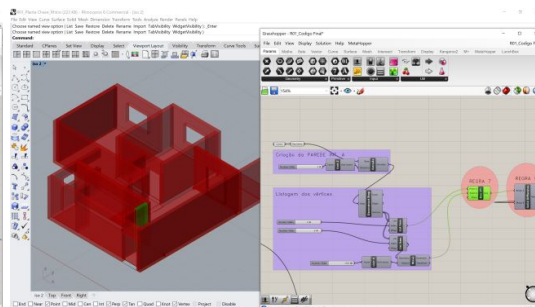
buraco da porta. Por fim, prevê-se a criação de uma porta retangular de 2,10m x 0,8m x 2,5cm (REGRA 10)

Figura 13 - Regra 6



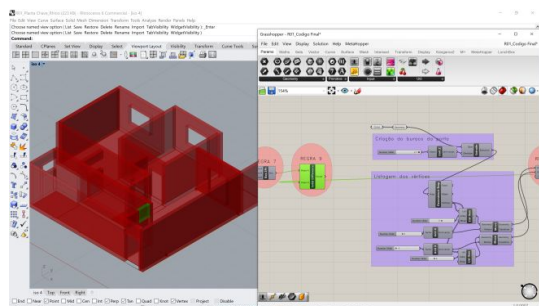
Fonte: autoria própria (2020)

Figura 14 - Regra 7



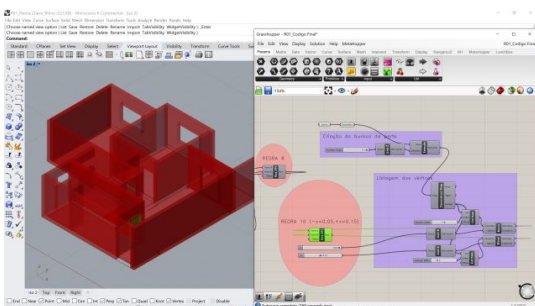
Fonte: autoria própria (2020)

Figura 15 - Regra 8 e 9



Fonte: autoria própria (2020)

Figura 16 - Regra 10



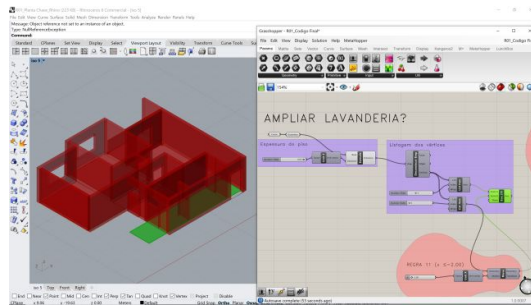
Fonte: autoria própria (2020)

Terceira etapa: ampliar a lavanderia?

Caso o morador deseje ampliar a sua lavanderia o PISO 2 sofrerá uma extrusão de até 2,00m – parâmetro D – no sentido negativo do eixo x aumentando a lavanderia existente em balanço (REGRA 11). Depois, ocorrerá a extrusão das paredes EXT. 3 e INT. 2 com marcador vinculado ao vértice do PISO 2 e dependente do valor determinado no parâmetro D (REGRA 12).

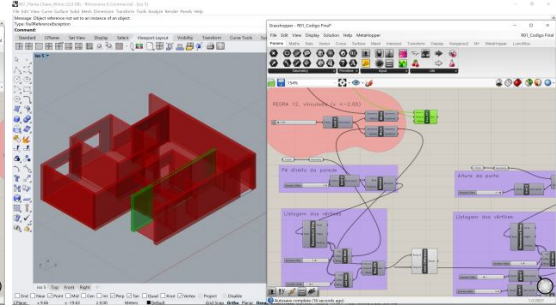
Por fim, a PAREDE EXT. 4 será deslocada no sentido negativo do eixo x conforme o valor estipulado no parâmetro D subtraído dos 15 cm de espessura da parede (REGRA 13).

Figura 17 - Regra 11



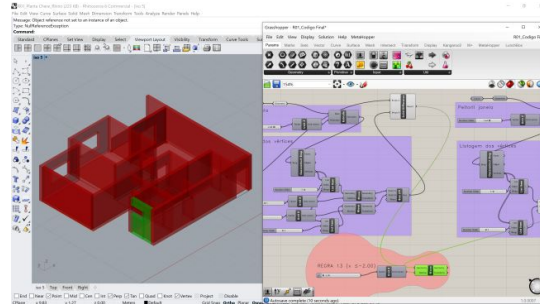
Fonte: autoria própria (2020)

Figura 18 - Regra 12



Fonte: autoria própria (2020)

Figura 19 - Regra 13

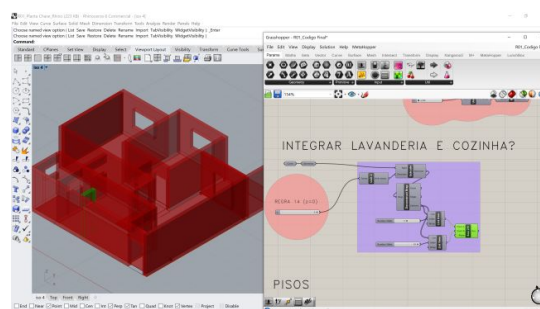


Fonte: autoria própria (2020)

Quarta etapa: integrar lavanderia e cozinha?

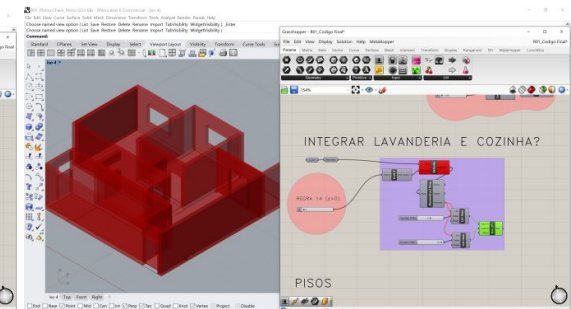
Finalmente, caso o morador deseje integrar a lavanderia com a cozinha a PAREDE INT. 3 terá o seu parâmetro de altura, estipulado inicialmente em 3m, zerado (figura 21). Ou, ainda, ela poderá ser ocultada (figura 22) (REGRA 14).

Figura 20 - PAREDE INT. 3

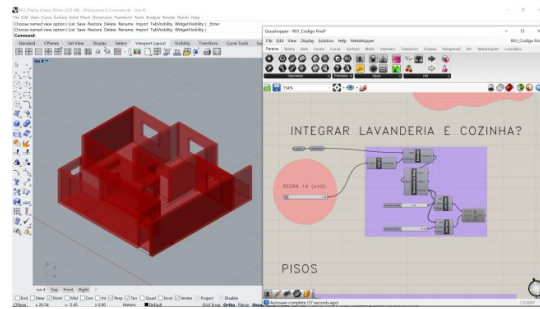


Fonte: autoria própria (2020)

Figura 21 - Regra 14

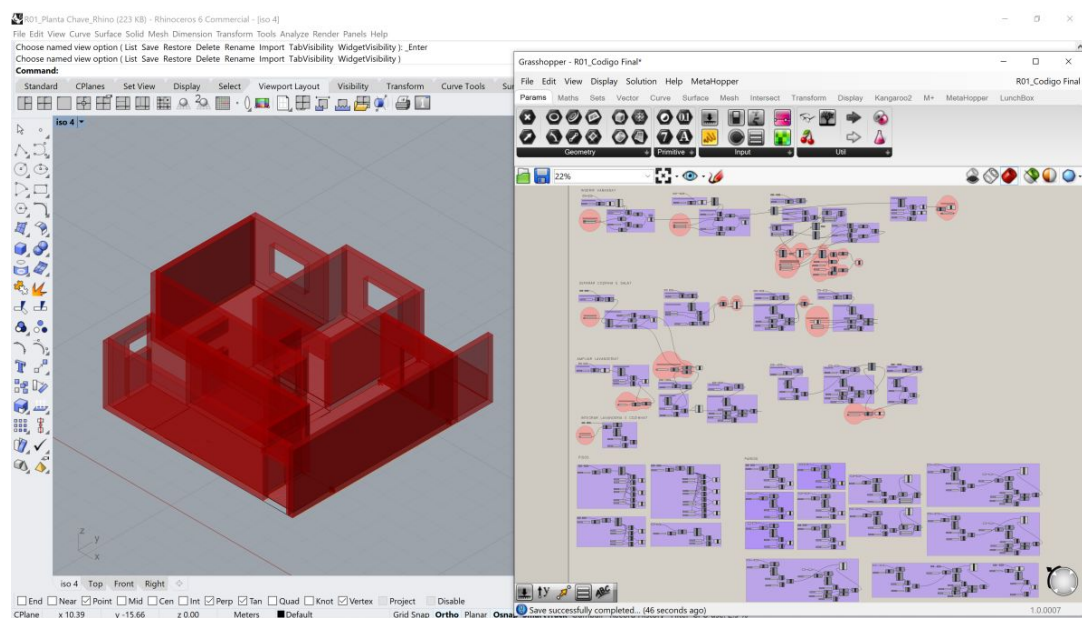


Fonte: autoria própria (2020)

Figura 22 - Regra 14

Fonte: autoria própria (2020)

Abaixo ilustra-se como ficaria a planta chave da unidade residencial do conjunto habitacional Parque da Lagoa considerando uma situação hipotética em que o morador optou por fazer todas as ampliações, integrações e separações possíveis. Ao lado, apresenta-se o algoritmo de construção da forma básica em 3D da planta chave (agrupadas pela cor roxa) e a gramática da forma, com as 14 regras de derivação (cor vermelha).

Figura 23 - Tipologia final, regras de composição e relações espaciais.

Fonte: autoria própria (2020)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos e experimentos realizados, as seguintes conclusões foram delineadas:

Como já citado anteriormente, comprova-se a eficiência da utilização de TICs na solução de problemas cotidianos do universo arquitetônico. O algoritmo básico de derivação apresentado acima é capaz de solucionar 87,5% das expectativas dos moradores do conjunto habitacional Parque da Lagoa acerca da planta chave e do *layout* padronizado construído (exceto o pedido de acréscimo de um quarto). Além disso, o algoritmo produziu 36 tipologias diferentes - considerando, apenas, balanços de 1m ou 2m.

Além disso, vale ressaltar que a compreensão do sistema generativo e o aprendizado do *plug-in* Grasshopper demandaram, aproximadamente, oito meses. Considerou-se estes meses como um tempo relativamente pequeno e, sendo assim, tal sistema deveria ser acatado com uma frequência maior por arquitetos, urbanistas e estudantes.

Por fim, conclui-se que a aplicação de um sistema generativo no desenvolvimento projetual é pertinente e deveria ser considerada, com uma frequência maior, no desenvolvimento empreendimentos imobiliários. Salienta-se que, caso a gramática da forma tivesse sido utilizada no desenvolvimento da EHIS Parque da Lagoa, o empreendimento possuiria uma maior taxa de aprovação por parte dos moradores sem exceder muito o orçamento inicial – como é usualmente esperado pelas construtoras, visto que se essa customização tivesse sido realizada em softwares CADD tradicionais o custo de obra sofreria um aumento exponencial decorrente do tempo necessário para o desenvolvimento de cada unidade residencial.

6. REFERÊNCIAS

CELANI, Gabriela; CYPRIANO, Débora; GODOI, Giovana de; VAZ, Carlos Eduardo. **A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura**. Conexão-comunicação e cultura, v. 5, n. 10, 2006.

DUARTE, J. P. **Personalizar a Habitação em Série: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza Lisboa**. Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.

FISCHER, Thomas; HERR, Christiane M. **Teaching generative design**. 2001.

KNIGHT, Terry. **Shape Grammars in education and practice: history and prospects**. International Journal of Design Computing, v. 2, 2000-2001. Disponível em <http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?_id=fb371>. Acesso em: 19 jul. 2020.

MITCHELL, William J. Constructing complexity. In: **Computer aided architectural design futures 2005**. Springer, Dordrecht, 2005. p. 41-50.

MUSSI, Andréa Quadrado. **Projeto de HIS Evolutiva: gramática da forma para ampliação da unidade habitacional mínima.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 2, p. 1-11, 2011.

NARDELLI, Eduardo S. **Arquitetura e projeto na era digital.** Arquiteturarevista, v. 3, n. 1, 2007

OXMAN, Rivka. **Theory and design in the first digital age.** Design studies, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2005

PEIXER, Keila. **Programa Minha Casa Minha Vida: perfil populacional de dois conjuntos habitacionais de Blumenau-SC e o rebatimento no espaço da moradia.** 2013. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014

ROWE, Peter G. **Design thinking.** MIT press, 1987.

STINY, George. **Ice-ray: a note on Chinese lattice designs.** Environment and Planning B, v. 4, p. 89-98, 1977.

Contatos: camila.ns.carniel@gmail.com e eduardo.nardelli@mackenzie.com