



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO**

# **Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em Monte Alegre do Sul**

**Giovana de Godoi**

**Campinas**

2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO**

**Giovana de Godoi**

**Sistemas Generativos de Projeto: Um Estudo de Campo em  
Monte Alegre do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Arquitetura e Construção.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gabriela Caffarena Celani**

**Campinas**

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

G547s Godoi, Giovana de  
Sistemas generativos de projeto: um estudo de  
campo em Monte Alegre do Sul / Giovana de  
Godoi.--Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Maria Gabriela Caffarena Celani  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual  
de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo.

1. Desenho arquitetônico. 2. Fachadas. 3.  
Arquitetura. I. Celani, Maria Gabriela Caffarena. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III.  
Título.

Título em Inglês: Generative design system: a field study in Monte Alegre do Sul  
Palavras-chave em Inglês: Rule based design, Generative systems,  
Shape grammar

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Benamy Turkienicz, Regina Coeli Ruschel

Data da defesa: 22/08/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

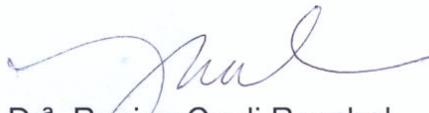
**SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJETO: UM ESTUDO DE CAMPO  
EM MONTE ALEGRE DO SUL**

**Giovana de Godoi**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**



**Profª. Drª. Maria Gabriela Caffarena Celani  
Orientadora – FEC/Universidade Estadual de Campinas**



**Profª. Drª. Regina Coeli Ruschel  
FEC/Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Benamy Turkienicz  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

Campinas, 22 de agosto de 2008

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Paulo e Cristina, aos meus irmãos Leandro e Larissa e à tia Márcia.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Paulo e Cristina, meus irmãos Leandro e Larissa e à minha tia Márcia pelo apoio em todos os momentos desta etapa.

Aos meus amigos, em especial Gelly, Érica, Regiane, Débora, Carlos, Thales e Cássia pela companhia e amizade.

À minha orientadora Gabriela Celani, por sua dedicação e paciência que me despertaram o interesse por esta área de pesquisa permitindo que eu sinta a felicidade por este passo conquistado e a vontade de dar outros tantos.

Aos professores Roberto Teixeira Lima e José Pinto Duarte.

À Bia por ser a primeira incentivadora deste mestrado.

Aos amigos da Prefeitura de Monte Alegre do Sul e do Projeto Memória pelo apoio e pelo fornecimento das informações tão importantes para o desenvolvimento do trabalho.

À FAPESP pela contribuição financeira a esta pesquisa.

## RESUMO

Uma nova função atribuída atualmente aos arquitetos é a de desenvolver ferramentas de projeto, conhecidas como *generative design systems*, que têm em comum preocupações como produtividade e variedade, objetivando a inovação formal. Um dos paradigmas utilizados para a geração de formas é a gramática da forma, que se baseia na definição de um vocabulário de formas e de regras de combinações e operações entre elas. A gramática da forma pode ser utilizada tanto para a descrição de linguagens existentes como para a criação de novas composições. Este trabalho consiste em um estudo de caso, a partir de um corpus de análise, de aplicação da gramática da forma com essas duas finalidades. O corpus de análise é composto por fachadas de construções históricas do centro da cidade de Monte Alegre do Sul. A pequena cidade, fundada no final do século XIX, foi escolhida porque manteve suas características urbanísticas originais e seus edifícios sofreram pouquíssimas intervenções ao longo do século XX. A partir desse corpus foi criada uma gramática da forma que descreve as composições dessas fachadas. Espera-se que essa gramática possa servir de base para futuras reformas nos edifícios da cidade.

**Palavras-chave:** Desenho baseado em regras; sistemas generativos; gramática da forma;

## **ABSTRACT**

A new role entrusted to architects today is to develop design tools, known as generative design systems, which have in common concerns such as productivity and variety, aiming at formal innovation. One of the paradigms used for the generation of forms is shape grammar, which is based on the definition of a vocabulary of forms and rules of combinations and operations between them. Shape grammar can be used both for the description of existing languages and for the creation of new compositions. In this case study, a grammar with these two purposes was developed, from a corpus of analysis. The corpus was composed of façades of historic buildings from Monte Alegre do Sul downtown. The small town, founded at the end of the nineteenth century, was chosen because it maintained its original characteristics and its buildings suffered very few interventions over the XXth century. The grammar developed describes the compositions of all the façades in the group. We expected that this grammar can be used as a guide for future renovations of other buildings in the town.

**Key words:** Rule based design; generative systems; shape grammars

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VILAS PALLADIO. FONTE: KNIGHT (2000-2001) .....	23
FIGURA 2 – CASAS DE FRANK LLOYD WRIGHT. FONTE: KNIGHT (2000-2001).....	23
FIGURA 3 – CASAS ESTILO QUEEN ANNE. FONTE: KNIGHT (2000-2001) .....	24
FIGURA 4 - ABORDAGEM TRADICIONAL DE PROJETO. FONTE: FISCHER E HERR (2001) .....	26
FIGURA 5 - ABORDAGEM DE PROJETO POR MEIO DE UM SISTEMA GENERATIVO. FONTE: FISCHER E HERR (2001).....	27
FIGURA 6: SIMETRIA. FONTE: MARCH E STEADMAN (1971) .....	28
FIGURA 7 - EDITORA MONDADORI. FONTE: WWW.NIEMEYER.COM.BR.....	29
FIGURA 8 - PROCESSO FRACTAL. FONTE: YESSIOS (1987) .....	30
FIGURA 9 - DIAGRAMA COM CÓDIGOS DE BARRAS QUE REPRESENTAM GENÓTIPOS. FONTE: HTTP://ARMYOFCLERKS.NET/ARCHIKLUGE/ARCHIKLUGE.HTML .....	32
FIGURA 10 - PROGRAMA PARA DEFINIÇÃO DE UMA LINGUAGEM DE PROJETO. FONTE STINY E GIPS (1971).....	33
FIGURA 11: EXEMPLO DE VOCABULÁRIO. FONTE: KNIGHT (2000 - 2001) .....	34
FIGURA 12 - EXEMPLO DE RELAÇÕES ESPACIAIS. FONTE: KNIGHT (2000 - 2001) .....	34
FIGURA 13 - EXEMPLO DE REGRA. FONTE: KNIGHT (2000 - 2001) .....	35
FIGURA 14 – EMERGÊNCIA DE FORMA. FONTE: KNIGHT (2000 - 2001).....	36
FIGURA 15- IDENTIFICAÇÃO DE FORMA EMERGENTE. FONTE: CELANI ET AL (2006) .....	37
FIGURA 16 - EXEMPLO DE GRAMÁTICA PARAMÉTRICA: NA GRAMÁTICA DAS JANELAS TRADICIONAIS CHINESAS CUJAS REGRAS DEFINEM SUBDIVISÕES DOS POLÍGONOS, SEM DEFINIR A POSIÇÃO EXATA DE SUA INSERÇÃO.FONTE: STINY (1977).....	39
FIGURA 17 - GRAMÁTICA DA FORMA COM A UTILIZAÇÃO DOS BLOCOS DE FROEBEL. FONTE: STINY (1980) .....	40

FIGURA 18 - GRAMÁTICA DA COR: PROJETO DE WEI-CHENG CHANG QUE UTILIZA CORES PARA A REDUÇÃO DA SIMETRIA DOS BLOCOS E ADIÇÃO DE DETALHES NO PROJETO FINAL. FONTE: KNIGHT (2000 – 2001) .....	41
FIGURA 19 – GRAMÁTICA URBANA (ESQUERDA), GRAMÁTICA ASSOCIADA (CENTRO) E GRAMÁTICA DAS CASAS (DIREITA). FONTE: DUARTE ET AL (2006) .....	42
FIGURA 20- DUAS PLANTAS DE CASAS ESCOLHIDAS POR TEREM A MESMA ESTRUTURA FORMAL. FONTE: DUARTE; ROCHA (2006) .....	44
FIGURA 21 - DEFINIÇÃO DE PADRÃO DE ANÉIS. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006).....	45
FIGURA 22- REGRAS PARA GERAÇÃO DO PADRÃO BÁSICO. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006) .	46
FIGURA 23 - REGRAS PARA DIMENSIONAMENTO DO SEGUNDO ANEL. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006).....	46
FIGURA 24 – REGRAS PARA INSERÇÃO DO TERCEIRO ANEL. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006)	47
FIGURA 25: REGRAS PARA INSERÇÃO DO HALL DE ENTRADA. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006) .....	48
FIGURA 26: REGRAS PARA INSERÇÃO DA CAIXA DE ESCADA. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006) .....	48
FIGURA 27: REPRESENTAÇÃO DA CASA 01 MOSTRADA NA FIGURA 20, COM APLICAÇÃO DAS REGRAS MOSTRADAS ANTERIORMENTE. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006) .....	48
FIGURA 28 - TRAÇADO DE CAMPINAS ELABORADO EM 1878. FONTE: LIMA (2001).....	52
FIGURA 29 - PLANTA DE AMPARO DESENHADA POR LUÍS PUCCI EM 1878. FONTE: LIMA (2001) .....	53
FIGURA 30: FACHADAS MURAIIS - AMPARO/SP. FONTE: ACERVO PRÓPRIO .....	53
FIGURA 31 E FIGURA 32: ORNAMENTAÇÃO DE FACHADAS COM ELEMENTOS DE TRADIÇÃO CLÁSSICA. FONTE: ACERVO PRÓPRIO .....	54
FIGURA 33 - CROQUI SEM ESCALA DOS CAMINHOS ANTIGOS QUE PASSAVAM PELO CENTRO DE MONTE ALEGRE DO SUL EM MEADOS DO SÉCULO XIX. LIMA (2005).....	61
FIGURA 34 - MAPA ATUAL DO CENTRO DE MONTE ALEGRE DO SUL. FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA .....	61
FIGURA 35 - COMPARAÇÃO DE IMAGEM DO PRÉDIO DA RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, 91 COM FOTOS DA DÉCADA DE 20 E FOTO ATUAL (2008). FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA .....	62

FIGURA 36 - COMPARAÇÃO DE IMAGEM DO PRÉDIO DA RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, 230 COM FOTOS DA DÉCADA DE 20 E FOTO ATUAL (2008). FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA .....	63
FIGURA 37 - FACHADAS SELECIONADAS PARA COMPOR O CORPUS DA PESQUISA .....	64
FIGURA 38 - ELEMENTO DE REFERÊNCIA COLOCADO SOBRE AS FACHADAS.....	66
FIGURA 39 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 01 - RUA JOAQUIM DE OLIVEIRA, N. 34 .....	67
FIGURA 40 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 02 - RUA JOAQUIM DE OLIVEIRA, N.12 .....	68
FIGURA 41 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 03 – RUA JOAQUIM DE OLIVEIRA,N.15 .....	69
FIGURA 42 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 04 – RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, N.42 .....	70
FIGURA 43 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 05 – RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, N.230 .....	71
FIGURA 44 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 06 – RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, N.216 .....	72
FIGURA 45 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 07 – RUA JOÃO DA SERRA, N.80.....	73
FIGURA 46 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 08 – RUA CAPITÃO JOSÉ INÁCIO, N.91 .....	74
FIGURA 47 - FICHA DE ANÁLISE – CASA 09 – RUA JOÃO DA SERRA, N.75.....	75
FIGURA 48 - ANÁLISE DE POSIÇÃO DE PORTAS E JANELAS.....	76
FIGURA 49 - FLUXOGRAMA DE REGRAS PARA GERAÇÃO DE FORMA BÁSICA.....	81
FIGURA 50 - FLUXOGRAMA DE REGRAS DE DETALHAMENTO .....	82
FIGURA 51- REGRA 1 .....	83
FIGURA 52 - REGRA 2 .....	83
FIGURA 53 - REGRA 3 .....	84
FIGURA 54 - REGRA 4 .....	84
FIGURA 55 - REGRA 5 .....	85
FIGURA 56 - REGRA 6 .....	85
FIGURA 57 - REGRA 7 .....	86
FIGURA 58 - REGRA 8 .....	86
FIGURA 59 - REGRA 9 .....	86
FIGURA 60 - REGRA 9A.....	87
FIGURA 61- REGRA 9B.....	87
FIGURA 62 - REGRA 9C.....	88
FIGURA 63 - REGRA 9D.....	88
FIGURA 64 - REGRA 9E.....	88
FIGURA 65 - REGRA 10 .....	89

FIGURA 66 - REGRA 11 .....	89
FIGURA 67 - REGRA 12 .....	90
FIGURA 68 - REGRA 13 .....	90
FIGURA 69 - REGRA 14 .....	91
FIGURA 70 - REGRA 15 .....	91
FIGURA 71 - REGRA 16 .....	91
FIGURA 72 - REGRA 17 .....	92
FIGURA 73 - REGRA 18 .....	92
FIGURA 74 - REGRA 19 .....	92
FIGURA 75 - REGRA 20 .....	94
FIGURA 76 - REGRA 21 .....	95
FIGURA 77 - REGRA 22 .....	95
FIGURA 78 - REGRA 23 .....	96
FIGURA 79 - REGRA 24 .....	96
FIGURA 80 - REGRA 25 .....	96
FIGURA 81 - REGRA 26 .....	97
FIGURA 82 - REGRA 27 .....	97
FIGURA 83 - REGRA 28 .....	97
FIGURA 84 - DERIVAÇÃO – CASA 01 .....	100

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DIMENSÕES E PROPORÇÕES PERMITIDAS. FONTE: DUARTE E ROCHA (2006) .....	45
TABELA 2 – INFORMAÇÕES OBTIDAS NOS CÓDIGOS DE POSTURA .....	59
TABELA 3 - PROPORÇÕES .....	77
TABELA 4 - ANÁLISE MÉTRICA DAS FACHADAS (1/2).....	78
TABELA 5 - ANÁLISE MÉTRICA DAS FACHADAS (2/2).....	79
TABELA 6 - VALORES A SEREM APLICADOS NA GRAMÁTICA DA FORMA .....	80
TABELA 7 - TABELA DE CORNIJAS POSSÍVEIS .....	93
TABELA 8 - TABELA DE PLATIBANDAS POSSÍVEIS .....	94
TABELA 9: TABELA DE PILASTRAS POSSÍVEIS .....	95

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>26</b>
2.1	SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJETO .....	26
2.2	EXEMPLOS DE SISTEMAS GENERATIVOS .....	28
2.2.1	<i>SIMETRIA</i> .....	28
2.2.2	<i>DESIGN PARAMÉTRICO</i> .....	29
2.2.3	<i>FRACTAIS</i> .....	30
2.2.4	<i>ALGORITMO GENÉTICO</i> .....	31
2.3	GRAMÁTICA DA FORMA .....	32
2.3.1	<i>FORMAS, RELAÇÕES ESPACIAIS E GRAMÁTICA DA FORMA</i> .....	33
2.3.2	<i>TIPOS DE GRAMÁTICAS DA FORMA</i> .....	37
2.3.3	<i>APLICAÇÕES DA GRAMÁTICA DA FORMA</i> .....	41
2.3.4	<i>A GRAMÁTICA DA FORMA DAS MEDINAS DE MARRAKESH</i> .....	42
2.4	A QUESTÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E DA REABILITAÇÃO .....	49
2.4.1	<i>INTEGRAÇÃO DE NOVOS VOLUMES, ELEMENTOS E IMAGENS NUMA MORFOLOGIA URBANA</i> .....	50
2.5	ARQUITETURA PAULISTA NO FINAL DO SÉCULO XIX E INÍCIO DO SÉCULO XX	52
2.5.1	<i>POSTURAS MUNICIPAIS PAULISTAS E INFLUÊNCIAS ARQUITETÔNICAS</i> .....	52
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>

<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>58</b>
4.1 CÓDIGOS DE POSTURA DA CIDADE DE AMPARO .....	59
4.2 FORMAÇÃO URBANA DE MONTE ALEGRE DO SUL .....	60
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DA ÁREA CENTRAL DE MONTE ALEGRE DO SUL 62	
<b>5 DESENVOLVIMENTO DA GRAMÁTICA DA FORMA PARA AS FACHADAS DE MONTE ALEGRE DO SUL .....</b>	<b>65</b>
5.1 A GRAMÁTICA DA FORMA .....	80
5.1.1 VOCABULÁRIO DE FORMAS: .....	80
5.1.2 REGRAS PARA GERAÇÃO DE FORMA BÁSICA.....	81
5.1.3 REGRAS PARA DETALHAMENTO .....	90
5.1.4 DERIVAÇÕES.....	98
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO A: DERIVAÇÃO CASA 02 .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO B: DERIVAÇÃO CASA 03 .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO C: DERIVAÇÃO CASA 04 .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO D: DERIVAÇÃO CASA 05 .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO E: DERIVAÇÃO CASA 06 .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO F: DERIVAÇÃO CASA 07.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO G: DERIVAÇÃO CASA 08 .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO H: DERIVAÇÃO CASA 09 .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO I: DERIVAÇÃO NOVA FACHADA 01 .....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO J: DERIVAÇÃO NOVA FACHADA 02 .....</b>	<b>118</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Na década de 60 surgiram os primeiros sistemas de CAD (computer-aided design) específicos para arquitetura. Os arquitetos, então, começaram a desenvolver sistemas de auxílio ao projeto com utilização das ciências computacionais, inteligência artificial e estratégias de resolução de problemas (Mitchell, 1975). Estes sistemas possuíam três objetivos principais: otimização de projeto, automatização das tarefas de desenho e geração criativa de formas.

Dentro do contexto da geração de formas, destacam-se as pesquisas na área de sistemas generativos de projeto, cujo objetivo é a elaboração de ferramentas projetuais em vez da produção específica de uma só forma. A vantagem desta utilização está na produtividade e inovação das formas a serem criadas, pois desta maneira diversos projetos pertencentes a uma mesma família podem ser criados com economia de tempo e explorando uma maior quantidade de alternativas.

É possível, por exemplo, o desenvolvimento de um sistema generativo de um complexo de casas onde cada uma delas é tratada de maneira particular, mas seguindo a mesma linguagem como mostrado por Duarte (2005) com a pesquisa realizada para o conjunto da Malagueira do arquiteto Álvaro Siza.

Uma metodologia muito utilizada em sistemas generativos de projetos arquitetônicos é a Gramática da Forma (em inglês *Shape Grammar*), desenvolvida na década de 70 por George Stiny e James Gips, e que representa um método sistemático de geração de formas baseado em regras, podendo ser utilizada de maneira analítica ou sintética. A aplicação analítica da gramática da forma consiste no estudo de obras arquitetônicas já estabelecidas a partir das quais podem ser determinadas regras de

composição e conseqüentemente a geração de novos indivíduos baseados na mesma linguagem. Já a aplicação sintética consiste na definição de novas regras para a produção de uma nova linguagem arquitetônica.

A principal aplicação da gramática da forma tem sido a análise de conjuntos de obras e linguagens arquitetônicas, como já realizado com as obras das vilas de Palladio (STINY; MITCHELL, 1978), dos jardins do Taj Mahal (STINY; MITCHELL, 1980), das casas tradicionais da China (CHIOU; KRISHNAMURTI, 1995), de Taiwan (CHIOU; KRISHNAMURTI, 1996) e da Turquia (CAGDAS, 1996), das casas de chá japonesas (KNIGHT, 1981), das casas em estilo Queen Anne (FLEMMING, 1987), das casas da pradaria de Frank Lloyd Wright (KONING; EIZENBERG, 1981) que foi a primeira a utilizar formas tridimensionais, e das casas da Malagueira de Álvaro Siza (DUARTE, 2005) que foi implementada em um sistema computacional. Todos estes trabalhos estabeleceram a gramática da forma como um novo paradigma para a análise de linguagens arquitetônicas. Pode-se dizer que este paradigma se insere dentro de uma linha estruturalista da teoria da arquitetura, pois analisa a composição arquitetônica a partir de sua estrutura e lógica internas, não se preocupando com fatores como condicionantes históricos, climáticos, econômicos ou sócio-culturais. Apesar de extremamente importantes, esses fatores muitas vezes não explicam satisfatoriamente o surgimento de determinadas formas. Desse modo, é interessante a combinação desses estudos com métodos de análise estruturais, como a gramática da forma.

Outro aspecto interessante da gramática analítica é que ela permite gerar novos exemplares pertencentes à linguagem analisada.

São apresentados nas Figuras de 1 a 3, novos projetos gerados a partir de gramáticas de forma analíticas.

**Corpus  
Analisado**

**Nova  
composição**

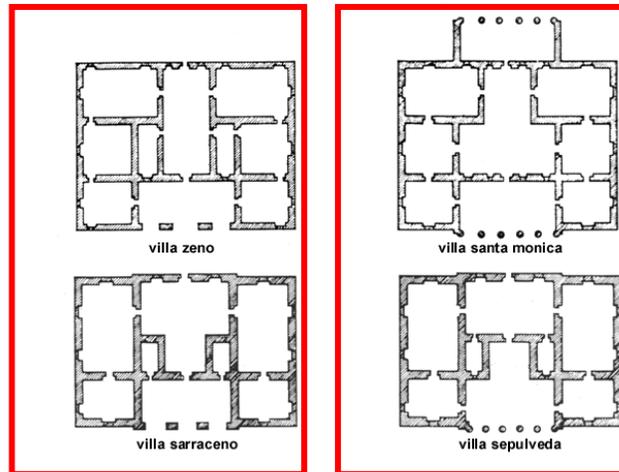


Figura 1 – Vilas Palladio. Fonte: Knight (2000-2001)

**Corpus  
Analisado**

**Nova  
composição**

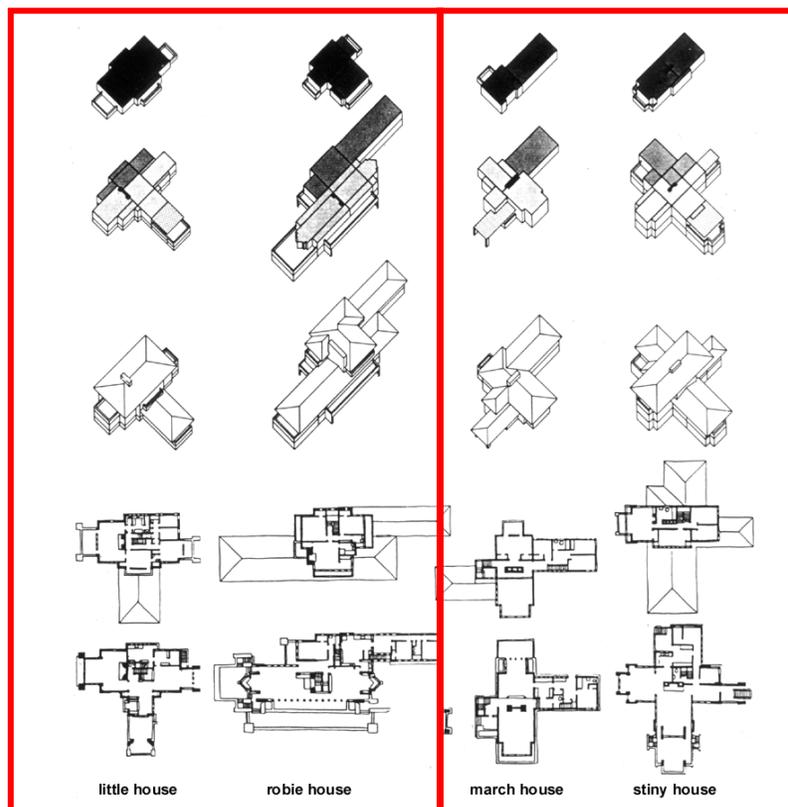


Figura 2 – Casas de Frank Lloyd Wright. Fonte: Knight (2000-2001)

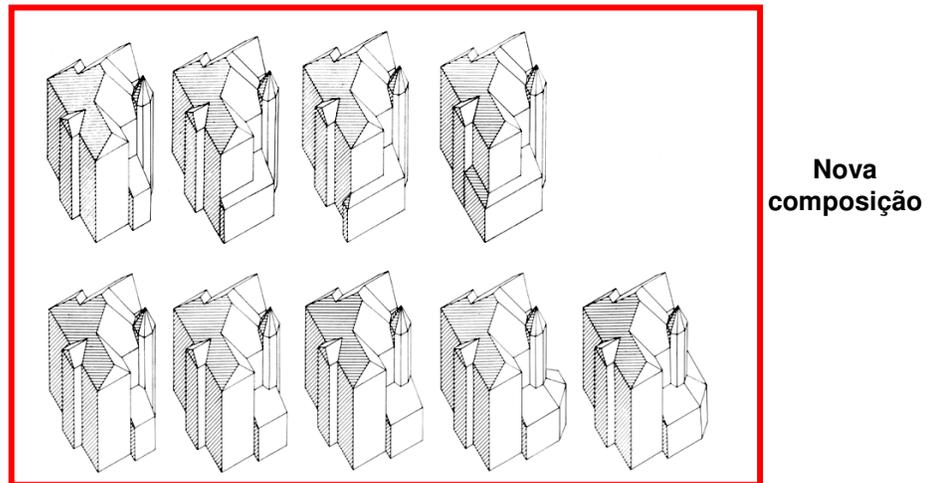


Figura 3 – Casas estilo Queen Anne. Fonte: Knight (2000-2001)

Nesses exemplos, o objetivo da geração de novos exemplares é apenas o de verificar se a gramática está correta. Contudo, há também alguns exemplos na literatura de gramáticas analíticas que foram desenvolvidas para servir como base para novos projetos. Nesse caso, a gramática não busca reproduzir a linguagem existente com todos os seus detalhes, mas apenas descrevê-la em sua essência, servindo como base para o projeto de novos edifícios que convivam de maneira harmônica com os existentes, sem copiá-los diretamente, o que resultaria em um “pastiche”. Um exemplo de gramática desse tipo foi desenvolvido por Duarte et al (2006) para as medinas de Marrakech, apresentado neste trabalho no capítulo 3.

No presente trabalho foi desenvolvida uma gramática da forma capaz de reproduzir a tipologia das fachadas da área central de uma típica cidade do interior de São Paulo consolidada no final do século XIX.

A cidade de Monte Alegre do Sul foi escolhida como objeto de estudo, pois o centro da cidade, local onde se iniciou o desenvolvimento urbano do município, encontra-se relativamente bem preservado, sem grandes interferências urbanísticas ou arquitetônicas. Além disso, trata-se de um conjunto pequeno de construções, o que viabilizou este estudo.

O uso da *shape grammar* proposta neste trabalho consistiu na definição de regras de composição a partir do levantamento das dimensões das fachadas das casas da cidade e proporções de suas aberturas, com finalidades analíticas. O seguinte passo consistirá na simplificação dessas regras para possibilitar seu uso com materiais contemporâneos, porém dentro da mesma linguagem existente. Essas regras poderão ser usadas em dois casos: para a readequação de edifícios alterados de maneira inadequada e para novas construções que se harmonizem com os edifícios originais remanescentes, sem, no entanto copiá-los diretamente, o que não faria sentido, uma vez que sua construção será realizada com materiais contemporâneos e dentro de um sistema de produção totalmente diferente daquele em que as construções eram feitas no século XIX.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJETO

Sistema generativo de projeto ou *generative design system* é um método de projeto que difere de outras abordagens principalmente porque, durante o processo de projeto, o projetista elabora métodos para a produção em vez de projetar diretamente o produto (Figuras 4 e 5). Dessa maneira, podem-se desenvolver famílias de objetos com coerência formal e construtiva, ou seja, desenvolver um conjunto de objetos baseados nas mesmas regras, dos quais pode se escolher os mais bem sucedidos (FISCHER; HERR, 2001).

De acordo com Mitchell (1975) um sistema generativo pode produzir uma variedade de soluções em potencial para um mesmo problema.

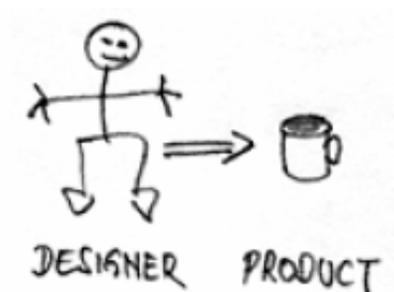


Figura 4 - Abordagem tradicional de projeto. Fonte: Fischer e Herr (2001)

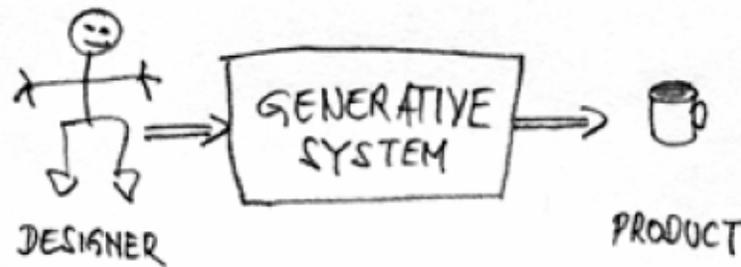


Figura 5 - Abordagem de projeto por meio de um sistema generativo. Fonte: Fischer e Herr (2001)

Embora o estudo da aplicação de sistemas generativos para arquitetura tenha se iniciado nas décadas de 50 e 60, este não é um conceito novo, pois Palladio e Duran também estabeleciam regras para otimizar os processos de projeto e permitir que novos projetos fossem criados exatamente de acordo com a linguagem proposta por eles.

Os sistemas generativos não precisam ser necessariamente implementados em computador. O trabalho de aplicação de regras e permutação de atributos pode ser feito por meio de representações simbólicas, com desenhos a mão.

De acordo com Celani (2008), como o objetivo de um sistema generativo é gerar um maior número de soluções ao invés de uma única solução, este pode ser utilizado em três situações:

- Otimização de problemas: uso de sistemas generativos em problemas de projeto com critérios bem definidos. Como não existe um método direto para se encontrar uma solução é necessário gerar e testar todas as possibilidades a fim de se encontrar a alternativa que melhor corresponda aos critérios exigidos.
- Família de objetos: situações onde há necessidade de variedade, ou seja, problemas de projeto que exigem um determinado número de soluções similares, mas ligeiramente diferentes. Este é um problema comum em design industrial.
- Design Exploratório: situação onde os critérios para solução de problemas de projeto estão mal definidos, de forma que é importante avaliar para diferentes possibilidades para verificar os seus prós e contras para se encontrar uma solução satisfatória, ou o melhor possível.

Enquanto a primeira situação acima normalmente visa cumprir critérios econômicos e funcionais, a segunda e a terceira situações são mais específicas para soluções preocupadas com a criatividade e originalidade.

## 2.2 EXEMPLOS DE SISTEMAS GENERATIVOS

A seguir são apresentados alguns tipos de sistemas generativos com maior destaque para *Shape Grammar* por ser o objetivo desta pesquisa.

### 2.2.1 SIMETRIA

Um método que tem sido usado há séculos pelos arquitetos é a simetria. Operações simétricas podem ser aplicadas a uma determinada forma, resultando em diferentes modelos possíveis como exemplificado na Figura 6.

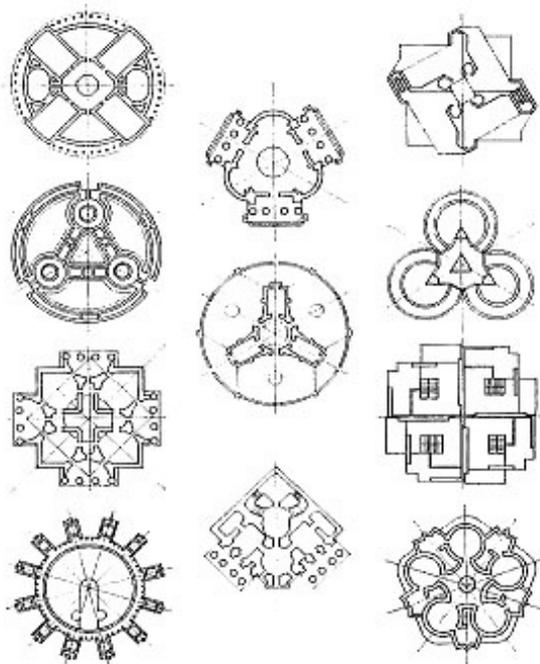


Figura 6: Simetria. Fonte: March e Steadman (1971)

## 2.2.2 DESIGN PARAMÉTRICO

Um tipo de sistema generativo muito utilizado é o paramétrico. Nele as dimensões não são especificadas a priori, mas representadas por meio de parâmetros que são substituídos por valores após a aplicação das regras de composição. Dessa forma, dá-se mais atenção às relações espaciais entre as formas, e não a dimensões específicas.

Uma forma interessante de obtenção de novidade e variedade formais é a combinação dessas descrições parametrizadas com a atribuição de valores aleatórios. Um exemplo conhecido de composição arquitetônica que utiliza esse recurso, ainda que não implementada em computador, são os arcos da editora Mondadori (Figura 7), de Oscar Niemeyer, onde o arquiteto criou uma fachada onde as larguras dos arcos são variáveis.



Figura 7 - Editora Mondadori. Fonte: [www.niemeyer.com.br](http://www.niemeyer.com.br)

### 2.2.3 FRACTAIS

Um fractal é um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, sendo cada parte semelhante ao objeto original. Como sistema generativo um fractal consiste em uma aplicação de regras recursivamente, capazes de gerar formas complexas e auto-similares através da substituição de uma regra (gerador). Em muitos casos um fractal pode ser gerado por um padrão repetitivo num processo recorrente ou iterativo. (Figura 8).

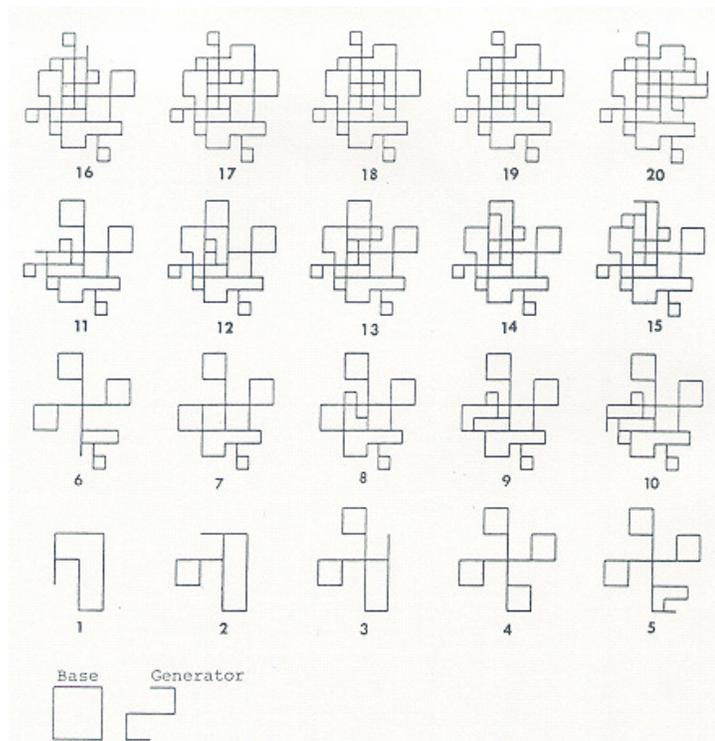


Figura 8 - Processo Fractal. Fonte: Yessios (1987)

A teoria dos fractais tem sido amplamente documentada por Benoit Mandelbrot (1983), no entanto é um desafio desenvolver um fractal que represente um edifício, pois se o processo de aplicação das regras não for controlado gerará uma forma interessante, mas não uma representação de um edifício (YESSIOS, 1987). Portanto, o processo de utilização de fractais para arquitetura necessita ser um fractal direcionado

e limitado. Yessios (1987) utiliza a expressão biológica de "mutação" e diz que o processo fractal tem de ser "mutado" pelo projetista para atender aos requisitos das funcionalidades de um edifício.

#### **2.2.4 ALGORITMO GENÉTICO**

Algoritmos genéticos (GA) são um exemplo de sistema generativo inspirados pelas ciências naturais. Segundo a teoria da evolução de Darwin, cada geração de uma dada espécie representa um aperfeiçoamento em termos de adaptação ao meio ambiente. Esta adaptação ocorre por meio de recombinação aleatória das características naturais e à exposição a condições do ambiente. Como resultado, os indivíduos fracos e os mais fortes sobrevivem. Na natureza, a recombinação de características dos indivíduos acontece no nível genético. Um genótipo é uma representação simbólica de um fenótipo do indivíduo, ou seja, suas características físicas. O número de genes na maioria das espécies é muito grande e, por isso, o número de possíveis combinações de genes é enorme. Uma vez que seria impossível gerar todas as combinações de genes para uma dada espécie, uma boa alternativa é a de gerar aleatoriamente muitas combinações possíveis e, em seguida, testar cada uma delas. *Crossing-over* e mutação são mecanismos que aumentam ainda mais a possibilidade de recombinação, permitindo o surgimento de novas e inesperadas características. Quando os filhos - com novas combinações genéticas - nascem, eles são testados através da exposição ao ambiente, onde apenas bons "projetos" irão sobreviver e passar seus genes à geração seguinte. (CELANI, 2008).

As primeiras aplicações de algoritmos genéticos no projeto começaram nos anos 70. Bentley (1999) e Holland (1992) oferecem boas bases teóricas para o campo, enquanto as aplicações práticas podem ser encontradas, por exemplo, em Frazer (1995), Poon e Maher (1997), e Garza e Maher (1999). Carranza's ArchiKluge (2008) é um exemplo interessante de uma implementação por meio de Java applet que podem ser vistas on-line em diagramas de evolução arquitetônica em tempo real (Figura 9).

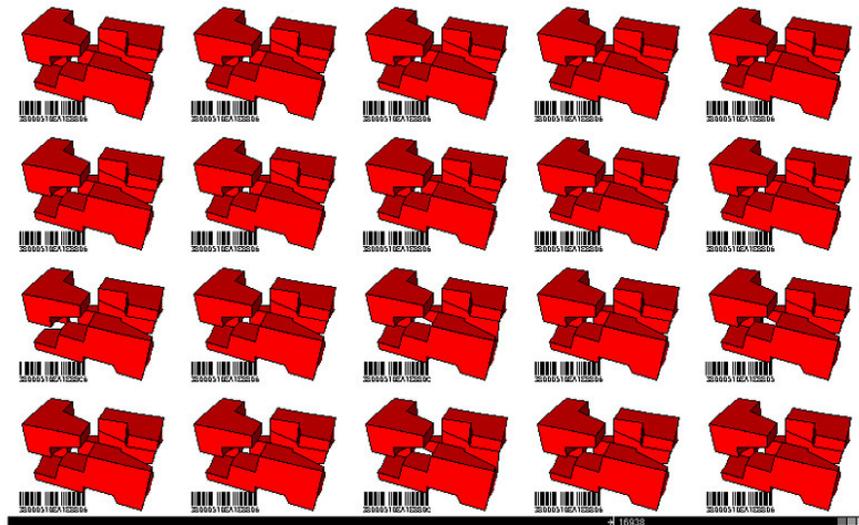


Figura 9 - Diagrama com códigos de barras que representam genótipos. Fonte: <http://armyofclerks.net/ArchiKluge/ArchiKluge.html>

## 2.3 GRAMÁTICA DA FORMA

A gramática da forma (em inglês *shape grammar*) foi desenvolvida e apresentada pela primeira vez no artigo: “*Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture*”, por George Stiny e James Gips em 1972 (STINY; GIPS, 1972). Esta gramática consiste em um sistema de geração de formas baseado em regras, que constituirão elementos de uma mesma família. A gramática da forma se baseia no sistema de produção do matemático Emil Post (POST, 1943) e na gramática generativa (ou gerativa) do lingüista Noam Chomsky (CHOMSKY, 1957).

A teoria da gramática da forma insere-se na área de design computation, onde *computation* refere-se a processamento de informações, não necessariamente ao uso de computadores, embora este seja um campo explorado por alguns pesquisadores da gramática da forma, que podem automatizar as regras, podendo assim testá-las com maior eficiência e rapidez.

Os principais elementos de uma gramática da forma são: o vocabulário de formas, as relações espaciais entre as formas, regras de composição a partir das

relações espaciais e a forma inicial, a partir da qual tem início a derivação, ou seja, a aplicação das regras até que se chegue à forma desejada.

### 2.3.1 FORMAS, RELAÇÕES ESPACIAIS E GRAMÁTICA DA FORMA

Segundo Stiny (1980a), a linguagem de projeto estabelecida numa gramática da forma pode ser representada pelo seguinte diagrama (Figura 10):

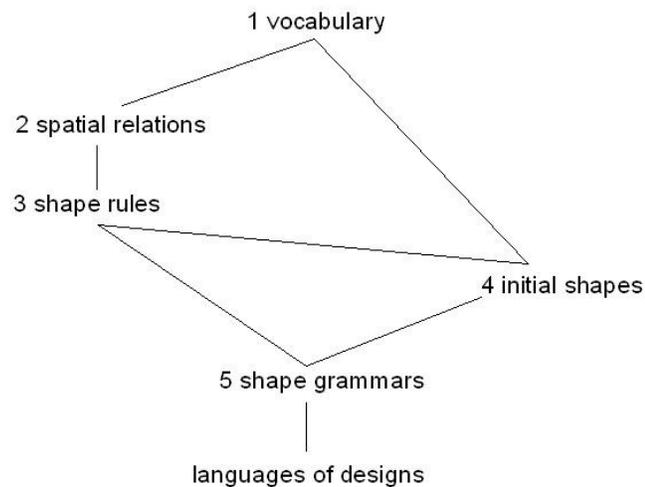


Figura 10 - Programa para definição de uma linguagem de projeto. Fonte Stiny e Gips (1971)

O desenvolvimento de uma gramática da forma consiste em 5 etapas:

- **Definição do vocabulário de formas:**

O vocabulário de formas é constituído por um conjunto finito de elementos construtivos do projeto, podendo ser bidimensionais ou tridimensionais, e pelas transformações euclidianas – translação, rotação, escala e espelhamento que serão permitidos às formas (Figura 11).

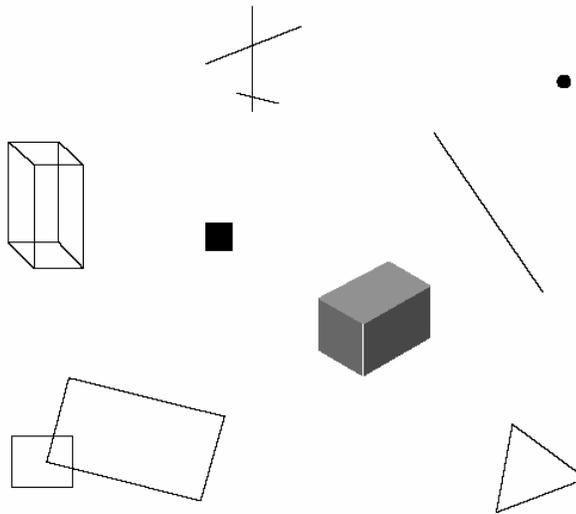


Figura 11: Exemplo de vocabulário. Fonte: Knight (2000 - 2001)

- **Relações Espaciais:**

As relações espaciais são as idéias de composição para o projeto. Fixam o modo como as formas do vocabulário podem ser combinadas (Figura 12).

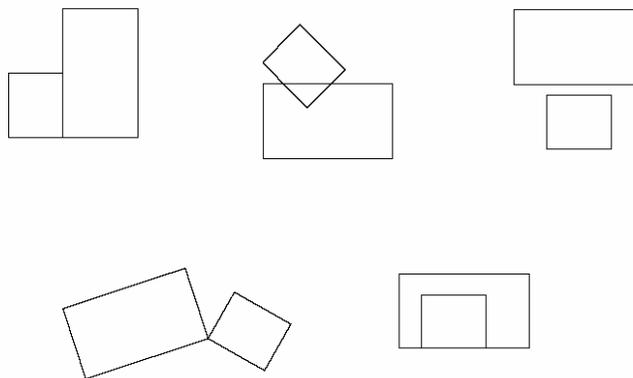


Figura 12 - Exemplo de Relações Espaciais. Fonte: Knight (2000 - 2001)

- **Regras das formas:**

Determinam as operações de adição ou subtração permitidas entre as formas, que são executadas recursivamente, ou seja, executadas várias vezes (Figura 13).

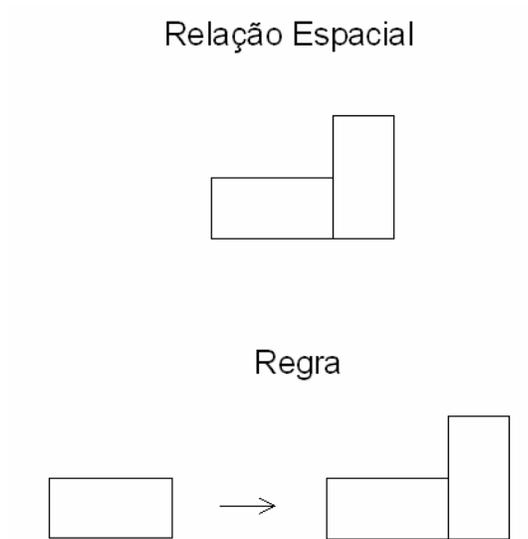


Figura 13 - Exemplo de regra. Fonte: Knight (2000 - 2001)

Marcadores, também chamados de etiquetas ou em inglês *labels*, podem ser inseridos nas formas para redução da simetria, indicando assim onde a regra dever ser aplicada. Esse método restringe a aplicação da regras, podendo-se controlar o resultado das aplicações. Outro exemplo de marcação pode ser feito com cores, como demonstrado por Knight (1994).

Também podem ser incluídas regras que determinam a retirada dos marcadores para que sejam cessadas as aplicações e assim obter-se a forma final.

- **Forma Inicial**

Depois da definição do vocabulário, deve-se escolher uma forma inicial entre as formas do vocabulário, pois é a partir desta que serão aplicadas as regras de composição.

- **Gramática da forma**

A gramática da forma é determinada pelos componentes descritos acima: forma inicial, relações espaciais, regras de composição e pela aplicação recursiva das regras.

Para a aplicação de uma regra é necessário fazer o reconhecimento de uma sub-forma da composição em andamento idêntica à forma do lado esquerdo da regra que se deseja aplicar. Em seguida, essa sub-forma é substituída pela forma presente no lado direito da regra. Este processo é repetido sistematicamente para cada nova regra que se deseja aplicar. Nessa primeira etapa ocorre freqüentemente que a sub-forma identificada é resultante da combinação de outras formas. A esse fenômeno dá-se o nome de emergência, como exemplificado na Figura 14 (CELANI et al, 2007).

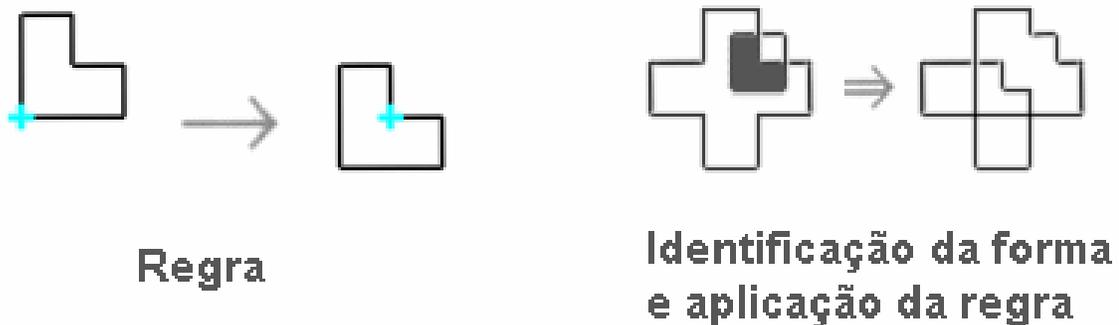


Figura 14 – Emergência de forma. Fonte: Knight (2000 - 2001)

A maior dificuldade encontrada na implementação computacional de gramáticas da forma reside precisamente na identificação de figuras emergentes. A Figura 15, por exemplo, mostra a sobreposição dos quadrados A e B, o que resulta no quadrado menor C. Esse quadrado menor, que emerge da sobreposição dos dois quadrados maiores, pode ser facilmente identificado pelo cérebro humano. Contudo, sua identificação do ponto de vista computacional implica na utilização de avançadas técnicas da inteligência artificial. Para o modelo computacional, apesar de sobrepostos, os dois quadrados maiores continuam sendo entidades independentes definidas por seus vértices, não sendo possível, portanto, aplicar regras de substituição ao quadrado menor, já que os vértices deste, resultantes da intersecção dos lados dos quadrados maiores, não foram definidos a priori. (CELANI et al, 2007)

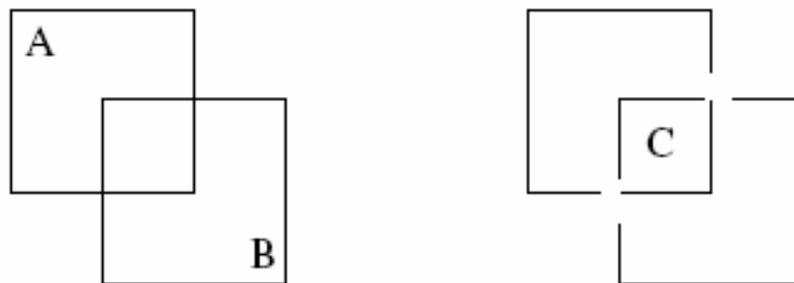


Figura 15- Identificação de forma emergente. Fonte: Celani et al (2006)

### 2.3.2 TIPOS DE GRAMÁTICAS DA FORMA

- **GRAMÁTICA DA FORMA ANALÍTICA E ORIGINAIS**

Originalmente, a gramática da forma foi criada com objetivo de geração de formas originais para a pintura e as artes (STINY; GIPS, 1972). Este tipo de uso criativo

da gramática da forma também foi abordado por Stiny (1980) quando este propôs uma gramática para desenvolvimento de novos projetos baseados no método de educação infantil de Frederick Froebel. Contudo, após a publicação de "*Ice-ray: a note on the generation of Chinese lattice designs*" (STINY, 1977), iniciou-se o uso da gramática da forma para análise de arquiteturas já estabelecidas, com a definição de regras para a representação das formas existentes e geração de novas composições na mesma linguagem ou estilo.

Uma gramática da forma de análise deve ser capaz de reproduzir o corpus que serviu de base para sua coleta de dados e gerar novos indivíduos dentro desta mesma linguagem.

- **GRAMÁTICA DA FORMA PARAMÉTRICA**

Segundo Duarte (2007), uma gramática da forma paramétrica é uma gramática na qual as regras são parametrizadas de modo que cada regra representa, de fato, um conjunto de regras, já que os valores dos parâmetros são deixados em aberto para serem definidos no momento da implementação, possibilitando dessa forma uma gramática capaz de gerar enorme variedade de resultados como no exemplo da Figura 16. Nesta figura a regra que define a posição da divisão dos polígonos é variável, permitindo assim a geração de muitos modelos diferentes.

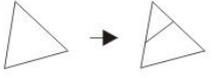
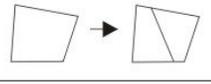
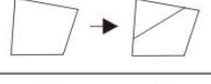
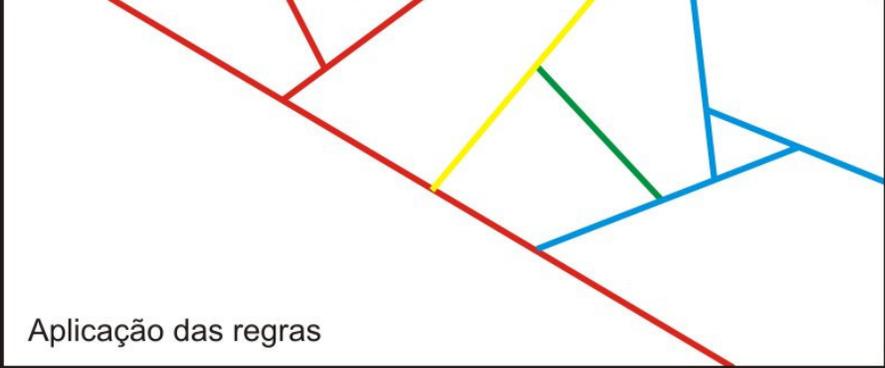
Regra 1		Polígono de 3 lados → 1 Polígono de 3 lados e 1 polígono de 4 lados
Regra 2		Polígono de 4 lados → 2 Polígonos de 4 lados
Regra 3		Polígono de 4 lados → 1 Polígono de 3 lados e 1 polígono de 5 lados
Regra 4		Polígono de 5 lados → 1 Polígono de 4 lados e 1 polígono de 5 lados
Regra 5		Polígono de 4 lados → Polígono de 3 lados
 <p>Aplicação das regras</p>		

Figura 16 - Exemplo de gramática paramétrica: na gramática das janelas tradicionais chinesas cujas regras definem subdivisões dos polígonos, sem definir a posição exata de sua inserção. Fonte: Stiny (1977)

- **GRAMÁTICA COM MARCADORES (LABELS)**

O uso de marcadores (*labels*), que nada mais são que marcas aplicadas às formas para reduzir sua ordem de simetria, restringe a maneira como as regras podem ser aplicadas, mas por outro lado permite um maior controle sobre os resultados. O exemplo apresentado na Figura 17 utiliza marcadores.

		Gramática da forma	
Relação espacial	Regras para mesma relação espacial		Posição inicial 
		Diferentes posições dos marcadores	
	 		
	 		
	 		
	 		
	 		
	 		
	 		
	 		

Figura 17 - Gramática da forma com a utilização dos blocos de Froebel. Fonte: Stiny (1980)

- **GRAMÁTICA DA COR**

Desenvolvida por Knight (1993, 1994) essa variação da gramática da forma utiliza cores no lugar de marcadores. A maior vantagem é que elas podem ser utilizadas

para a aplicação posterior de "regras de decoração", nas quais elementos-extra podem ser inseridos nas áreas coloridas (Figura 18).

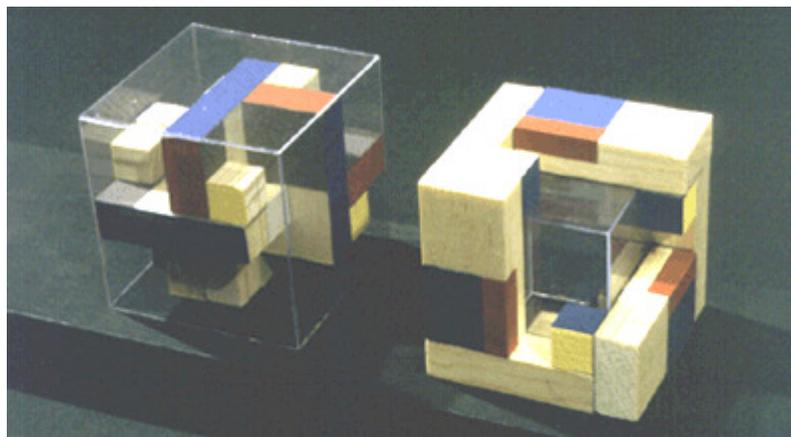


Figura 18 - Gramática da cor: projeto de Wei-Cheng Chang que utiliza cores para a redução da simetria dos blocos e adição de detalhes no projeto final. Fonte: Knight (2000 – 2001)

### **2.3.3 APLICAÇÕES DA GRAMÁTICA DA FORMA**

Neste trabalho, pretende-se aplicar a Gramática da Forma a um estudo sobre composição de fachadas na cidade de Monte Alegre do Sul, interior de São Paulo, onde essa gramática será capaz de gerar projetos com a mesma composição formal

Para avaliação deste tipo de gramática da forma, que considera a escala do edifício, foi estudado em particular o trabalho realizado para as casas da Medina de Marrakech e que é apresentado a seguir como um exemplo de aplicação de uma gramática da forma paramétrica na análise de uma morfologia urbana específica.

### 2.3.4 A GRAMÁTICA DA FORMA DAS MEDINAS DE MARRAKESH

Esta gramática, dividida em duas partes – uma destinada à distribuição interna das casas e outra à sua implantação urbana - foi também utilizada como referência, embora na presente pesquisa se pretenda trabalhar apenas com fachadas. A gramática desenvolvida para as Medinas de Marrakech se destina a criar diretrizes para a construção de novas casas e novas composições urbanas que digam a mesma linguagem existente sem, no entanto copiá-la. É uma gramática da forma paramétrica, subdividida em três partes principais, que serão implementadas em um modelo computacional, para análise de uma medina na cidade de Marrakech, Marrocos. A primeira gramática analisou os pátios das casas marroquinas (DUARTE; ROCHA, 2006), a segunda fez uma análise da forma urbana (DUARTE et al., 2006) e a terceira (em desenvolvimento) será uma combinação das duas anteriores e permitirá a elaboração do planejamento urbano com posterior implantação das residências dentro do contexto estabelecido de sustentabilidade, eficiência energética e aspectos culturais (Figura 19). Este é o primeiro trabalho a desenvolver uma gramática paramétrica urbana e abordará conceitos de pesquisas anteriores na implementação de sistemas generativos utilizando algoritmos genéticos (CALDAS, 2001) e a aplicação da gramática da forma na customização de condomínios (mass-housing) (DUARTE, 2005).

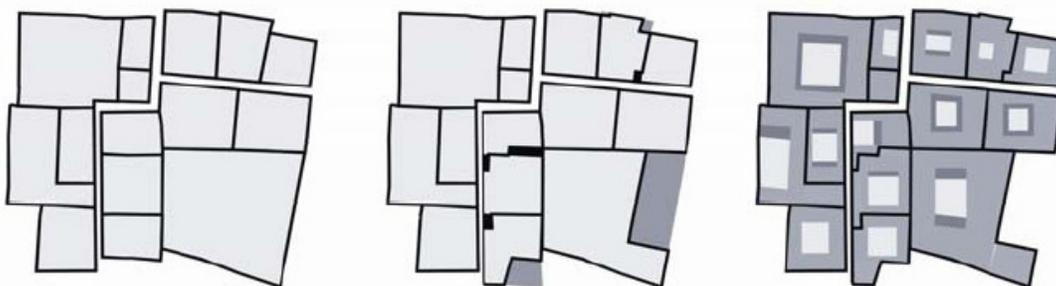


Figura 19 – Gramática urbana (esquerda), gramática associada (centro) e gramática das casas (direita). Fonte: Duarte et al (2006)

O trabalho pretende capturar as diferentes características urbanas, arquitetônicas e morfológicas de uma antiga medina em Marrakech, mais especificamente o quarteirão Zaouiat Lakhdar.

A elaboração dessa pesquisa começou com um levantamento histórico-cultural, para que se pudesse compreender como ocorreu a formação da cidade e os motivos que determinaram a configuração das casas.

Apesar da primeira impressão da cidade ser a de um desenvolvimento orgânico e caótico, uma observação mais detalhada permitiu o reconhecimento de padrões urbanos repetitivos. A identificação desses padrões permitiu que se estabelecesse um reduzido número de esquemas paramétricos, resultando assim numa gramática da forma paramétrica, onde os valores não são aleatórios e sim definidos a partir das proporções averiguadas no local.

Dentre as três gramáticas desenvolvidas para a Medina de Marrakech foi estudada em particular a dos pátios das casas por se tratar de gramática paramétrica na escala do edifício. O objetivo dessa gramática é a geração de novas propostas pertencentes à mesma linguagem, respeitando as características culturais e arquitetônicas, mas que sejam mais adequadas aos dias atuais, por exemplo, no que diz respeito à eficiência energética.

A elaboração da gramática da forma permitiu a descrição formal das casas, detalhando a lista de regras para representação dos edifícios típicos da medina, e que possibilitará a geração de modelos novos, aplicando-se as regras em novas combinações.

Observou-se que a localização da entrada e a caixa de escada são fundamentais para a definição de um projeto básico (Figura 20)

A elaboração dessa gramática seguiu 4 passos:

1º. Definição de um grupo de casas que seriam utilizadas para a análise:

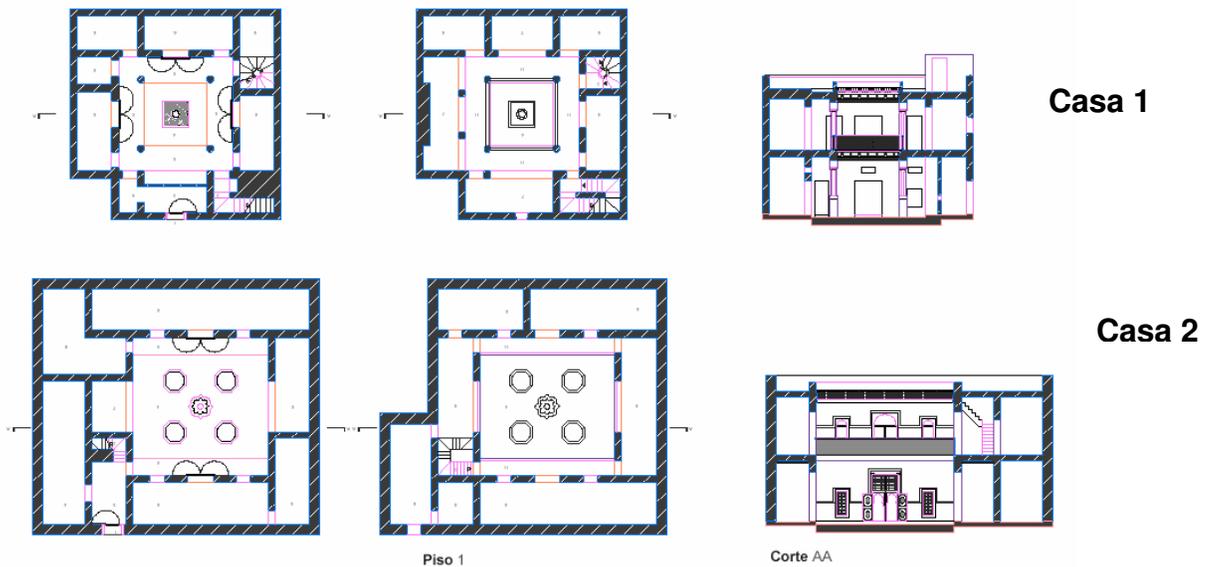


Figura 20- Duas plantas de casas escolhidas por terem a mesma estrutura formal. Fonte: Duarte; Rocha (2006)

## 2º. Descrição formal da estrutura dessas casas:

Após a análise das casas, percebeu-se que havia uma estrutura formal básica: a existência de dois ou três anéis em torno de um pátio (Figura 21). Foram observadas as seguintes características:

- Formação de dois anéis retangulares em torno do pátio;
- O primeiro anel corresponde à loggia e o segundo anel aos quartos;
- Há a possibilidade de um terceiro anel para acomodação de mais quartos, ou pode ser usada uma extensão no segundo anel;
- A largura do pátio pode variar entre 3,0m e 8,04m e o comprimento entre 3,0m e 8,10m;
- A profundidade do primeiro anel pode variar entre 70% e 141% do comprimento do pátio e a largura pode variar entre 14% e 31% do comprimento;
- As dimensões do segundo anel seguem contextos similares;

- Uma casa não pode ter um pátio muito grande nem loggias muito estreitas ou o contrário;
- As dimensões do terceiro anel não dependem das dimensões do pátio.

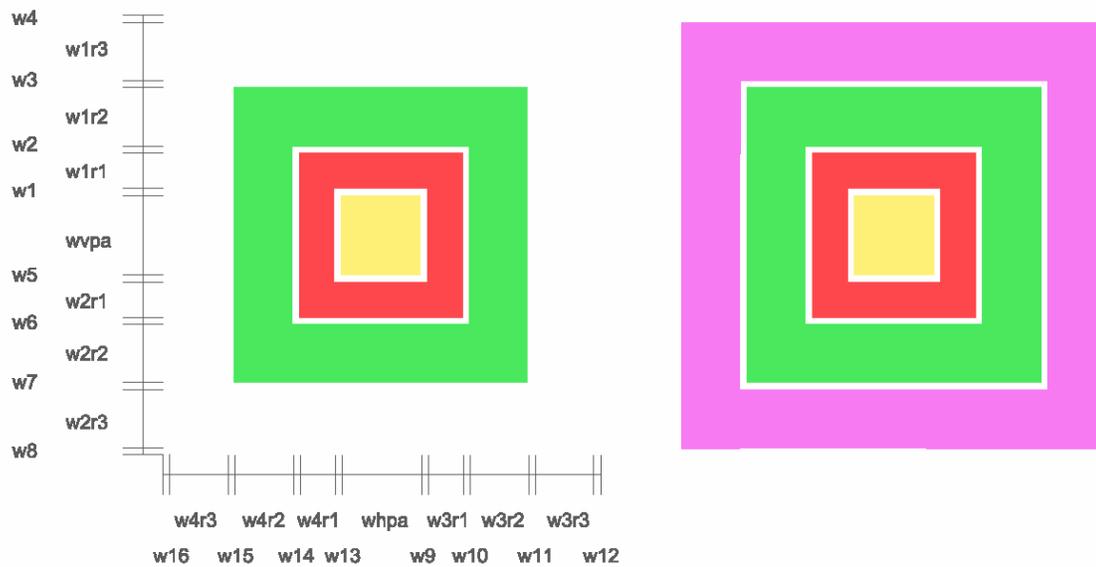


Figura 21 - Definição de Padrão de anéis. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

	<i>w<sub>wpa</sub></i>	<i>w<sub>lpa</sub></i>	<i>w<sub>1,5,9,13</sub></i>	<i>w<sub>r1</sub></i>	<i>w<sub>2,6,10,14</sub></i>	<i>w<sub>r2</sub></i>	<i>w<sub>3,7,11,15</sub></i>	<i>w<sub>3</sub></i>	<i>w<sub>4,8,12,16</sub></i>
<i>min</i>	3,00	3,59	0,40	0,70	0,3	1,10	0,30	0,50	0,30
<i>max</i>	8,04	8,10	0,50	1,41	0,7	3,07	0,71	4,55	0,71
	<i>w<sub>lpa</sub> / w<sub>wpa</sub></i>	<i>w<sub>r1</sub> / w<sub>wpa</sub></i>	<i>w<sub>r1</sub> / w<sub>lpa</sub></i>	<i>w<sub>r2</sub> / w<sub>wpa</sub></i>	<i>w<sub>r2</sub> / w<sub>lpa</sub></i>	<i>w<sub>r3</sub> / w<sub>wpa</sub></i>	<i>w<sub>r3</sub> / w<sub>lpa</sub></i>	<i>w<sub>r1</sub> min / w<sub>r1</sub> max</i>	<i>w<sub>r2</sub> min / w<sub>r2</sub> max</i>
<i>min</i>	1,00	0,17	0,14	0,17	0,14	0,13	0,07	0,83	0,65
<i>max</i>	1,30	0,31	0,31	0,63	0,56	0,45	0,93	1,00	1,00

Tabela 1: Dimensões e proporções permitidas. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

### 3º. Estabelecimento das regras de composição:

Para geração do layout Básico é necessário a geração do padrão básico e introdução do hall de entrada e caixa de escada.

#### – Passo 1: Geração do Padrão Básico:

- Regra 1 (Figura 22): Introduzir a forma inicial no primeiro piso;
- Regras 2 – 7 (Figura 22): Aplicar a geração do pátio e do primeiro anel;
- Regras 8 – 12 (Figura 22): Introdução do segundo anel;
- Regras 31 – 34 (Figura 23): Permite o dimensionamento do segundo anel;
- Regras 35 – 38 (Figura 24): Permite a inserção de porções do terceiro anel;

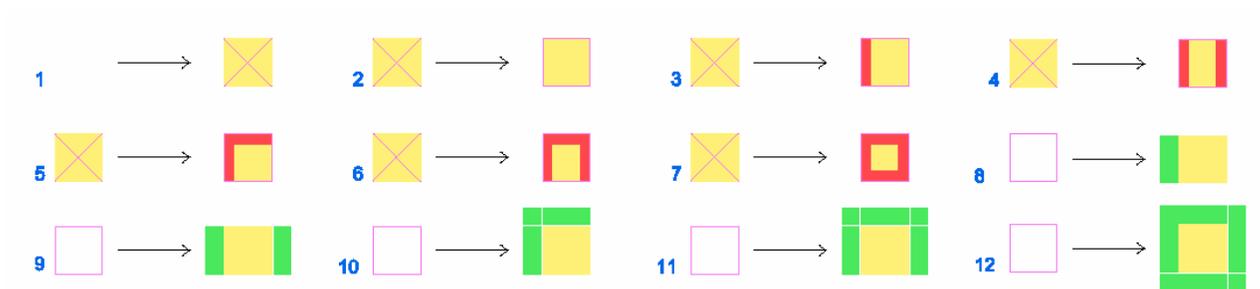


Figura 22- Regras para geração do padrão básico. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

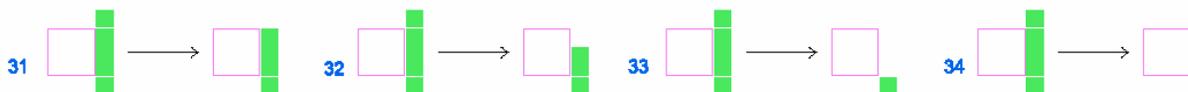


Figura 23 - Regras para dimensionamento do segundo anel. Fonte: Duarte e Rocha (2006)



Figura 24 – Regras para inserção do terceiro anel. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

– Passo 2: Inserção do Hall de Entrada:

- Regras 13 – 19 (Figura 25): Determinam a forma e a localização da entrada. A forma como sifão previne o pátio e outras partes da casa de serem vistos da porta de entrada, protegendo a privacidade da família.
- A passagem para o interior geralmente acessa a loggia, mas quando a casa é muito pequena a passagem acessa diretamente o pátio.
- Os dois espaços que formam o hall de entrada podem se localizar no primeiro anel (Regras 18 e 19) ou podem ser localizados no terceiro anel (Regras 14 e 16).
- Pode ser formada por um espaço retangular e a passagem localizada perpendicularmente, adjacente às paredes de privacidade (Regras 13, 15 e 17).
- Regras 20 – 30 (Figura 26): Determinam a inserção da caixa de escada

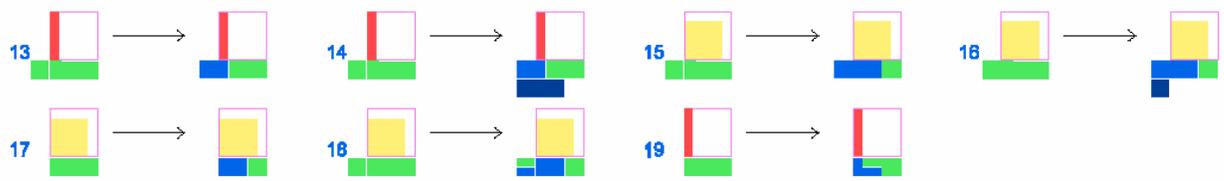


Figura 25: Regras para inserção do hall de entrada. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

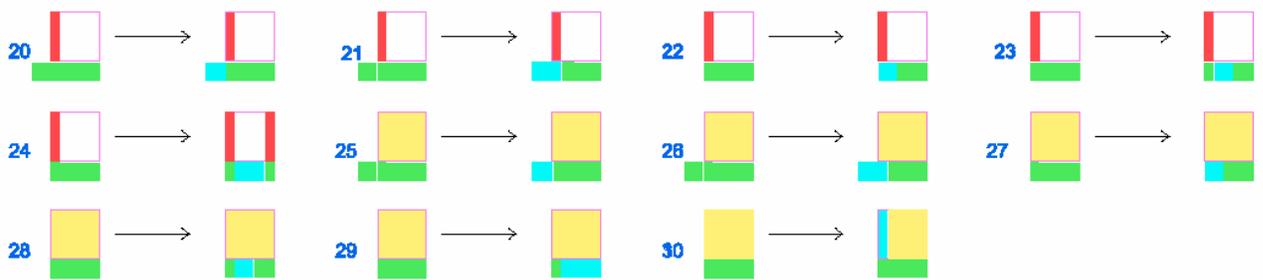


Figura 26: Regras para inserção da caixa de escada. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

#### 4º. Aplicação das regras para geração de um layout existente.

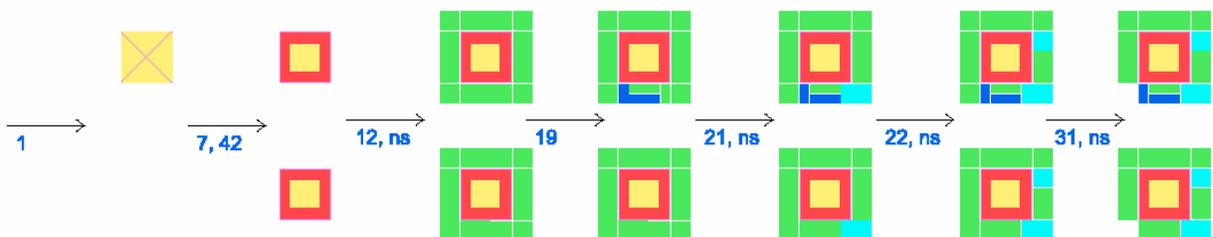


Figura 27: Representação da Casa 01 mostrada na Figura 20, com aplicação das regras mostradas anteriormente. Fonte: Duarte e Rocha (2006)

## 2.4 A QUESTÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E DA REABILITAÇÃO

Como o corpus de pesquisa do presente trabalho trata-se de edifícios antigos, onde há a preocupação com sua conservação, viu-se a necessidade de apontar alguns conceitos relativos ao patrimônio histórico e a reabilitação de edifícios.

A preservação do patrimônio histórico mundial teve início com atividades sistemáticas no século XIX, após a Segunda Guerra Mundial e Revolução Industrial, inicialmente para restaurar os Monumentos destruídos na guerra.

Aguiar et al (1991) citam que com a ampliação do conceito de patrimônio e com a revalorização da idéia de cidade e das suas áreas centrais históricas surgiram novas estratégias de reabilitação urbana, substituindo às ações anteriores de renovação. Geralmente essas ações significavam demolir o patrimônio existente, construindo um novo ou a aplicação de elementos contemporâneos que implicavam na maioria dos casos na substituição integral do padrão urbano tradicional – alterando o traçado e demolindo os edifícios que lhe pertenciam – pelo estabelecimento de novas, modernas, soluções morfológicas de espaço urbano e construindo segundo as correspondentes tipologias das edificações.

Ainda segundo Aguiar et al (1991, p.27):

Reabilitar pressupõe, nos nossos dias, a aplicação e desenvolvimento de uma política de “conservação integrada”, ou seja, o abandono das anteriores estratégias de intervenção em áreas históricas da cidade que promoviam a conservação integral e “em formol” do existente, e a preferência por acções que promovam uma mais efectiva reutilização desse patrimônio edificado através de sua reabilitação física.

Um exemplo de intervenção que leva em consideração a reabilitação urbana, promovendo também a recuperação sócio-econômica é o Plano de Bologna – plano lançado na década de 70 que tinha como objetivo principal controlar a expansão da cidade para novas áreas periféricas da cidade italiana. Foi empregada uma metodologia baseada numa análise fenomenológica da cidade, e a aplicação de instrumentos de

análise morfo-tipológica reconhecendo a importância da historiografia urbana e da identificação tipológica na fundamentação das intervenções arquitetônicas. (Aguiar, et al, 2004). Outro segundo exemplo de reabilitação é o plano realizado para o Bairro Alto da cidade de Lisboa.

O Bairro Alto é um dos mais tradicionais e populares bairros de Lisboa e possui um valioso patrimônio arquitetônico e urbano com mais de 500 anos de história. Esse bairro sobreviveu ao terremoto de 1755 e foi incorporado ao novo traçado proposto pelo Marquês de Pombal na reconstrução da cidade.

Em 1991 o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa elaborou um manual de Apoio à Reabilitação do Bairro Alto (Aguiar et al, 1991). Nesse manual foram catalogadas todas as informações sobre lotes, implantações, fachadas, plantas, adornos para então propor orientações para a reabilitação dos edifícios deste bairro. Embora essas informações sejam de ordem técnica e para utilização prática, são um bom exemplo de quais são as informações necessárias para a caracterização de uma tipologia.

#### **2.4.1 INTEGRAÇÃO DE NOVOS VOLUMES, ELEMENTOS E IMAGENS NUMA MORFOLOGIA URBANA**

Para garantir a conservação da imagem de uma morfologia urbana e arquitetônica é preciso garantir a continuidade dos elementos formais que identificam e caracterizam a sua arquitetura. É preciso também estabelecer um diálogo entre as novas e as antigas construções. Segundo Aguiar et al (1991) este diálogo não implica no desenvolvimento de aproximações miméticas ou de “pastiche”, mas obriga a uma delicada negociação entre as linguagens formais das arquiteturas de diferentes épocas.

A seguir são descritas as considerações apresentadas em Aguiar et al (1991), realizadas para o Bairro Alto para garantir a integração de novas e antigas construções:

- Todas as intervenções de alteração, de acréscimo ou quem impliquem uma construção nova, devem assegurar a continuidade dos panos de fachada existentes, respeitando os atuais alinhamentos e inscrevendo-se nos limites do traçado e dos quarteirões, evitando o estabelecimento de reentrâncias ou saliências nos volumes das fachadas.

- Os ritmos e as proporções dos vãos nos parâmetros das fachadas, em edifícios reabilitados, reconstruídos ou novos, deverão estabelecer-se segundo a estrutura compositiva pré-existente, respeitando ou referindo-se a soluções e tipos de vãos tradicionais no Bairro, aos ritmos verticais e horizontais e às dimensões e ao jogo de alternância – marcado pela variedade de cheio/vazio e claro/escuro.

- Sempre que possível – em obras de reabilitação, recuperação ou ampliação de um determinado edifício -, deverão ser mantidos os elementos formais mais característicos das fachadas pré-existentes, sempre que se reconheça o suficiente valor de acompanhamento ou contribuição para a imagem geral do Bairro (como as platibandas, as pilastras etc.)

- Nos revestimentos das fachadas, tão importantes quanto as formas arquitetônicas que caracterizam os edifícios, são as texturas, as cores e os tipos de materiais tradicionalmente empregados. Nas obras novas deverá existir um cuidado especial com os materiais a utilizar para se garantir a consonância e o diálogo com as envolventes vizinhas.

Por integração os autores se referem à harmonização dos novos edifícios com a linguagem histórica do Bairro Alto.

Com base nestas informações justifica-se a criação de uma gramática capaz de reproduzir as fachadas antigas de uma cidade de maneira a fornecer subsídios para uma reabilitação e a possibilidade de geração de novos indivíduos pertencentes à mesma linguagem, impedindo assim, a descaracterização do local.

## 2.5 ARQUITETURA PAULISTA NO FINAL DO SÉCULO XIX E INÍCIO DO SÉCULO XX

### 2.5.1 POSTURAS MUNICIPAIS PAULISTAS E INFLUÊNCIAS ARQUITETÔNICAS.

Os códigos de postura municipais do século XVIII se baseavam nos códigos provinciais da época da colonização do interior do Brasil.

De acordo com a pesquisa realizada por Lima (2001), o Morgado de Mateus, governador da então província de São Paulo entre os anos de 1765 e 1775, procurou organizar as cidades que surgiram nesse período e justificava a criação de projetos sob princípios de malha regular, referindo-se ao uso destes conceitos na Europa no mesmo período. Estes conceitos enraizaram-se e continuaram a ser utilizados nas cidades paulistas do século XIX, como exemplificado nas plantas das cidades de Campinas (Figura 28) e Amparo (Figura 29), onde nota-se os quarteirões quadrangulares e a malha urbana ortogonal.

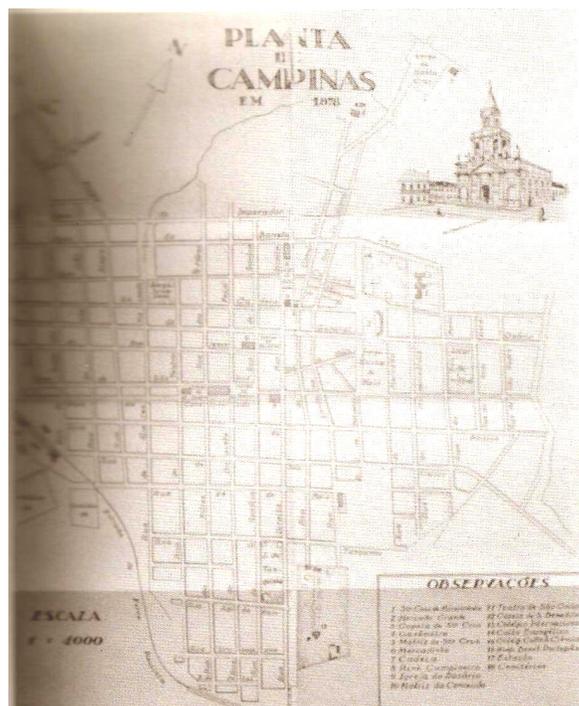


Figura 28 - Traçado de Campinas elaborado em 1878. Fonte: Lima (2001)

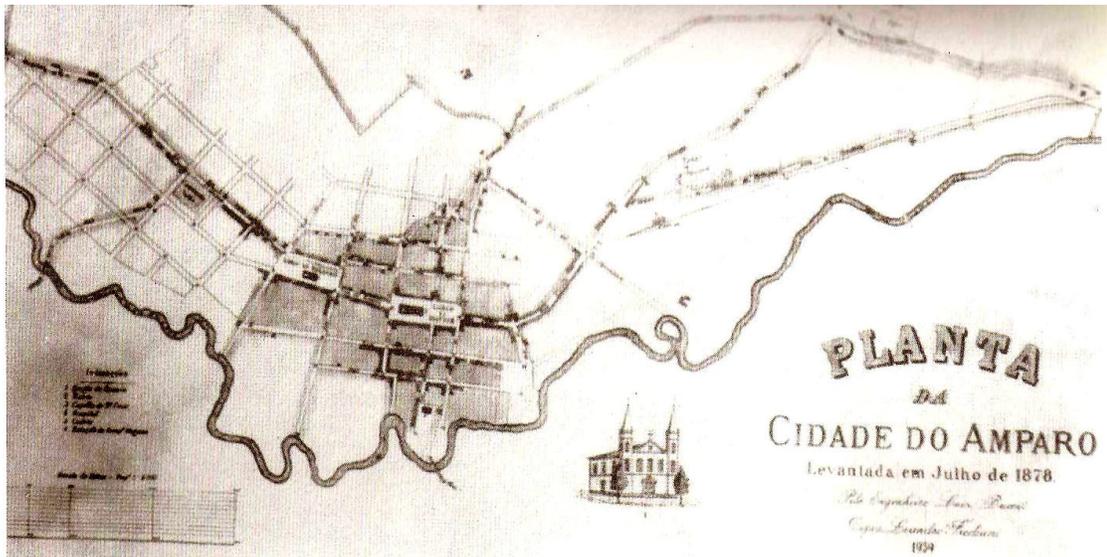


Figura 29 - Planta de Amparo desenhada por Luís Pucci em 1878. Fonte: Lima (2001)

Outro aspecto notado nas cidades paulista do século XIX é o caráter mural das fachadas (Figura 30) e a presença de elementos de tradição clássica na ornamentação das fachadas como pilastras, capitéis, cimbalhas, áticos, etc., que embora não fossem determinação da legislação configuravam a maioria das construções das cidades do século XIX.



Figura 30: Fachadas Murais - Amparo/SP. Fonte: Acervo próprio

Segundo Lemos (1989) a arquitetura paulista não conheceu o neoclássico difundido pela Missão Francesa, mas sim através do imigrante italiano. Lima (2001), por outro lado, vê a influência neoclássica como sendo portuguesa principalmente porque existem várias construções com essas características anteriores à época da imigração italiana no estado de São Paulo.

Independente da inspiração, o fato é que a permanência de elementos clássicos são evidentes nas construções do interior paulista no final do século XIX e início do século XX, como apresentado nas Figuras 31 e 32.



Figura 31 e Figura 32: Ornamentação de fachadas com elementos de tradição clássica. Fonte: Acervo próprio

Ambos os autores, Lemos e Lima, descrevem esse tipo de arquitetura como sendo um tipo de obra não projetada por arquitetos, mas por construtores, pedreiros e mestre de obras que passavam os ensinamentos de um para o outro.

Os autores afirmam que a utilização de elementos clássicos nas fachadas das construções urbanas das cidades do interior de São Paulo resultou do uso sistemático de manuais de construção vindos da Europa, em especial o de Vignola.

Esses manuais eram adaptações da obra original do arquiteto italiano e provavelmente foram trazidos por construtores e pedreiros europeus. Inclusive houve uma versão brasileira desses manuais, do autor Alexandre Speltz em 1898 no Rio de Janeiro com o título de “A architectura clássica no Brazil – Novo Vinhola brasileiro ao alcance de todos”.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se desenvolveu em quatro etapas descritas a seguir:

Na primeira etapa foram realizados estudos sobre Sistemas Generativos e *Shape Grammars*, descritos no capítulo 2, por se tratar da metodologia de análise que será utilizada no estudo da cidade de Monte Alegre do Sul. Procurou-se estudar, em particular, trabalhos em que a *Shape Grammar* foi utilizada na análise de composições urbanas e edifícios residenciais como as gramáticas das casas em estilo Queen Anne na Pensylvania, e da forma urbana e residencial das medinas da cidade de Marrakech.

A segunda etapa consistiu em um estudo sobre a cidade de Monte Alegre do Sul, no interior do estado de São Paulo, seguido de levantamento de dados da região central da cidade, que foi o objeto de estudo. Após estudos sobre conceitos de ocupação urbana, análise da formação histórica da cidade e pesquisa de trabalhos específicos sobre a região abordada, foi realizado um levantamento de dados das principais ruas e construções que serviu de base para a análise e definição da gramática da forma na etapa final do trabalho.

Inicialmente pretendia-se realizar uma análise em três níveis, sendo uma parte relativa ao traçado urbano (subdivisão dos lotes), outra relativa à implantação das edificações nos lotes, e finalmente uma parte relativa ao desenho das fachadas. Contudo no decorrer do estudo, optou-se por desenvolver apenas a gramática relativa ao desenho das fachadas, pois não foi possível obter dados conclusivos a respeito da implantação das casas, em sua maioria muito modificadas em termos de implantação no terreno em suas partes posteriores. Em geral, apenas as fachadas foram mantidas.

Mesmo assim, o levantamento inicial contribuiu para a compreensão aprofundada da evolução da cidade e conseqüentemente para a qualidade do trabalho.

O primeiro nível do levantamento consistiu na coleta de fotos antigas, mapas da cidade e dados dos lotes e construções. As fotos foram obtidas em um centro de memória da cidade chamado “Projeto Memória” que possui catalogação de fotos e objetos antigos. Os mapas e informações sobre lotes e construções foram cedidos pela Prefeitura Municipal de Monte Alegre do Sul. Embora não existam mapas do período de formação da cidade, as fotos da época comparadas às atuais demonstram que o traçado urbano pouco se modificou, podendo se considerar a formação atual como típica para análise. Após o levantamento desses dados foi feita uma análise das larguras das vias e dimensões dos lotes.

No segundo nível realizou-se a identificação dos casos típicos de implantação no lote, seguidos de redesenho de acordo com o levantamento cedido pela Prefeitura. Nessa etapa observou-se que a maioria das residências havia tido sua projeção ampliada em direção ao fundo do lote.

Finalmente, no terceiro nível, foi feita a identificação das ruas em que há mais fachadas preservadas, seguida de levantamento fotográfico dessas ruas da área central da cidade. Através dessas fotos pôde-se averiguar também a dimensão das aberturas e o uso de elementos decorativos.

A terceira etapa se iniciou com um curso sobre Patrimônio Histórico e Cultural da cidade de Monte Alegre do Sul promovido pelo Departamento de Educação da cidade. Também foi realizado um estágio de dois meses de duração na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Técnica de Lisboa. Este estágio possibilitou estudos sobre a importância da preservação de arquiteturas históricas, especialmente do trabalho realizado no Bairro Alto de Lisboa.

Após a análise detalhada de todos os levantamentos foi desenvolvida a quarta fase da pesquisa, que consistiu no desenvolvimento de uma gramática da forma capaz de reproduzir as características principais das tipologias das fachadas da região central de Monte Alegre do Sul. Essa gramática foi desenvolvida nas seguintes etapas:

- Fluxograma do processo de projeto das fachadas.
- Definição das regras de composição das fachadas existentes a partir do corpus de análise.
- Definição de regras de detalhamento

## 4 ESTUDO DE CASO

Para a preparação da gramática da forma desta pesquisa, foi escolhida a cidade de Monte Alegre do Sul, no interior do estado de São Paulo por possuir características urbanas originais da época da consolidação de sua área central, ocorrida no final do século XIX e início do século XX. Esta pesquisa pretende sistematizar uma linguagem composicional para a análise da forma arquitetônica nesta cidade.

O período de construção do sítio que abrange esta pesquisa compreende os anos entre 1868 a 1930, época da formação do núcleo central da cidade, quando esta ainda pertencia ao município de Amparo. Por esse motivo toda a legislação estudada provém da Câmara Municipal Amparense.

Além da influência do ponto de vista das regulamentações urbanas, Amparo exerceu ainda grande influência arquitetônica sobre a cidade de Monte Alegre do Sul. Sendo assim, o estudo da legislação que contribuiu para a conformação da cidade é de grande interesse para esta pesquisa por se constituir em um exemplo típico de sistema de regras influenciando – senão determinando - a formação de uma morfologia urbana específica. Por meio do estudo dessas regras poderemos concluir até que ponto elas tiveram impacto sobre a forma final da cidade, passando então a investigar quais os demais fatores que tiveram participação nessa formação.

São apresentados a seguir os principais códigos da cidade de Amparo que tiveram influência no centro da cidade de Monte Alegre do Sul e uma análise de sua formação no que diz respeito ao traçado urbano, implantação do lote e fachadas dos edifícios.

#### 4.1 CÓDIGOS DE POSTURA DA CIDADE DE AMPARO

Analisando-se especificamente os códigos de postura da cidade de Amparo dos anos de 1865, 1874 e 1894, obtidos junto ao Acervo das Faculdades Integradas de Amparo, observou-se a regras de construção das edificações como altura da edificação, largura e altura das aberturas e recomendações para a abertura de ruas. Não foram encontrados registros sobre as regras de divisão e dimensão dos lotes.

A tabela 2 mostra os dados obtidos nos códigos analisados:

Data das posturas	Largura de Rua	Altura de prédio térreo (da soleira à cimalha) *	Altura de sobrado *	Altura das Portas *	Largura das Portas *	Alturas das Janelas *	Largura das Janelas *	Observações
1865	60 palmos = 13,20 m	18 palmos no mínimo = 3,96 m	34 palmos = 7,48m	12 palmos = 2,64	1,10m	2,64m	1,10m	Não cita a altura do peitoril das janela
1874	13,20m	4,40m	8,36m	2,75m	1,21m	1,76m	1,10m	As janelas deveriam ter alinhadas sua parte superior com a parte superior das portas
1894	13,20m	Mínimo de 4,00m por andar	**	2,90m	1,20m	2,00m	1,10m	As janelas deveriam ter alinhadas sua parte superior com a parte superior das portas
<i>* Medidas mínimas a serem respeitadas</i>								
<i>** Até 3 andares, a altura deverá ser de 4,00 metros por andar. Para edifícios superiores a 3 andares a altura será proporcional a largura e a altura total do prédio!</i>								
1 palmo = 0,22m								

Tabela 2 – Informações obtidas nos códigos de postura

Com relação à conformação urbana, embora não seja detalhada a dimensão dos quarteirões, determinava-se que estes deveriam ser retangulares, com lotes também retangulares, esquinas em 90º, configurando-se assim uma malha quadrangular.

Em todos os códigos analisados também fica claro que nenhuma construção ou reconstrução deveria ser iniciada sem que antes se procedesse o alinhamento feito pelo Arruador, nomeado pela Câmara Municipal.

A leitura desses códigos evidencia a tentativa se controlar a paisagem urbana tornando-a “agradável” como preconizava as leis do Morgado de Mateus.

## **4.2      FORMAÇÃO URBANA DE MONTE ALEGRE DO SUL**

A cidade de Monte Alegre do Sul encontra-se em terras que pertenceram ao município de Amparo e que foram colonizadas provavelmente durante o século XVIII.

Segundo o livro “Apontamentos para a história de Monte Alegre do Sul” (LIMA, 2005) por volta do ano de 1868, o proprietário das terras onde hoje se localiza o centro da cidade de Monte Alegre do Sul, Sr. Lourenço de Godoi doou ao Sr. Teodoro de Assis um terreno para a construção de uma capela em louvor ao Senhor Bom Jesus. Ao redor desta capela, formou-se uma pequena vila e vinte anos depois dessa construção, os registros da Câmara de Amparo relataram a necessidade de criação de um Distrito Policial no local denominado “Capela do Senhor Bom Jesus”, pois ali já havia cerca de cinquenta casas habitadas e alguns estabelecimentos comerciais, demonstrando que uma sociedade começava a se formar.

Nestas terras existiam caminhos que ligavam o município de Amparo aos de Serra Negra e Socorro e de acordo com o levantamento realizado por Lima (2005) provavelmente o desenvolvimento urbano das ruas principais do centro da cidade tenham ocorrido ao mesmo tempo. A atual rua Capitão José Inácio surgiu a partir do caminho que levava a Amparo, a rua João da Serra surgiu do caminho que levava a Serra Negra e a Rua Joaquim de Oliveira do caminho que levava ao município de Socorro.

A Figura 33 mostra um esboço dos caminhos que passavam pelas terras onde hoje se localiza o centro da cidade e que deram origem às primeiras ruas e a Figura 34 mostra o mapa atual do centro da cidade.

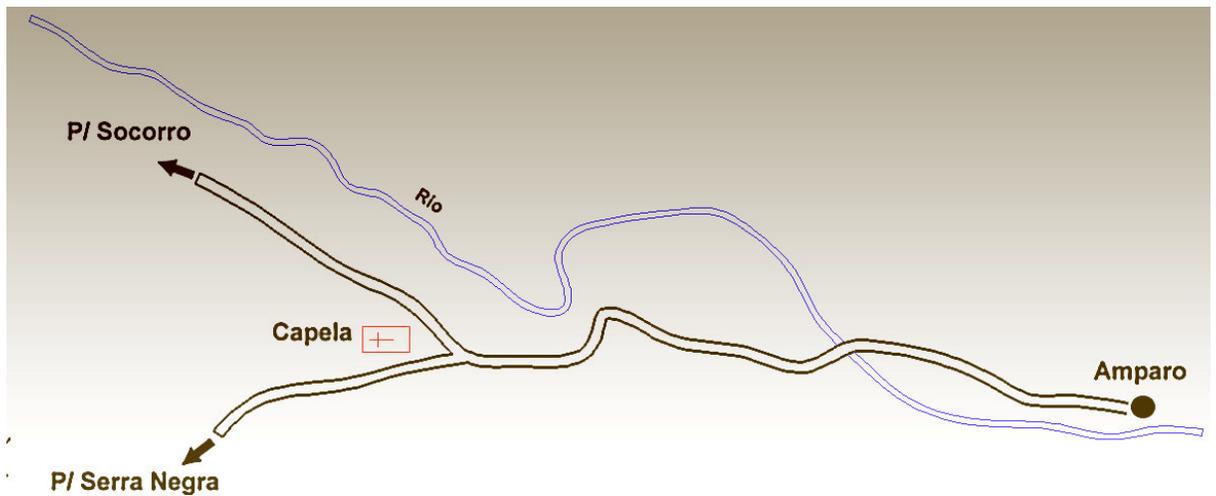


Figura 33 - Croqui sem escala dos caminhos antigos que passavam pelo centro de Monte Alegre do Sul em meados do século XIX. Lima (2005)

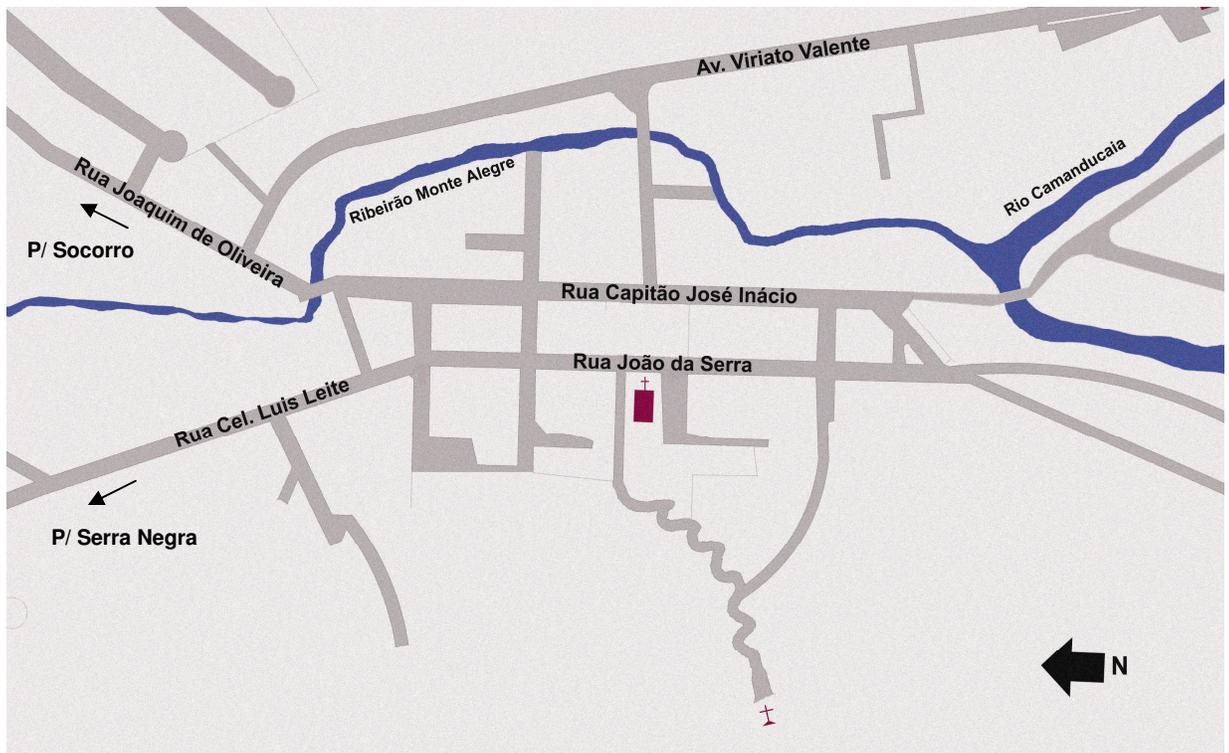


Figura 34 - Mapa atual do centro de Monte Alegre do Sul. Fonte: Elaboração própria

Teve origem assim o município de Monte Alegre do Sul, que depois de ser chamado de bairro da “Capela do Senhor Bom Jesus” e posteriormente de Distrito de Monte Alegre, pertencente à cidade de Amparo, emancipou-se em 1949.

### 4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DA ÁREA CENTRAL DE MONTE ALEGRE DO SUL

Para o levantamento dos dados para a gramática da forma foram selecionadas as ruas Capitão José Inácio, João da Serra e Joaquim de Oliveira, por serem as ruas de formação da área central e que contêm o maior número de edificações e fachadas preservadas.

As fachadas selecionadas para o corpus foram aquelas onde se observaram as menores intervenções. Esta análise foi feita através da comparação entre o levantamento fotográfico atual e fotos antigas (dois exemplos mostrados nas Figuras 35 e 36) e também através de relato dos moradores.



Figura 35 - Comparação de imagem do prédio da Rua Capitão José Inácio, 91 com fotos da década de 20 e foto atual (2008). Fonte: Elaboração própria



Figura 36 - Comparação de imagem do prédio da Rua Capitão José Inácio, 230 com fotos da década de 20 e foto atual (2008). Fonte: Elaboração própria

Após a comparação foram selecionadas 9 fachadas para o corpus da pesquisa que estão listadas na Figura 37.



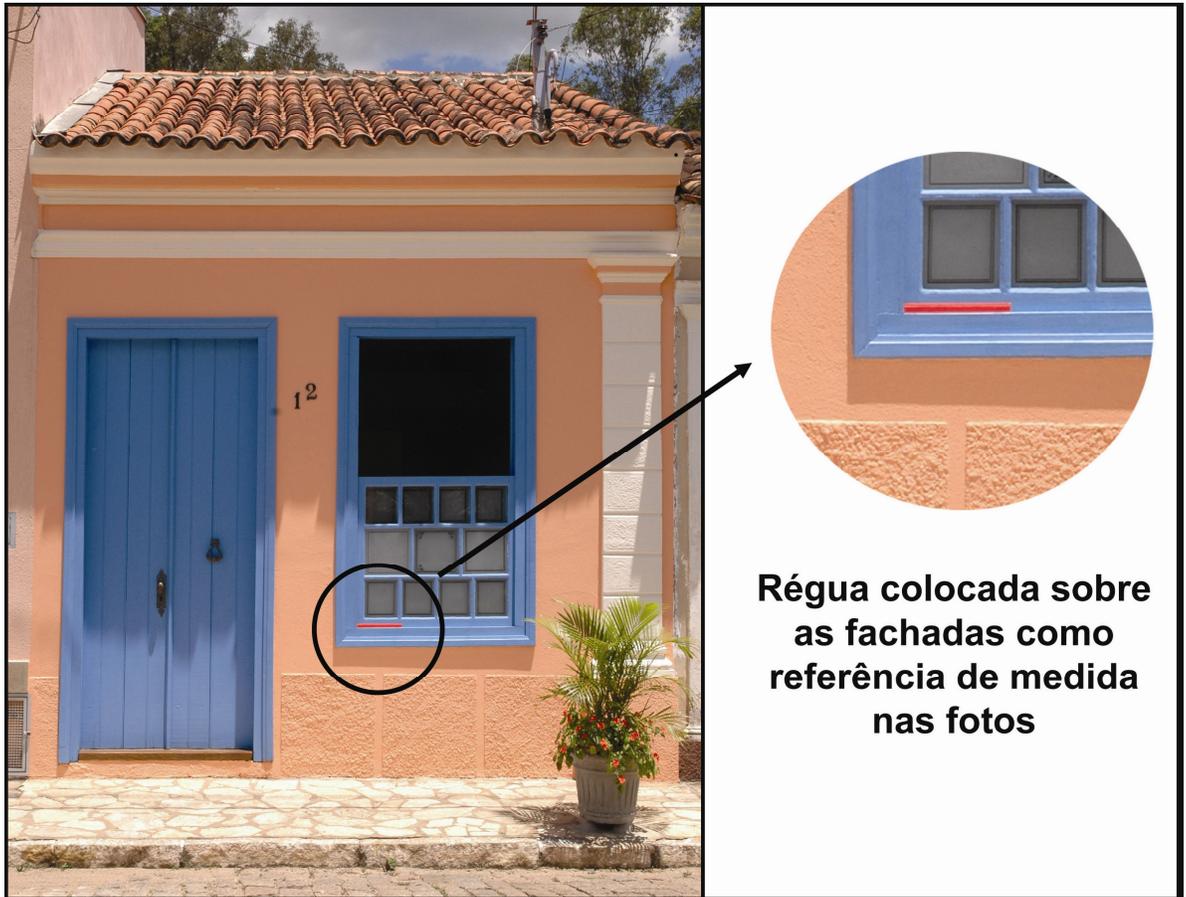
## **5 DESENVOLVIMENTO DA GRAMÁTICA DA FORMA PARA AS FACHADAS DE MONTE ALEGRE DO SUL**

Este capítulo apresenta a gramática da forma elaborada para a composição de fachadas da cidade de Monte Alegre do Sul.

Para este desenvolvimento foram analisados os principais componentes das fachadas bem como suas dimensões para que fosse possível fazer uma categorização.

As 9 fachadas selecionadas foram fotografadas com a colocação de uma régua (Figura 38) para que se fosse possível ter uma dimensão conhecida, além da largura da fachada que é igual a largura do terreno que já havia sido verificada através do registro dos imóveis do município. Com o conhecimento dessas dimensões foi possível inserir a foto com escala no software AutoCAD e assim extrair os dados métricos.

As fachadas foram redesenhadas esquematicamente em AutoCAD, considerando os detalhes mais significativos, em escala aproximada e divididas em fichas de análise com sua foto, seu redesenho, a localização e as dimensões. Essas fichas são apresentadas nas Figuras 39 a 47.



**Régua colocada sobre  
as fachadas como  
referência de medida  
nas fotos**

Figura 38 - Elemento de referência colocado sobre as fachadas

## Casa 01 - Rua Joaquim de Oliveira, n. 34



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	8,00 m
N. de módulos (aberturas)	3
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Sim
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Não

## Levantamento Métrico

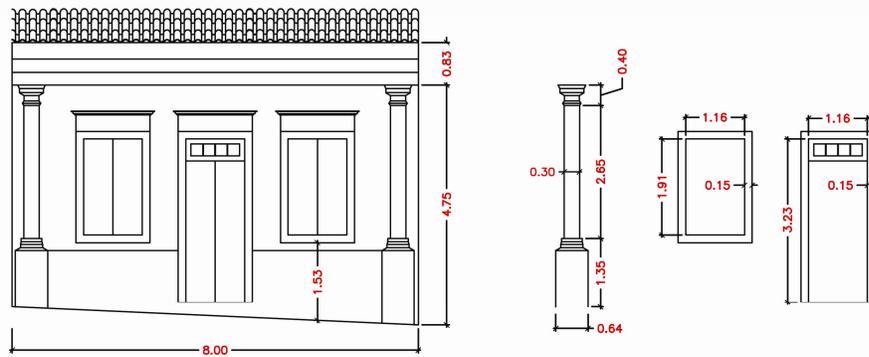


Figura 39 - Ficha de Análise – Casa 01 - Rua Joaquim de Oliveira, n. 34

## Casa 02 - Rua Joaquim de Oliveira, n. 12



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	4,00 m
N. de módulos (aberturas)	2
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Sim *
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Não

\* Observação: Esta tipologia fazia parte de um conjunto de duas casas que eram ladeadas por pilastras. Apesar da segunda casa ter sido totalmente modificada optou-se por considerar o elemento pilastra para composição da regras desta tipologia.

## Levantamento Métrico

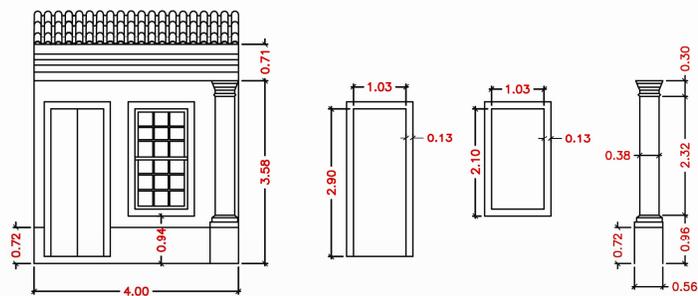


Figura 40 - Ficha de Análise – Casa 02 - Rua Joaquim de Oliveira, n.12

## Casa 03 - Rua Joaquim de Oliveira, n. 15



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	10,00 m
N. de módulos (aberturas)	5
Tipo de Porta	Retangular com arco
Tipo de Janela	Retangular com arco
Pilastra	Sim
Barrado	Sim
Comija	Sim
Platibanda	Não

## Levantamento Métrico

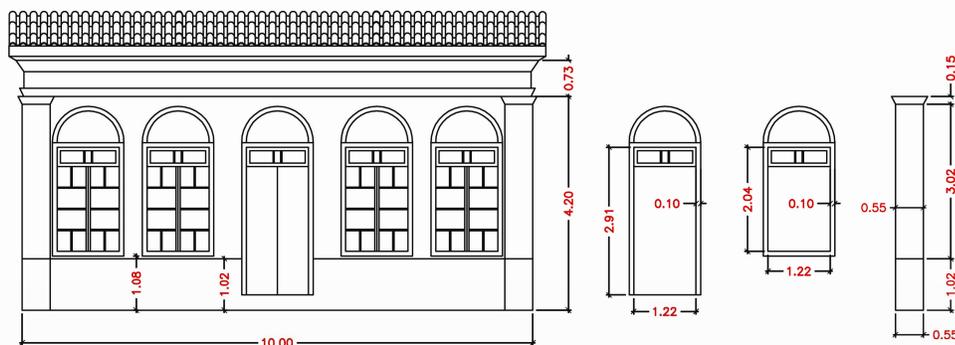


Figura 41 - Ficha de Análise – Casa 03 – Rua Joaquim de Oliveira, n.15

## Casa 04 - Rua Capitão José Inácio, n. 242



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	6,00 m
N. de módulos (aberturas)	3
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Sim
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Sim

## Levantamento Métrico

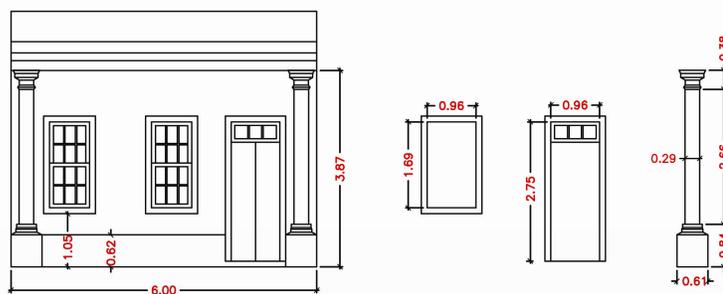


Figura 42 - Ficha de Análise – Casa 04 – Rua Capitão José Inácio, n.42

## Casa 05 - Rua Capitão José Inácio, n. 230



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	7,00 m
N. de módulos (aberturas)	2
Tipo de Porta	Retangular com arco
Tipo de Janela	-
Pilastra	Sim
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Sim

## Levantamento Métrico

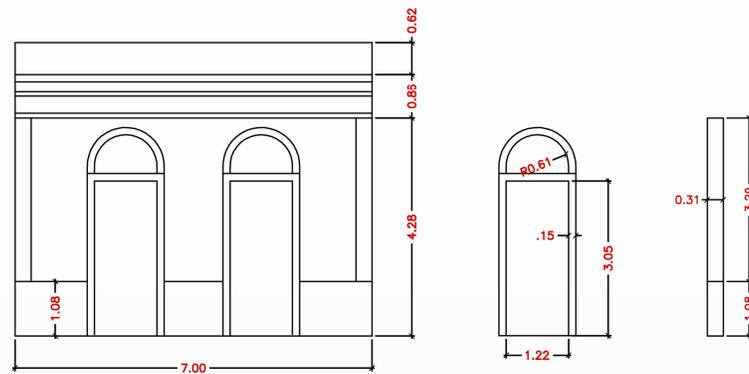


Figura 43 - Ficha de Análise – Casa 05 – Rua Capitão José Inácio, n.230

## Casa 06 - Rua Capitão José Inácio, n. 216



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	12,00 m
N. de módulos (aberturas)	5
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Sim
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Não

## Levantamento Métrico

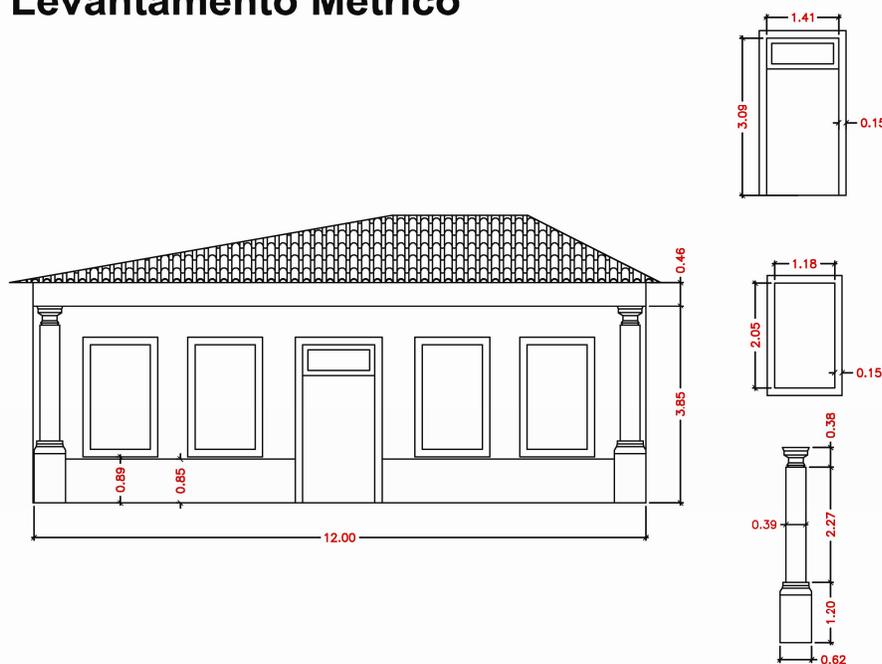


Figura 44 - Ficha de Análise – Casa 06 – Rua Capitão José Inácio, n.216

## Casa 07 - Rua João da Serra, n. 80



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	4,00 m
N. de módulos (aberturas)	2
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Não
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Não

## Levantamento Métrico

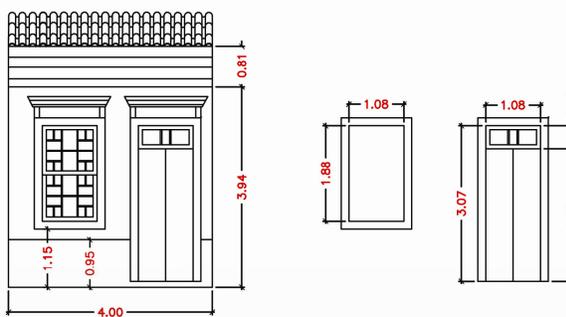


Figura 45 - Ficha de Análise – Casa 07 – Rua João da Serra, n.80

## Casa 08 - Rua Capitão José Inácio, n. 91



Tipo	Sobrado
Largura do Terreno	11,40 m
Primeiro Pavimento:	
N. de módulos (aberturas)	4
Tipo de Porta	Retangular com arco
Tipo de Janela	-
Pilastre	Sim
Barrado	Sim
Cornija	Sim
Platibanda	Não
Segundo Pavimento:	
N. de módulos (aberturas)	4
Tipo de Porta	-
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastre	Sim
Barrado	Não
Cornija	Sim
Platibanda	Sim

## Levantamento Métrico

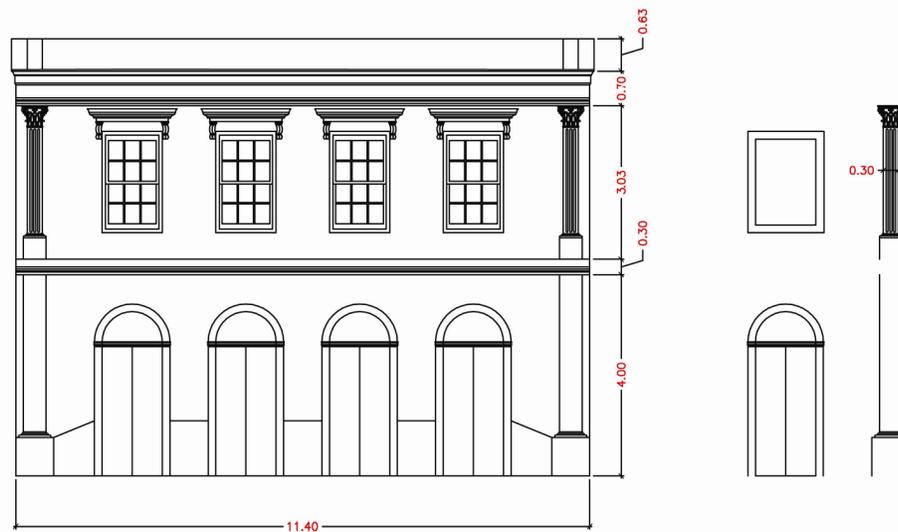


Figura 46 - Ficha de Análise – Casa 08 – Rua Capitão José Inácio, n.91

## Casa 09 - Rua João da Serra, n. 75



Tipo	Térrea
Largura do Terreno	6,00 m
N. de módulos (aberturas)	3
Tipo de Porta	Retangular sem arco
Tipo de Janela	Retangular sem arco
Pilastra	Não
Barrado	Não
Cornija	Sim
Platibanda	Não

## Levantamento Métrico

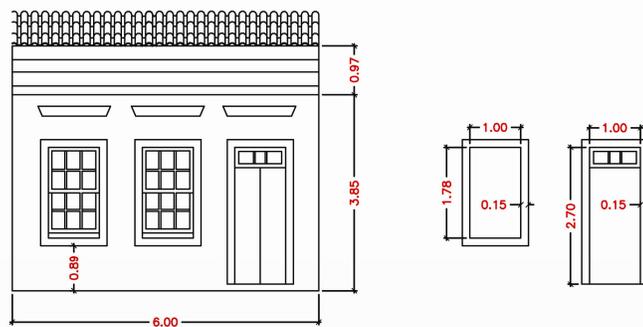
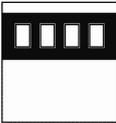


Figura 47 - Ficha de Análise – Casa 09 – Rua João da Serra, n.75

Após a análise das fichas das fachadas foi possível categorizá-las de acordo com o número de aberturas (Figura 48) e identificar os elementos que são necessários para a composição das fachadas como portas, janelas, pilastras, cornijas, barrados, ornamentos sobre abertura, bandeira nas portas e janelas, platibanda e beiral.

### Análise de Posição de Portas e Janelas

	2 Módulos	3 Módulos	4 Módulos	5 Módulos
0 Porta				
1 Porta				
				
				
2 Portas				
4 Portas				

**Resultados:**

A partir desta análise foi possível concluir as seguintes situações:

- 1 - Uma porta ao centro com 2 ou 4 janelas nos lados
- 2 - Uma porta a um lado com uma ou duas janelas do outro lado
- 3 - Todas as aberturas são portas
- 4- Todas as aberturas são janelas no segundo pavimento

Figura 48 - Análise de posição de portas e janelas

O levantamento métrico também permitiu a elaboração de uma tabela com as proporções entre a altura e largura da área útil das fachadas e as proporções entre altura e largura das aberturas – janelas e portas. Em posse dessas proporções é possível estabelecer a relação entre as medidas que poderão ser utilizadas nas regras da gramática. Estes dados métricos foram colocados nas Tabelas 3, 4 e 5 para melhor visualização e comparação.

Casas	Dimensões: Área útil = A Janela = J Porta = P	Proporções A: Largura/Altura J e P: Altura/Largura
1 	A: 8,00 x 4,75 J: 1,91 x 1,16 P: 3,23 x 1,16	3,23 1,65 2,78
2 	A: 4,00 x 3,58 J: 1,91 x 1,16 P: 2,91 x 1,03	1,12 1,91 2,83
3 	A: 10,00 x 4,20 J: 2,04 x 1,22 P: 2,91 x 1,22	2,38 1,67 2,39
4 	A: 6,00 x 3,87 J: 1,69 x 0,96 P: 2,75 x 0,96	1,55 1,76 2,86
5 	A: 7,00 x 4,28 P: 3,05 x 1,22	1,64 2,50
6 	A: 12,00 x 3,85 J: 2,05 x 1,18 P: 3,09 x 1,41	3,12 1,74 2,19
7 	A: 4,00 x 3,94 J: 1,88 x 1,08 P: 3,07 x 1,08	1,02 1,74 2,84
8 	A: 11,40 x 3,03 A: 11,40 x 4,00 J: 1,70 x 1,20 P: 2,50 x 1,20	3,76 2,85 1,42 2,08
9 	A: 6,00 x 3,85 J: 1,78 x 1,00 P: 2,69 x 1,30	1,56 1,78 2,07

Tabela 3 - Proporções

Casa	Fachada (Área útil)			Portas						Janelas						Moldura	Barrado
	Largura	Altura	Relação L/A	Hp (Altura)	Lp (Largura)	Relação AL	Arco (Raio)	Bandeira (Altura)	Hj (Altura)	Lj (Largura)	Relação A/L	Petoril	Arco (Raio)	Bandeira	Lm (largura)		
1	8,00	4,75	1,68	3,23	1,16	2,78	-	0,43	1,91	1,16	1,65	1,53	-	-	0,15	1,47	
2	4,00	3,58	1,12	2,91	1,03	2,83	-	-	1,97	1,03	1,91	0,94	-	0,13	0,72		
3	10,00	4,20	2,38	2,91	1,22	2,39	0,61	0,38	2,04	1,22	1,67	1,08	0,61	0,10	1,02		
4	6,00	3,87	1,55	2,75	0,96	2,86	-	0,40	1,69	0,96	1,76	1,05	-	0,12	0,62		
5	7,00	4,28	1,64	3,05	1,22	2,50	0,61	-	-	-	-	-	-	0,15	1,08		
6	12,00	3,85	3,12	3,09	1,41	2,19	-	0,60	2,05	1,18	1,74	0,89	-	0,15	0,85		
7	4,00	3,94	1,02	3,07	1,08	2,84	-	0,45	1,88	1,08	1,74	1,15	-	0,15	0,95		
8 - 1º Pav.	11,40	4,00	2,85	2,50	1,20	2,08	0,60	-	-	-	-	-	-	0,15	0,75		
8 - 2º Pav.	11,40	3,03	3,76	-	-	-	-	-	1,70	1,20	1,42	-	-	0,15	-		
9	6,00	3,85	1,56	2,69	1,30	2,07	-	0,40	1,78	1,00	1,78	0,89	-	0,15	-		
Média	7,98	3,94	2,07	2,91	1,18	2,51	0,61	0,44	1,88	1,10	1,71	1,08	0,61	0,14	0,93		
Mínima	4,00	3,03	-	2,50	0,96	-	0,60	0,38	1,69	0,96	-	0,89	0,61	0,10	0,62		
Máxima	12,00	4,75	-	3,23	1,41	-	0,61	0,60	2,05	1,22	-	1,53	0,61	0,15	1,47		

Tabela 4 - Análise métrica das fachadas (1/2)

Casa	Terreno	Fachada (Área útil)		Cornija (C)	Platibanda (HPb)	Pilastra (PI)					Moldura
		Largura	Altura			Capitel	Fuste - Diâmetro	Fuste - Altura	Base - Largura	Base - Altura	
1	8,00	8,00	4,75	0,83		0,40	0,30	2,65	0,64	1,35	0,15
2	4,00	4,00	3,58	0,71		0,30	0,38	2,32	0,56	0,96	0,13
3	10,00	10,00	4,20	0,73		0,15	0,55	3,02	0,55	Base = H Barrado	0,10
4	6,00	6,00	3,87	0,57	0,61	0,38	0,29	2,66	0,61	0,84	0,12
5	7,00	7,00	4,28	0,86	0,62		0,31	3,20	0,31	1,08	0,15
6	12,00	12,00	3,85	0,46		0,38	0,39	2,27	0,62	1,20	0,15
7	4,00	4,00	3,94	0,81							0,15
8 - 1º Pav.	11,40	11,40	4,00	0,30			0,45	3,14	0,75	0,86	0,15
8 - 2º Pav.		11,40	3,03	0,70	0,63	0,43	0,30	2,10	0,45	0,50	0,15
9	6,00	6,00	3,85	0,97							0,15
Média	7,60	7,98	3,94	0,69	0,62	0,34	0,37	2,67	0,56	0,97	0,14
Mínima	4,00	4,00	3,03	0,30	0,61	0,15	0,29	2,10	0,31	0,50	0,10
Máxima	12,00	12,00	4,75	0,97	0,63	0,43	0,55	3,20	0,75	1,35	0,15

Tabela 5 - Análise métrica das fachadas (2/2)

## 5.1 A GRAMÁTICA DA FORMA

### 5.1.1 VOCABULÁRIO DE FORMAS:

O vocabulário de formas da gramática da forma para as fachadas de Monte Alegre do Sul é composto basicamente por retângulos que ao serem combinados irão gerar a forma básica da fachada. Todos os elementos inseridos deverão obedecer às dimensões dispostas na Tabela 6.

Elemento		Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Proporções Médias
Fachada Largura (LF)		4,00	12,00	{4; 6; 7; 8; 10; 11,4; 12}	2,07
Altura 1º pavimento (HF1)		3,58	4,75	4,04	
Altura 2º pavimento (HF1)		3,03	3,03	3,03	
Módulo		1,59	3,19	2,18	
Portas	Altura (HP)	2,50	3,23	2,91	2,51
	Largura (LP)	0,96	1,41	1,18	
Janelas	Altura (HJ)	1,69	2,05	1,88	1,71
	Largura (LJ)	0,96	1,22	1,10	
	Peitoril (Pt)	0,89	1,53	1,08	
Bandeira (Hbd)		0,38	0,60	0,44	
Cornija - Altura (HC)		0,30	0,97	0,69	
Platibanda - Altura (HPb)		0,61	0,63	0,62	
Pilastra - Largura (LPI)		0,31	0,75	0,56	
Moldura		0,10	0,15	<b>0,15*</b>	
* Embora não seja o valor médio, foi o valor adotado pois se repete na maioria das casas					

Tabela 6 - Valores a serem aplicados na gramática da forma

### 5.1.2 REGRAS PARA GERAÇÃO DE FORMA BÁSICA

A primeira etapa para o desenvolvimento da gramática foi estabelecer os passos necessários para a composição de uma fachada para que fossem determinadas as ordens de inserção dos elementos. As Figuras 49 e 50 mostram os fluxogramas que auxiliaram nesse desenvolvimento:

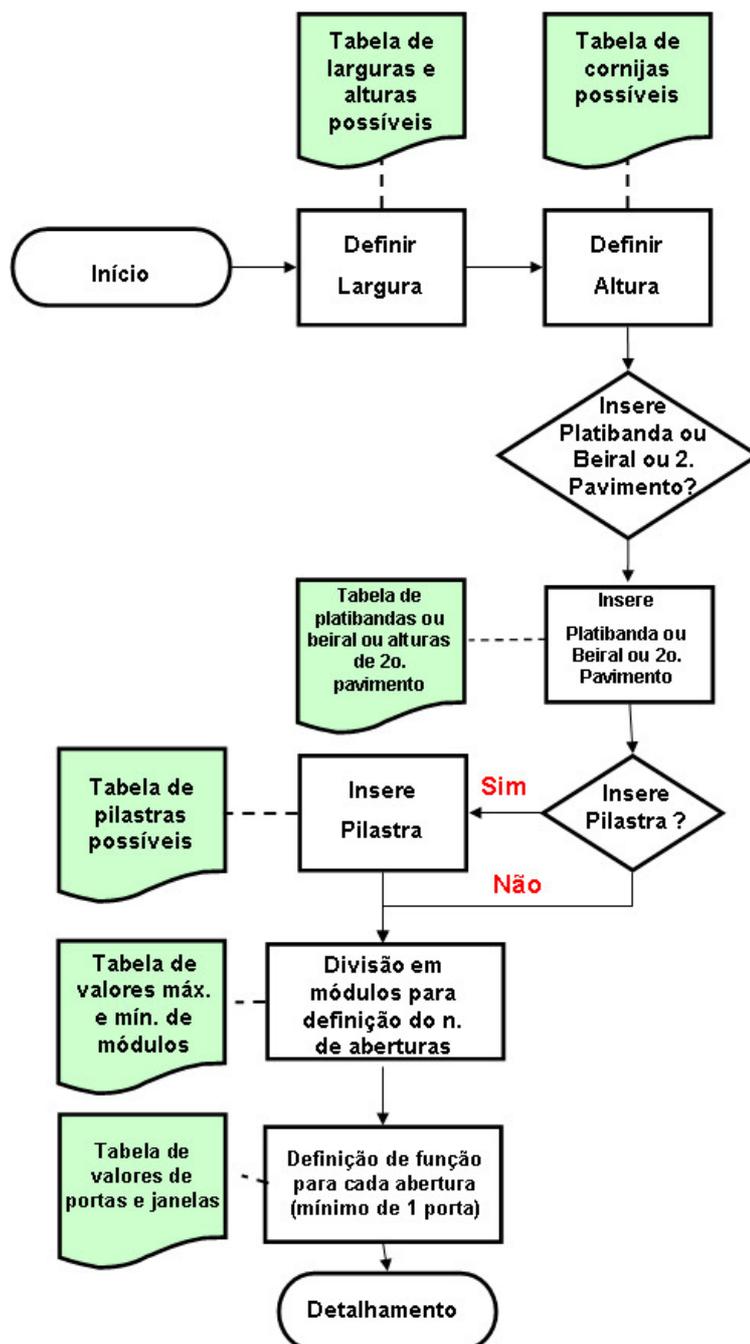


Figura 49 - Fluxograma de regras para geração de forma básica

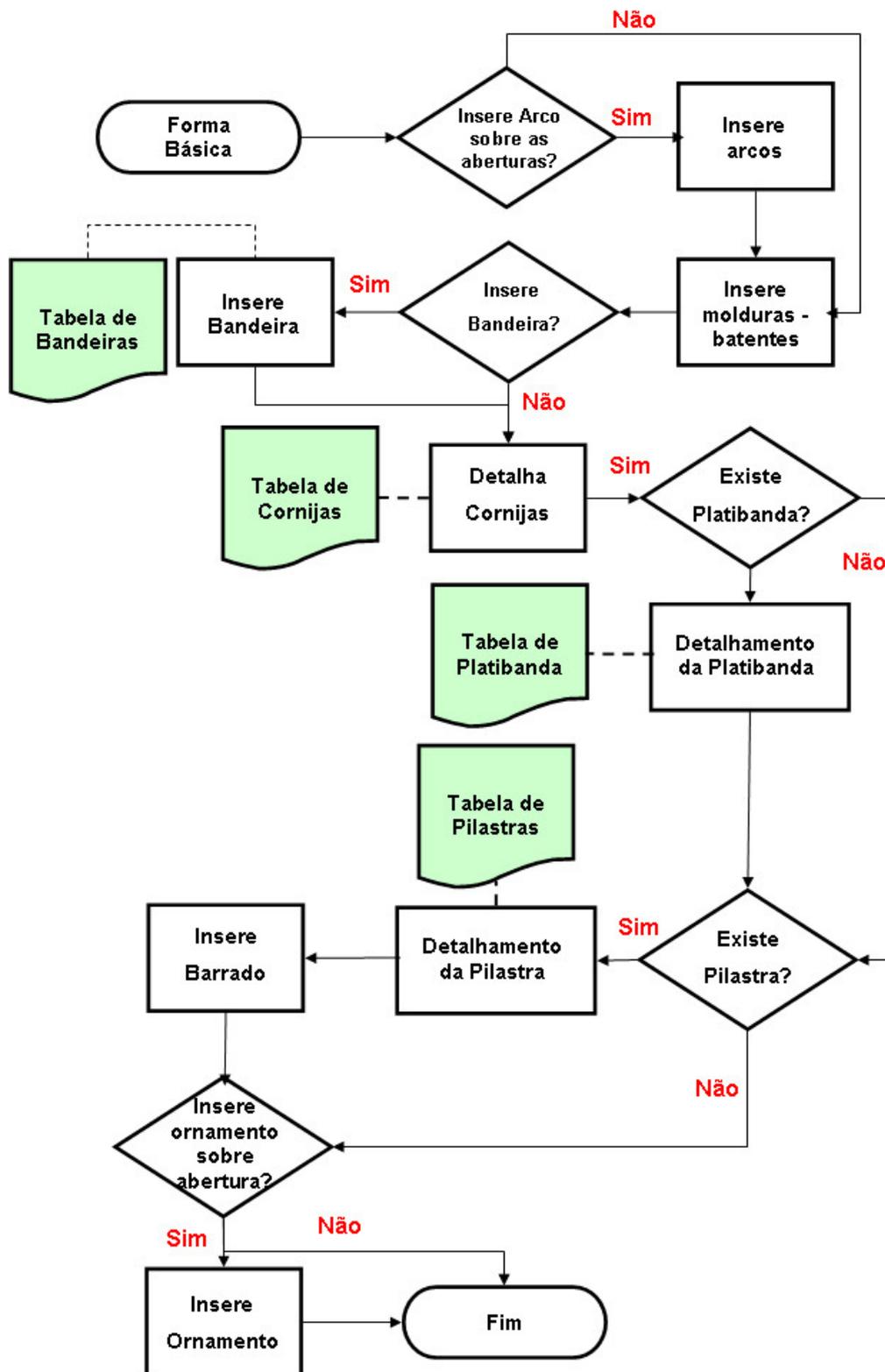


Figura 50 - Fluxograma de regras de detalhamento

A seguir são apresentadas as descrições das regras da gramática com seus detalhes e suas formas gráficas. Também são apresentadas as tabelas necessárias para a aplicação das regras.

### Regra 1: Inserir área da fachada – Forma inicial

A derivação do projeto tem início com a introdução da forma inicial retangular correspondente à área da fachada. A largura da fachada (LF) corresponde à largura do terreno. Os valores de terrenos que poderão ser utilizados são os mesmos encontrados na área central de Monte Alegre do Sul: 4,00 m, 6,00 m, 7,00 m, 8,00 m, 10,00m, 11,40m, 12,00m. Os valores de altura de fachadas de 1 pavimento podem variar de 3,58m a 4,75m. Deve-se inserir também o marcador A que permitirá aplicação da Regra 2.

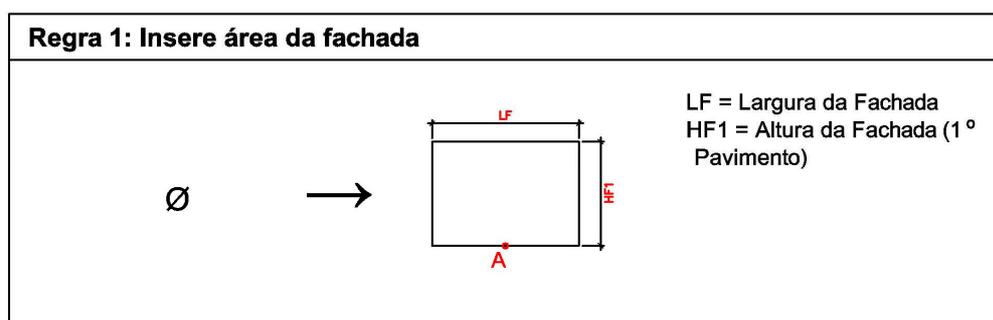


Figura 51- Regra 1

### Regra 2: Inserir cornija

Ao identificar um retângulo com o marcador A, deve-se inserir a cornija que é um elemento obrigatório em todas as fachadas. Sua largura será a mesma do retângulo e a altura (HC) poderá variar de 0,30 m a 0,97 m. Insere-se o marcador C que permitirá a inserção de outros elementos e DC que permitirá o posterior detalhamento da cornija.

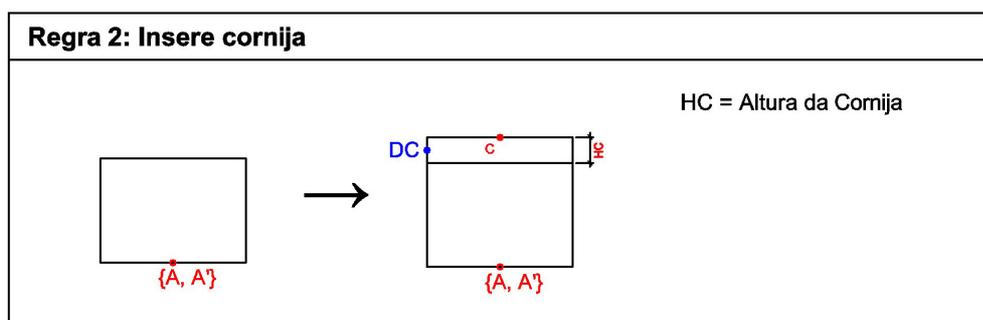


Figura 52 - Regra 2

### Regra 3: Insere platibanda sobre cornija

Ao identificar o retângulo com o marcador C é possível inserir sobre ele o elemento platibanda cuja largura será a mesma do retângulo anterior e a altura (HPb) poderá ser 0,61m ou 0,63m. Apaga-se o marcador C e insere-se o marcador DP que permitirá o posterior detalhamento da platibanda.

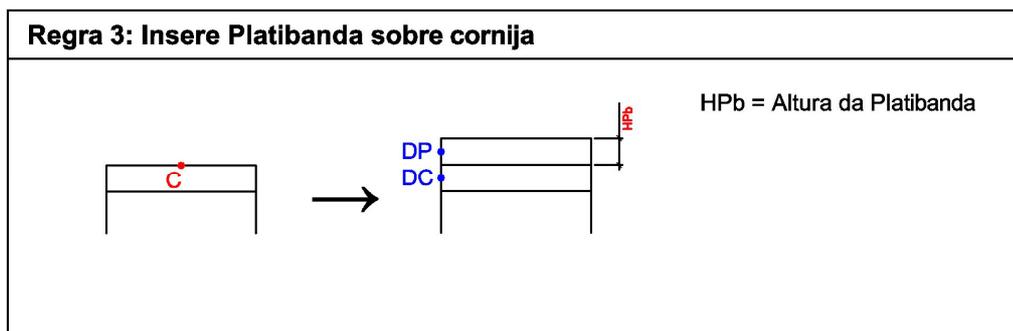


Figura 53 - Regra 3

### Regra 4: Insere Beiral sobre Cornija

Ao identificar o retângulo com o marcador C é possível inserir sobre ele o elemento Beiral. Apaga-se então o marcador C.

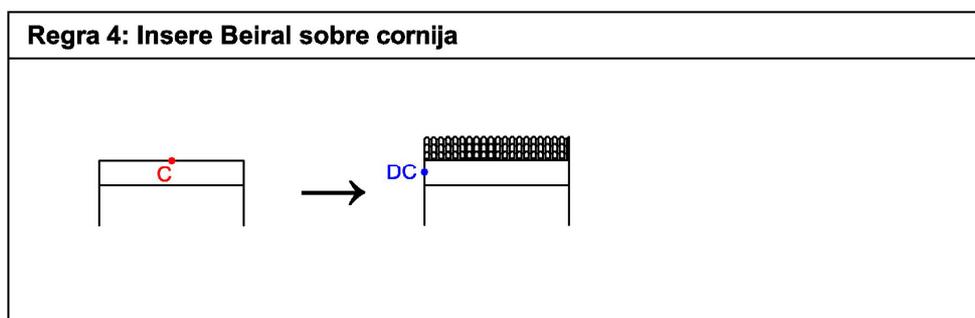


Figura 54 - Regra 4

### Regra 5: Insere 2º Pavimento sobre cornija

Ao identificar o retângulo com o marcador C é possível inserir sobre ele um 2º pavimento que deverá ter a mesma largura do retângulo anterior e altura (HF2) igual a 3,03m. Insere-se o marcador A' que determina que todas as regras que forem aplicadas no marcador A também sejam aplicadas no marcador A'.

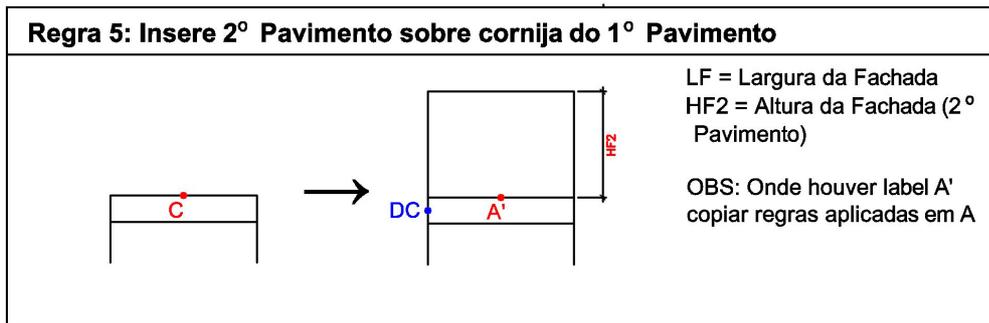


Figura 55 - Regra 5

### Regra 6: Inserir Pilastras

Ao identificar um retângulo com o marcador A (LF x HF), pode-se inserir pilastras nas laterais cuja largura (LPI) pode variar de 0,31 m a 0,75 m. Após a inserção das pilastras, deve-se trocar o marcador A por D. Notar que as pilastras são inseridas dentro do retângulo existente, sendo assim, a nova largura do retângulo que possui o marcador D será igual a  $LF - 2 * LPI$ .

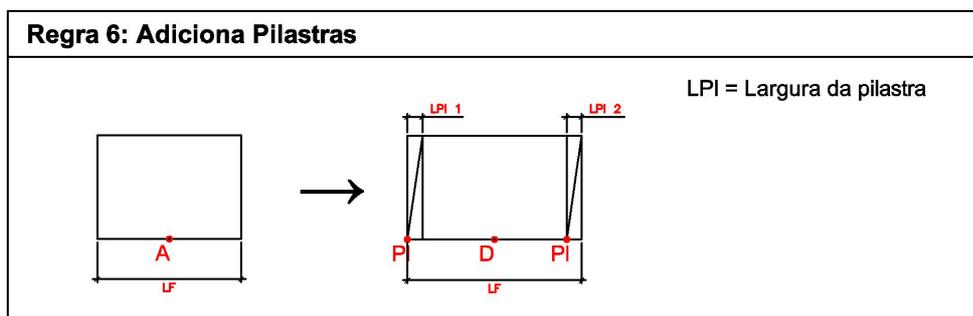


Figura 56 - Regra 6

### Regra 7: Inserir pilastra em apenas 1 lado da fachada.

Ao identificar um retângulo com o marcador A (LF x HF), pode-se inserir pilastra em apenas um dos lados do retângulo cuja largura (LPI) pode variar de 0,31 m a 0,75 m. Inserir marcador PI. Após a inserção das pilastras, deve-se trocar o marcador A por D. Notar que a pilastra é inserida dentro do retângulo existente, sendo assim, a nova largura do retângulo que possui o marcador D será igual a  $LF - LPI$ .

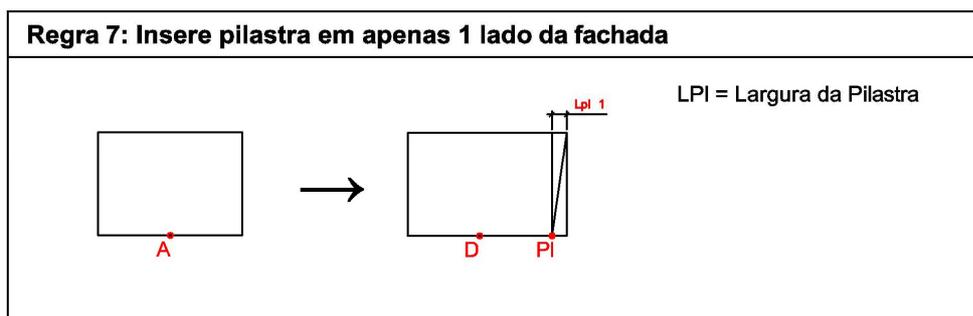


Figura 57 - Regra 7

### Regra 8: Substitui marcador A por D

Esta regra permitirá a aplicação das regras seguintes sobre o marcador D em composições sem pilastras.

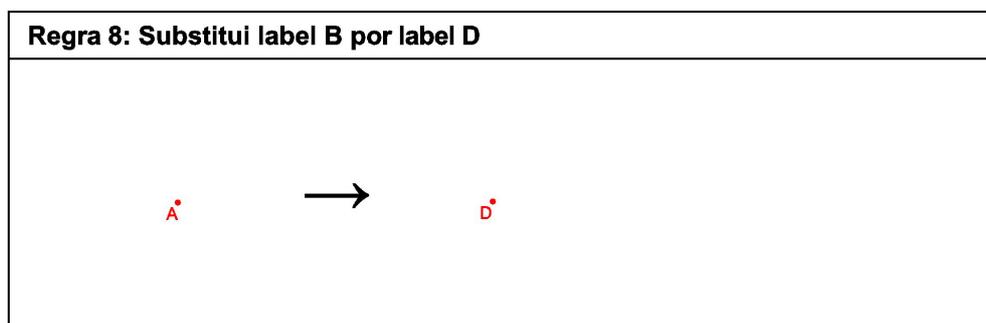


Figura 58 - Regra 8

### Regra 9: Divisão da área útil da fachada em módulos

As regras 9A a 9E mostram as divisões em módulos possíveis.

O valor médio da largura de um módulo é igual 2,18m. Sendo assim, o número de módulos para cada fachada deve ser aproximadamente igual a divisão da largura do retângulo D por 2,18m. A opção de arredondamento para mais ou menos fica a critério do projetista ao aplicar esta regra.

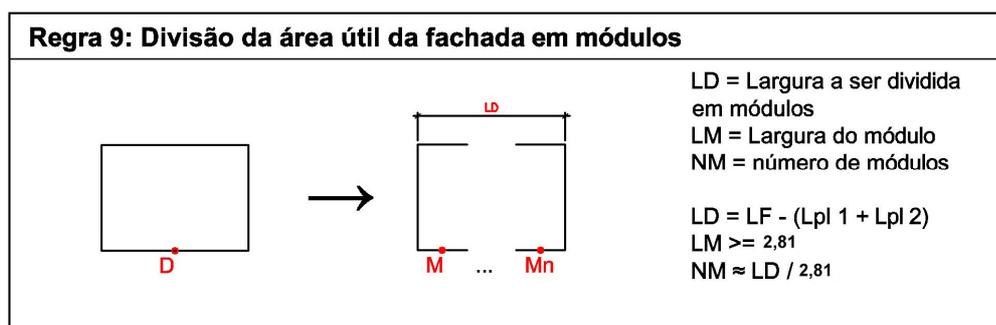


Figura 59 - Regra 9

**Regra 9A** – Ao identificar o retângulo D, realizar a divisão em módulos e inserir no mínimo um marcador M0 no eixo do módulo da lateral esquerda e nos demais inserir marcador M+1, M+2... sucessivamente conforme a quantidade de módulos.

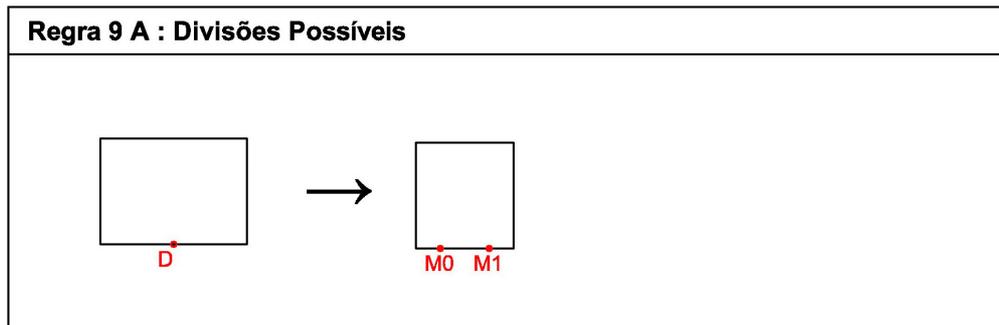


Figura 60 - Regra 9A

**Regra 9B** – Ao identificar o retângulo D, realizar a divisão em módulos e inserir no mínimo um marcador M0 no eixo do módulo da lateral direita e nos demais inserir um marcador M-1; M-2... sucessivamente conforme a quantidade de módulos.

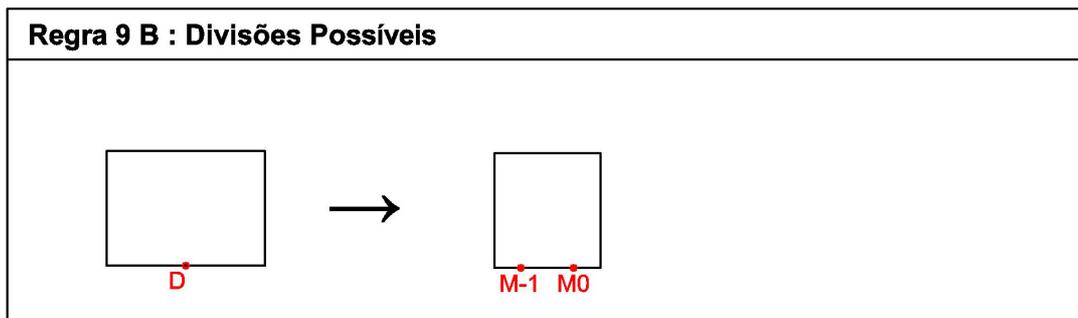


Figura 61- Regra 9B

**Regra 9C** – Ao identificar o retângulo D, realizar a divisão em módulos e inserir um marcador M0 no eixo do módulo central. Nos módulos à esquerda do módulo central inserir marcador M-1, M-2 etc. e nos módulos à direita inserir marcador M+1, M+2 etc.

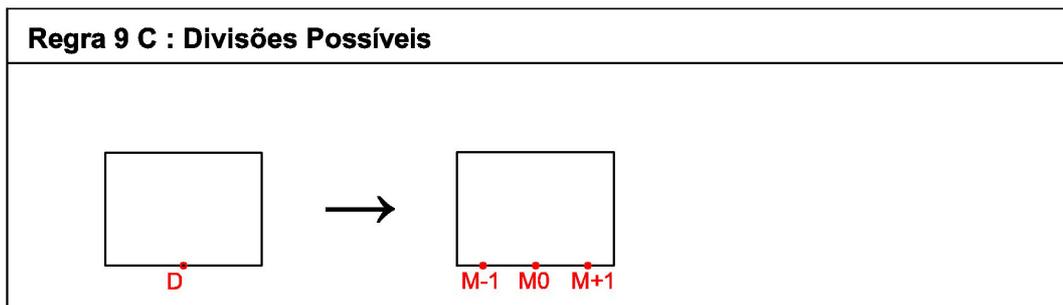


Figura 62 - Regra 9C

**Regra 9D** - Ao identificar o retângulo D, realizar a divisão em módulos e inserir um marcador M0 em todos os módulos.

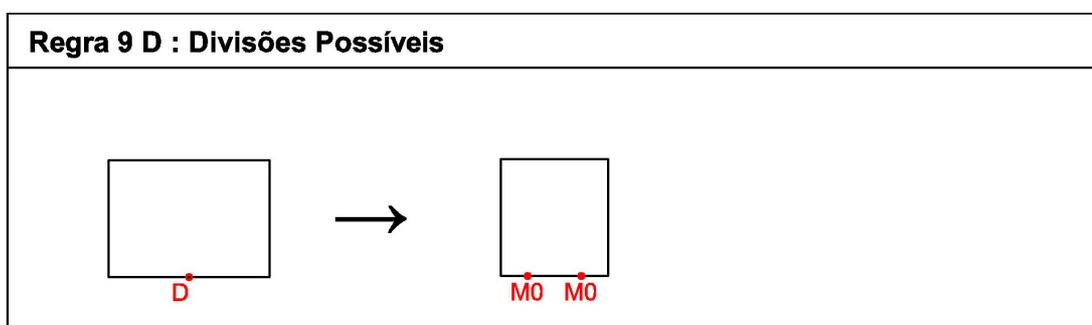


Figura 63 - Regra 9D

**Regra 9E** - Ao identificar o retângulo D, realizar a divisão em módulos e inserir um marcador M0' em todos os módulos.

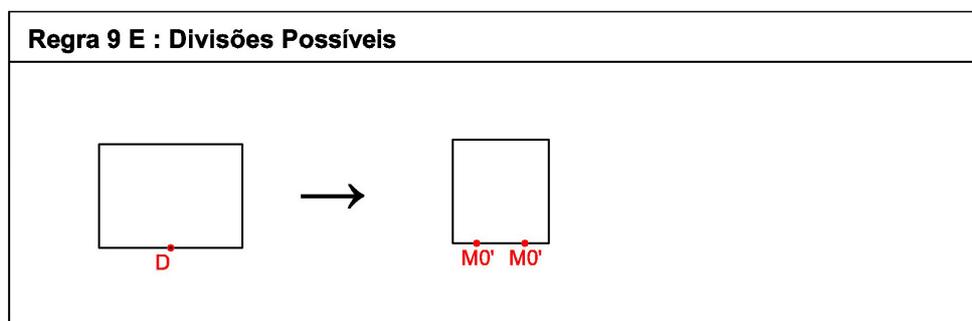


Figura 64 - Regra 9E

### Regra 10: Insere Janelas

Ao identificar um marcador M {... -1; +1...}, inserir elemento janela cujas alturas (HJ) podem variar entre 1,69m e 2,05m, as larguras (LJ) podem variar entre 0,96m a 1,22m e peitoril (PT) entre 0,89m e 1,53m. Inserir marcador ab na parte superior do elemento janela. Notar que todas as janelas inseridas devem ser iguais de modo a manter a harmonia da fachada.

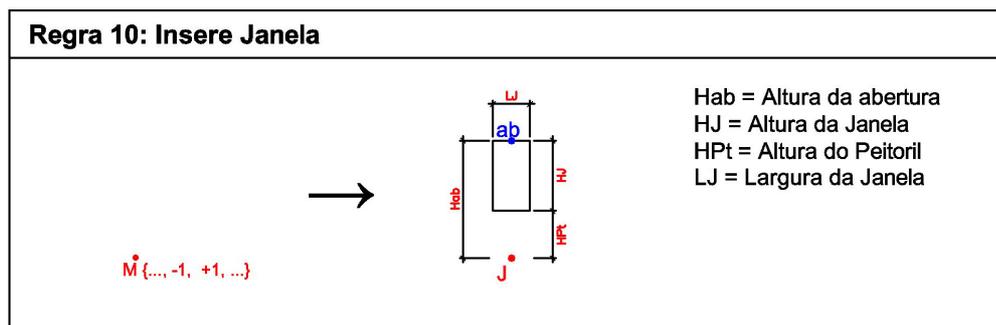


Figura 65 - Regra 10

### Regra 11: Insere Portas

Ao identificar um marcador M0, inserir elemento porta com marcador P, cuja altura (HP) pode variar entre 2,50m e 3,23m e a largura (LP) pode variar entre 0,96m a 1,41m. Inserir marcador ab na parte superior do elemento porta. Notar que no caso de haver mais de 1 porta, todas devem ser iguais de modo a manter a harmonia da fachada.

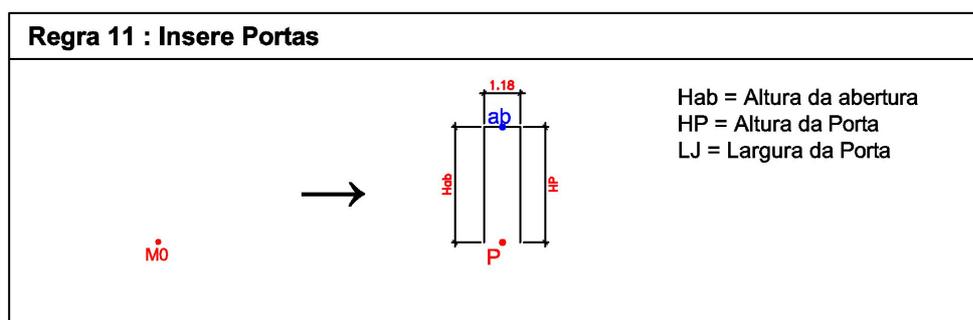


Figura 66 - Regra 11

### Regra 12: Insere Janela no 2º Pavimento

Ao identificar um marcador M0' inserir elemento janela com marcador J, cujas alturas (HJ) podem variar entre 1,69m e 2,05m, as larguras (LJ) podem variar entre 0,96m a 1,22m e peitoril (PT) entre 0,89m e 1,53m. Notar que todas as janelas

inseridas no 2º Pavimento devem ter a mesma largura das aberturas inseridas no 1º pavimento.

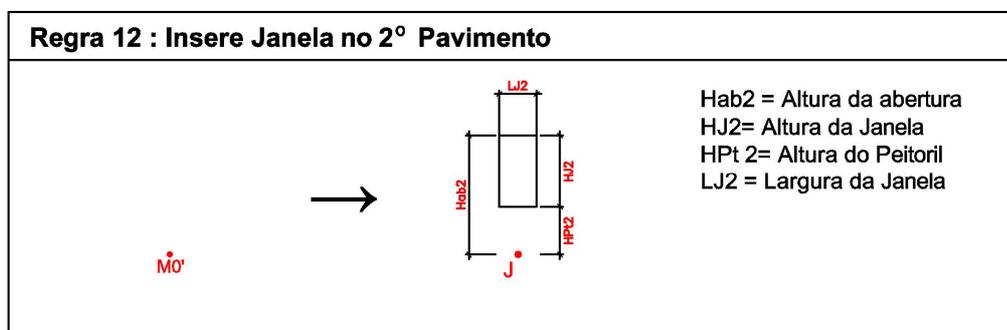


Figura 67 - Regra 12

### Regra 13: Espelhar fachada

Ao identificar um retângulo com marcadores M0, M1 e PI, pode-se aplicar a regra de espelhamento da fachada.

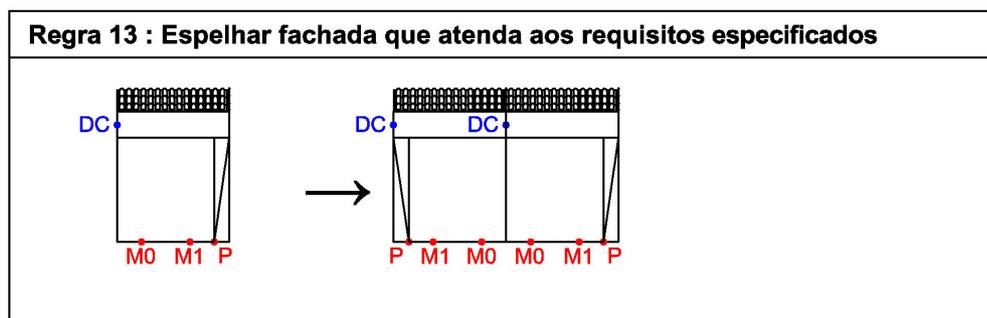


Figura 68 - Regra 13

## 5.1.3 REGRAS PARA DETALHAMENTO

### Regra 14: Insere arco sobre abertura

Ao identificar marcador ab, inserir arco sobre abertura com marcador aa e apagar marcador ab.

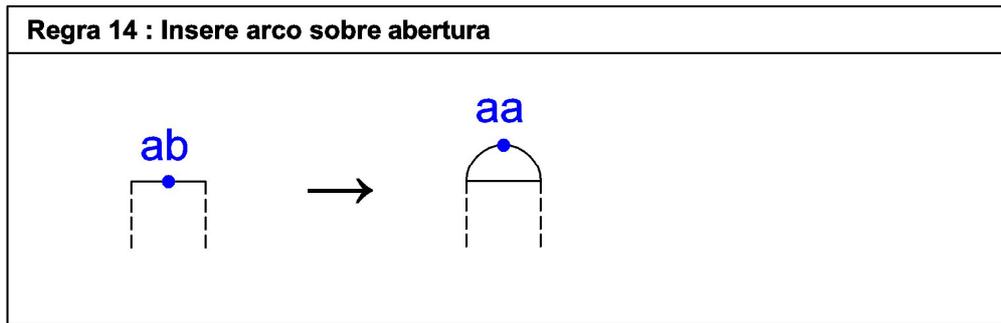


Figura 69 - Regra 14

**Regra 15: Inseere moldura em abertura sem arco**

Ao identificar marcador ab, inserir moldura com espessura de 0,15m e marcador bd.

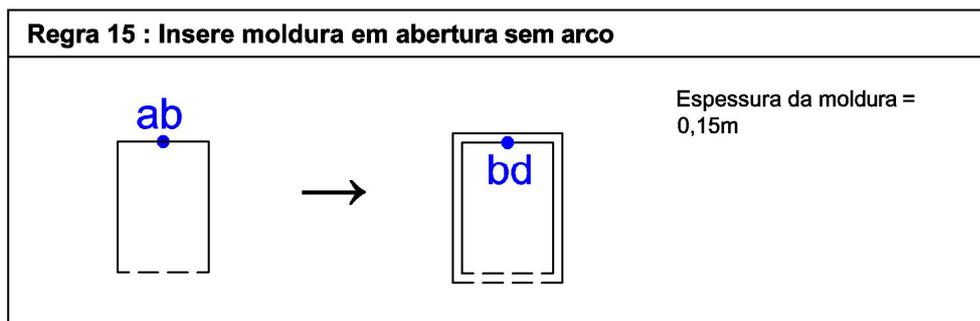


Figura 70 - Regra 15

**Regra 16: Inseere moldura em abertura com arco**

Ao identificar marcador aa, inserir moldura com espessura de 0,15m e marcador bd. Apagar marcador aa.

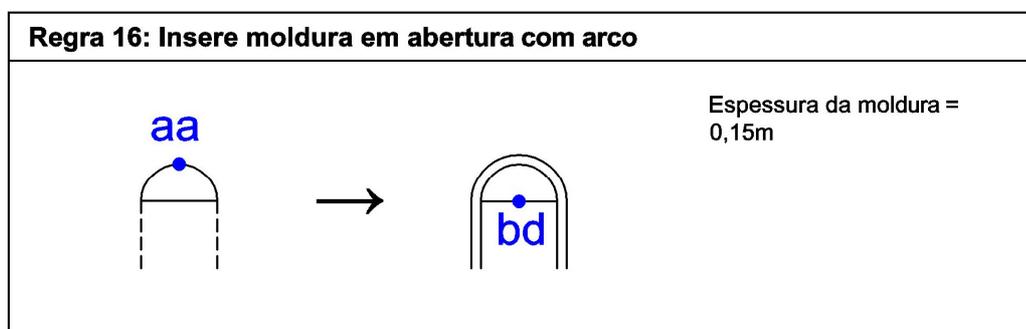


Figura 71 - Regra 16

### Regra 17: Insere bandeira em portas

Ao identificar porta com marcador bd e P, inserir bandeira com altura (Hbd) com valor possível entre 0,38 m e 0,60 m e apagar marcadores bd e P.

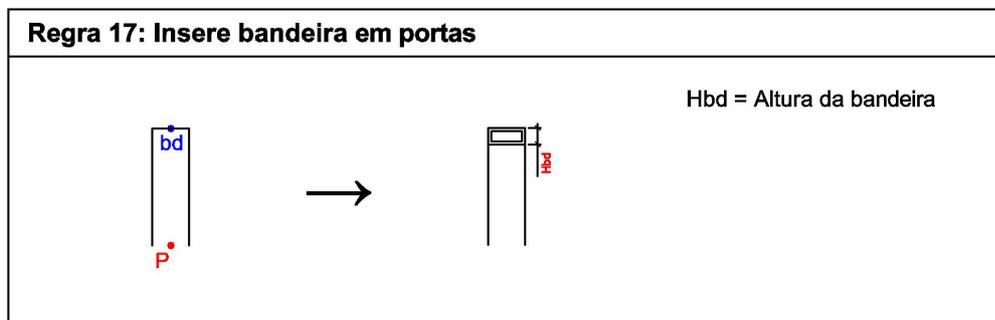


Figura 72 - Regra 17

### Regra 18: Insere bandeira em janelas

Ao identificar janela com marcador bd e J, inserir bandeira com altura (Hbd) com valor possível entre 0,38 m e 0,60 m e apagar marcadores bd e J.

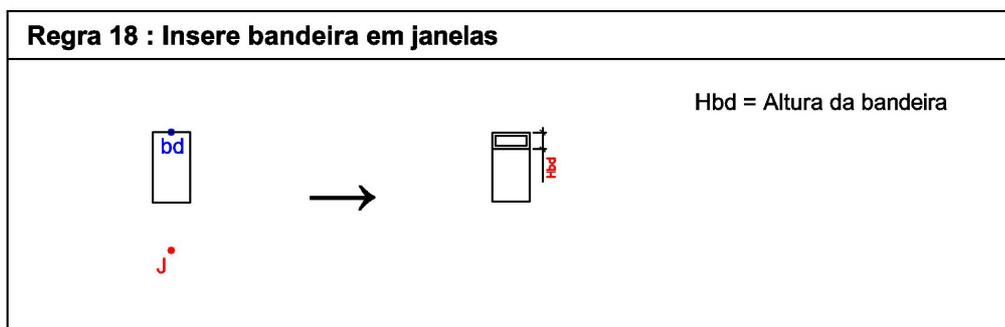


Figura 73 - Regra 18

### Regra 19: Detalhamento de cornija

Ao identificar retângulo com marcador DC, inserir detalhamento de acordo com os modelos existentes na tabela 6.

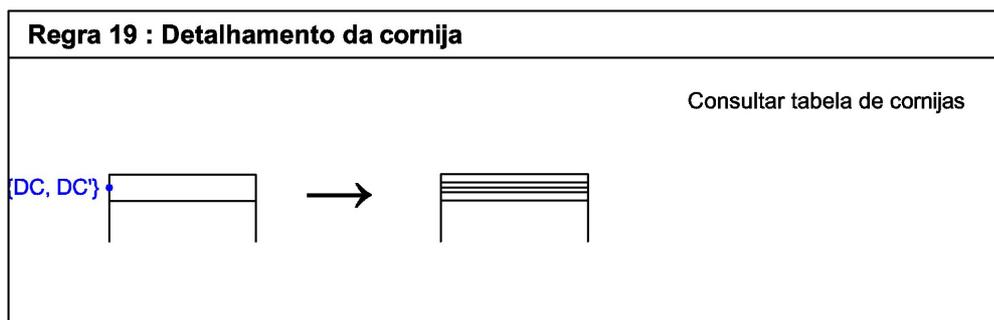


Figura 74 - Regra 19

**Tabela de Cornijas**

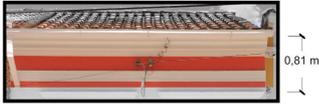
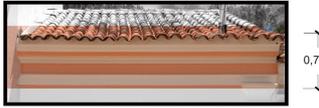
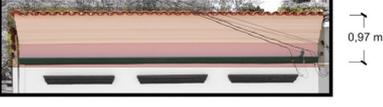
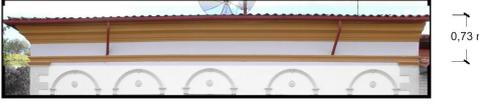
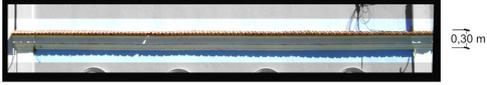
	
<b>Cornija C1</b>	<b>Cornija C2</b>
	
<b>Cornija C3</b>	<b>Cornija C4</b>
	
<b>Cornija C5</b>	<b>Cornija C6</b>
	
<b>Cornija C7</b>	
	
<b>Cornija C8</b>	
	
<b>Cornija C9</b>	

Tabela 7 - Tabela de cornijas possíveis

**Regra 20: Detalhamento de platibanda**

Ao identificar retângulo com marcador DP, inserir detalhamento de acordo com os modelos existentes na tabela 7.

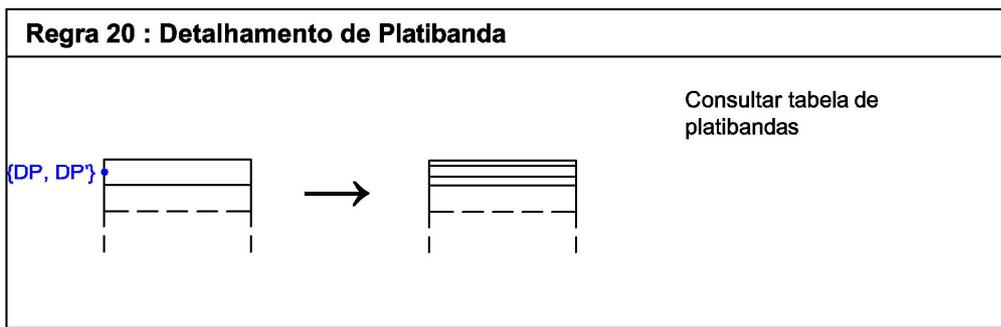


Figura 75 - Regra 20

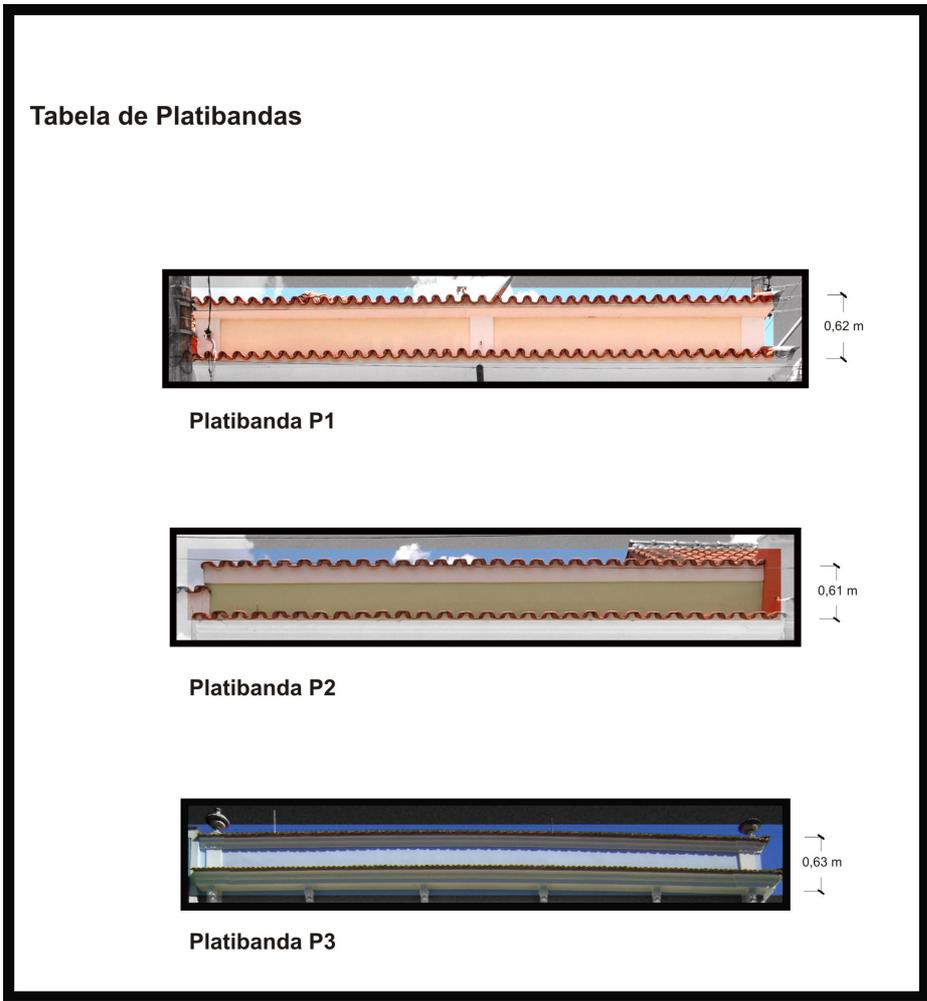
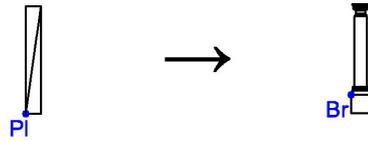


Tabela 8 - Tabela de platibandas possíveis

**Regras 21 e 22: Detalhamento de pilastra**

Ao identificar retângulo com marcador PI, inserir detalhamento de pilastra de acordo com os modelos existentes na tabela 8 e apagar marcador PI. Se a pilastra for no 1º Pavimento inserir também marcador Br.

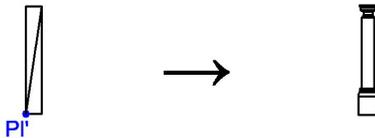
**Regra 21: Detalhamento de Pilastra no 1º Pavimento**



Consultar tabela de pilastras para 1º pavimento

Figura 76 - Regra 21

**Regra 22: Detalhamento de Pilastra no 2º Pavimento**



Consultar tabela de pilastras para 2º pavimento

Figura 77 - Regra 22

**Tabela de Pilastras**

<p>Pilastra P1</p>	<p>Pilastra P2</p>	<p>Pilastra P3</p>	<p>Pilastra P4</p>
<p>Pilastra P5</p>	<p>Pilastra P6 1o. Pavimento</p>	<p>Pilastra P7 2o. Pavimento</p>	<p>Pilastra P8</p>

Tabela 9: Tabela de pilastras possíveis

### Regras 23: Insere Barrado

Ao identificar marcador Br, inserir linha sobre o marcador de modo que atravesse toda a fachada para formar o barrado.

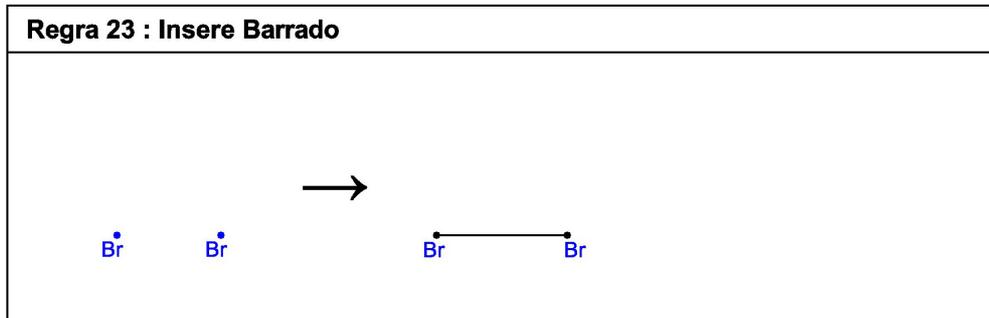


Figura 78 - Regra 23

### Regra 24: Apaga marcador Br

Apagar marcador Br



Figura 79 - Regra 24

### Regra 25: Apaga barrado que atravessar abertura

Apagar linha do barrado que atravessar uma abertura

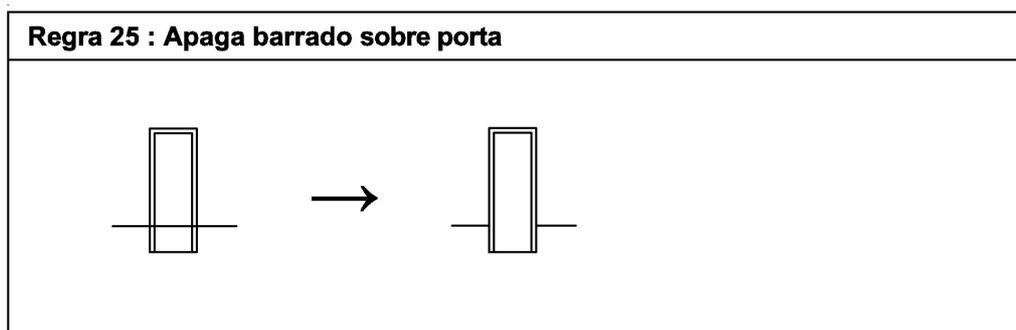


Figura 80 - Regra 25

### Regra 26: Insere ornamento retangular sobre abertura

Ao identificar abertura retangular, com moldura, inserir ornamento retangular.

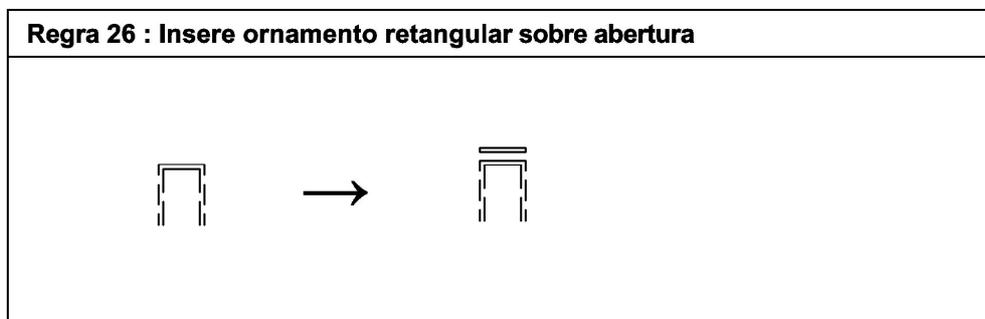


Figura 81 - Regra 26

### Regra 27: Insere ornamento em arco sobre abertura

Ao identificar abertura retangular, com moldura, inserir ornamento em arco.

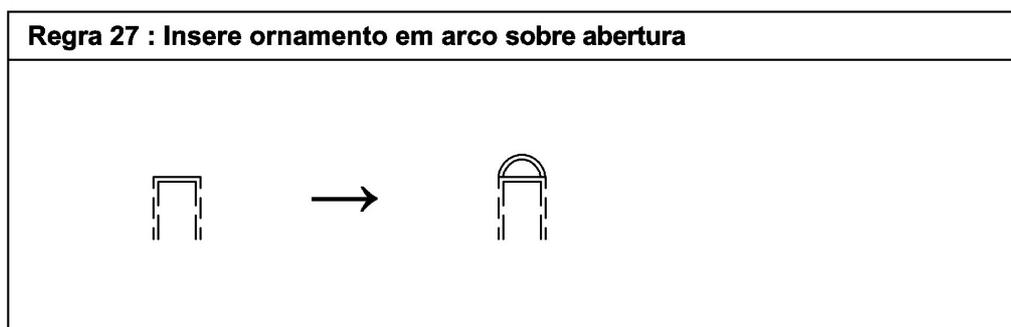


Figura 82 - Regra 27

### Regra 28: Apaga marcadores bd, J, P

Apaga os marcadores Bd, J e P.



Figura 83 - Regra 28

#### 5.1.4 DERIVAÇÕES

Depois da elaboração das regras da gramática e do estabelecimento das tabelas de valores e modelos possíveis, foram realizadas as derivações das 9 casas do corpus para testar se realmente a gramática desenvolvida é capaz de reproduzi-las.

A Figura 58 mostra a derivação da Casa 01, com o passo a passo da aplicação das regras. As demais derivações do corpus de análise são apresentadas nos Anexos de A a J. Nos anexos também são apresentadas duas novas derivações não pertencentes ao corpus original.

- **DERIVAÇÃO CASA 01 - RUA JOAQUIM DE OLIVEIRA, N. 34**

A seguir é descrito o passo a passo das regras utilizadas na derivação da Casa 01. As regras utilizadas procuraram reproduzir a fachada existente com o objetivo de testar a gramática desenvolvida.

A primeira regra aplicada foi a **regra 1** com a inserção de um retângulo com o marcador A que representa a área útil da fachada com dimensões LF = 8,00m e HF1 = 4,75m.

**Regra 2:** Inserção de retângulo com marcadores C e DC que representa a cornija com altura HC = 0,83. Substituição do marcador A por B.

**Regra 4:** Substituição do marcador C por telhado.

**Regra 6:** Inserção de retângulos com marcadores PI para representar área de pilastras e substituição do marcador B por D.

**Regra 9C:** Divisão em módulos do retângulo com marcador D. Apagou-se o marcador D e foram colocados os marcadores dos módulos. Neste caso, como foi determinada a inserção de uma porta no centro com uma janela de cada lado, os marcadores utilizados foram M-1, M0 e M+1.

**Regra 11:** Substituição do marcador M0 por retângulo P, que possui os marcadores ab na parte superior e P na parte inferior. As dimensões deste retângulo são Hab = 3,83m, HP = 3,38m e LP = 1,16m.

**Regra 10:** Substituição do marcador M-1 por retângulo J, que possui os marcadores ab na parte superior e J na base inferior. As dimensões deste retângulo são  $H_{ab} = 3,83m$ ,  $H_J = 2,21m$ ,  $L_J = 1,16m$  e  $H_{pt} = 1,62m$ .

**Regra 10:** Repetição da regra anterior para o marcador M+1.

Com essas regras definiu-se a forma básica da fachada, permitindo assim a utilização das regras de detalhamento.

**Regra 15:** Esta regra foi aplicada 3 vezes para a inserção de molduras nos retângulos com marcadores J e P. Além da moldura também foi inserido o marcador bd.

**Regra 17:** Substituição do marcador bd por detalhe de bandeira na porta, com  $H_{bd} = 0,43$ . Apagou-se o marcador P.

**Regra 19:** Detalhamento do retângulo com marcador DC por modelo de cornija C3, de acordo com a Tabela 6: Modelos de cornijas.

**Regra 21:** Esta regra foi aplicada 2 vezes para o detalhamento das pilastras. Substituiu-se os retângulos com etiqueta PI por modelo de pilastra detalhada P1 de acordo com a Tabela 7: Modelo de Pilastras. Inseriu-se o marcador Br.

**Regra 23:** Inserção de traço entre os marcadores Br.

**Regra 24:** Apagou-se os marcadores Br.

**Regra 25:** Apagou-se a linha que ficou sobre a porta.

**Regra 26:** Esta regra foi aplicada 3 vezes e inseriu elemento decorativos sobre a porta e as janelas

**Regra 28:** Os marcadores bd e J foram apagados.

# Derivação - Casa 01

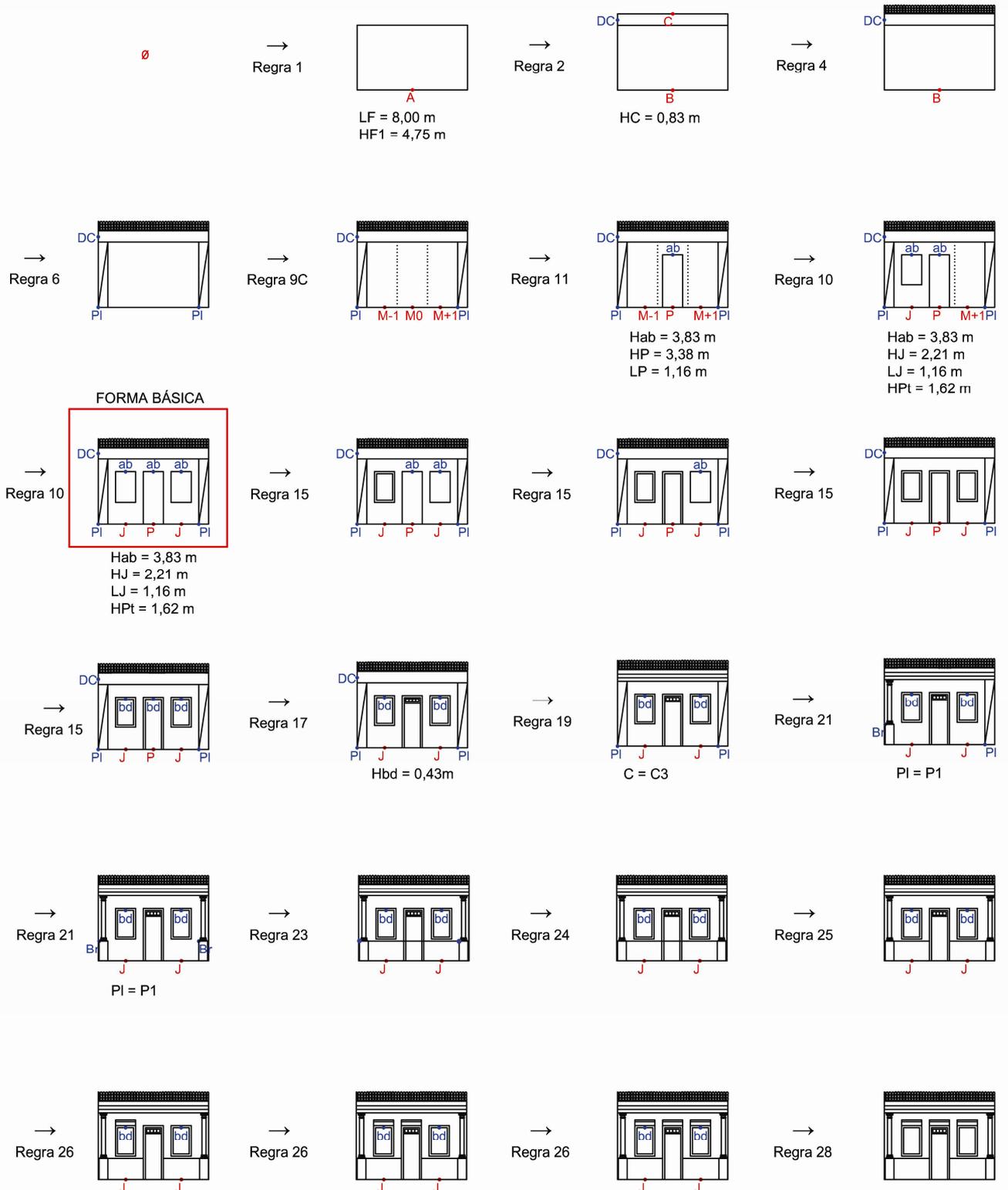


Figura 84 - Derivação – Casa 01

## **6 CONCLUSÃO**

Como já citado nos capítulos anteriores, a gramática da forma é um instrumento eficaz na análise e geração de elementos dentro de uma mesma linguagem.

Neste trabalho, a gramática da forma desenvolvida se revelou capaz de gerar todos os elementos do corpus selecionado e ainda gerar novos indivíduos.

Conclui-se que a gramática desenvolvida pode ser utilizada na recomposição de fachadas descaracterizadas, pois foram aqui determinadas as dimensões e proporções de todos os elementos necessários para sua elaboração.

Pretende-se apresentar este trabalho à Prefeitura Municipal da cidade de Monte Alegre do Sul, como sugestão para que se desenvolvam diretrizes para a renovação e conservação dos edifícios existentes.

Como trabalhos futuros, pretende-se implementar esta gramática em computador para que seja possível a geração de uma quantidade maior de possibilidades para a readequação das fachadas descaracterizadas. Pretende-se, ainda, criar uma nova gramática, mais simplificada, que possa vir a orientar a construção de novos edifícios nos locais em que os antigos já não existem mais, mantendo as mesmas proporções das casas originais, porém sem a realização de uma cópia direta da arquitetura do séc. XIX, o que não faria sentido nos dias de hoje.

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, M.; CAGAN, J. A blend of different tastes: the language of coffee makers. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 25, p. 205-226, 1998.

AGUIAR, J; et al. **Manual de Apoio à Reabilitação dos Edifícios do Bairro Alto** Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1991.

AGUIAR, J. et al. **Conservação e renovação de revestimento de paredes de edifícios antigos** Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2004.

CAGDAS, G. A shape grammar: the language of traditional Turkish houses. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 23, n. 4, 1996.

CALDAS, L. G. **An Evolution-Based Generative Design System: Using Adaptation to Shape Architectural Form**. 2001. Tese (Doctor of Philosophy in Architecture: Building Technology. Massachusetts Institute of Technology.

CELANI, G. **CAD Criativo**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2003.

CELANI, G. et al. Generative design systems for housing. *In*: ECAADE, 2005, Lisboa. **Anais...**, 2005.

CELANI, G.; CYPRIANO, D.; GODOI, G.; VAZ, C. E. V. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão - comunicação e**

**cultura/Universidade de Caxias do Sul**, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, p. 180-197, jul./dez 2006.

CHASE, S. C. Shapes and shape grammars: from mathematical model to computer implementation. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 16, p. 215-242, 1989.

CHIOU, S. C., KRISHNAMURTI, R. The grammatical basics of traditional Chinese architecture. **Languages in Design**, v. 3, p. 5-31, 1995.

CHIOU, S. C.; KRISHNAMURTI, R. Example Taiwanese traditional houses. **Environment and Planning B**, v. 14, p. 323-350, 1996.

CHOMSKY, N. **Syntactic structures**. The Hague: Mouton, 1957.

DUARTE, J. P. A discursive grammar for customizing mass housing. **Automation in Construction**, v. 14, n. 2, p. 265-275, 2005.

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

DUARTE, J. P. et al. An Urban Grammar for the Medina of Marrakech. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN COMPUTING AND COGNITION, 2., 2006, Eindhoven. **Proceedings...**, 2006. p. 483-502.

DUARTE, J. P.; ROCHA, J. A grammar for the Patio houses of the Medina of Marrakech: towards a tool for housing design in Islamic contexts. *In*: CONFERENCE ON EDUCATION IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, ECAADE, 24., 2006, Volos, Greece. **Proceedings...**, 2006. p. 860-866.

EILOUTI, B. H.; AL-JOKHADAR, A. M. A computer-aided rule-based Mamluk madrasa plan generator. **Nexus Network Journal**, v. 9, n. 1, p. 31-58, 2007.  
<http://www.springerlink.com/content/81q252pt15186672/fulltext.pdf>. Acesso em: 10

jun. 2007b.

EILOUTI, B. H.; AL-JOKHADAR, A. M. A Generative System for Mamluk Madrasa Form-Making. **Nexus Network Journal**, v. 9, n. 1, p. 7-30, 2007.

<http://www.springerlink.com/content/g14082x4x4145804/fulltext.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2007a.

EILOUTI, B. **Towards a Form Processor: A framework for architectural form derivation and analysis using a formal language analogy** 2001. Tese (Doutorado) - University of Michigan.

FISCHER, T.; HERR, C. M. Teaching Generative Design, In SODDU, C. (ed.). Proceedings of the 4th International Generative Art Conference, Generative Design Lab DIAP, Politecnico di Milano, **Proceedings...**, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.generativeart.com>>. Acesso em: 10 abril 2006.

FLEMMING, U. More than the sum of parts: the grammar of the Queen Anne houses. **Environment and Planning B**, v. 14, p. 323-350, 1987.

GIPS, J. **Shape Grammars and their uses**. Basel: Birkhäuser, 1975.

GRAZZIOTIN, P. C. et al. Cityzoom - A tool for the visualization of the impact of urban regulations. *In*: SIGRADI, 2004, **Proceedings...**, 2004. p. 216-220.

HILLIER, B. et al. Space Syntax. **Environment and Planning B**, v. 3, p. 147-185, 1976.

KNIGHT, T. Shape Grammars in education and practice: history and prospects. **International Journal of Design Computing**, v. 2, 2000-2001. Disponível em <<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal>>. Acesso em: 10 abr. 2006.

KNIGHT, T. W. Shape grammars and color grammars in design. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 21, p. 705-735, 1994.

KNIGHT, T. W. The Forty-one Steps: the languages of Japanese tea-room designs. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 8, p. 97-114, 1981.

KONING, H.; EIZENBERG, J. The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses. **Environment and Planning B**, v. 8, p. 295-323, 1981.

KRISHNAMURTI, R. The construction of shapes. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 8, p. 5-40, 1981.

KRISHNAMURTI, R.; GIRAUD, G. Towards a shape editor: the implementation of a shape generation system. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 13, p. 391-403, 1986.

LEMOS, C. **Alvenaria Burguesa**. 2ed. São Paulo: Nobel, 1989. 205 p.

LEMOS, C. **Cozinhas etc.** São Paulo: Perspectiva, 1976.

LIMA, R. P. T. **Apontamentos para a história de Monte Alegre do Sul**. 2ed. Amparo: Foca, 2005. 160 p., v. 1.

LIMA, R. P. T. **Modelos Portugueses e arquitetura brasileira**. Campinas, 2001. Tese (Doutorado em História) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

MANDELBROT, B.B. **The Fractal Geometry of Nature**. W.H. Freeman and Company, 1982.

MARCH, L., EARL, C.F. On counting architectural plans **Environment and planning b**, v. 4, 1977.

MARCH, L., EARL, C.F. **The Geometry of Environment: An Introduction to Spatial**

MARTÍ, L. M .L. **Vignola - Desenhos por J. A. Léveij**. Disponível em:  
<http://arquitectura.spaziarte.com/tratados/vignola/>. Acesso em: 06 ago. 2007.

MITCHELL, W. J. The theoretical foundation of computer-aided architectural design. **Environment and Planning B**, v. 2, p. 127-150, 1975.

MITCHELL, W. **The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition**. MIT, 1990.

PIAZZALUNGA, U.; FITZHORN, P.I. Note on a three-dimensional shape grammar interpreter. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 25, p. 11-33, 1998.

POON, J.; MAHER, M. L. Co-evolution and Emergence in Design **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 3, n. 11, p. 319-327, 1997.

POST, E. Formal reductions of the general combinatorial decision problem. **American Journal of Mathematics**, v.65, p. 197-215, 1943.

**POSTURAS da cidade do Amparo 1874**. Exemplar datilografado. Acervo do Centro de Documentação das Faculdades Integradas de Amparo.

**POSTURAS da cidade do Amparo 1865**. Exemplar datilografado. Acervo do Centro de Documentação das Faculdades Integradas de Amparo.

**POSTURAS da cidade do Amparo 1894**. Exemplar datilografado. Acervo do Centro de Documentação das Faculdades Integradas de Amparo.

ROE, A. **Using Visual Basic with AutoCAD 2000**. 2 ed.: Delmar Learning, 2001.

SERRA, G. **O espaço natural e a forma urbana**. São Paulo: Nobel, 1987.

SPELTZ, A. **A arquitetura clássica no Brazil**. Rio de Janeiro, 1898.

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

\_\_\_\_\_. Kindergarten grammars: designing with Froebel's building gifts. **Environment and Planning B**, v. 7, p. 409-462, 1980a.

\_\_\_\_\_. **Pictorial and formal aspects of shape and shape grammars: on computer generation of aesthetic objects** Basel: Birkhäuser, 1975.

\_\_\_\_\_. Two exercises in formal composition. **Environment and Planning B**, v. 3, p. 187-210, 1976.

\_\_\_\_\_, MITCHELL, W. J. The Palladian grammar. **Environment and Planning B**, v. 5, p. 5-18, 1978.

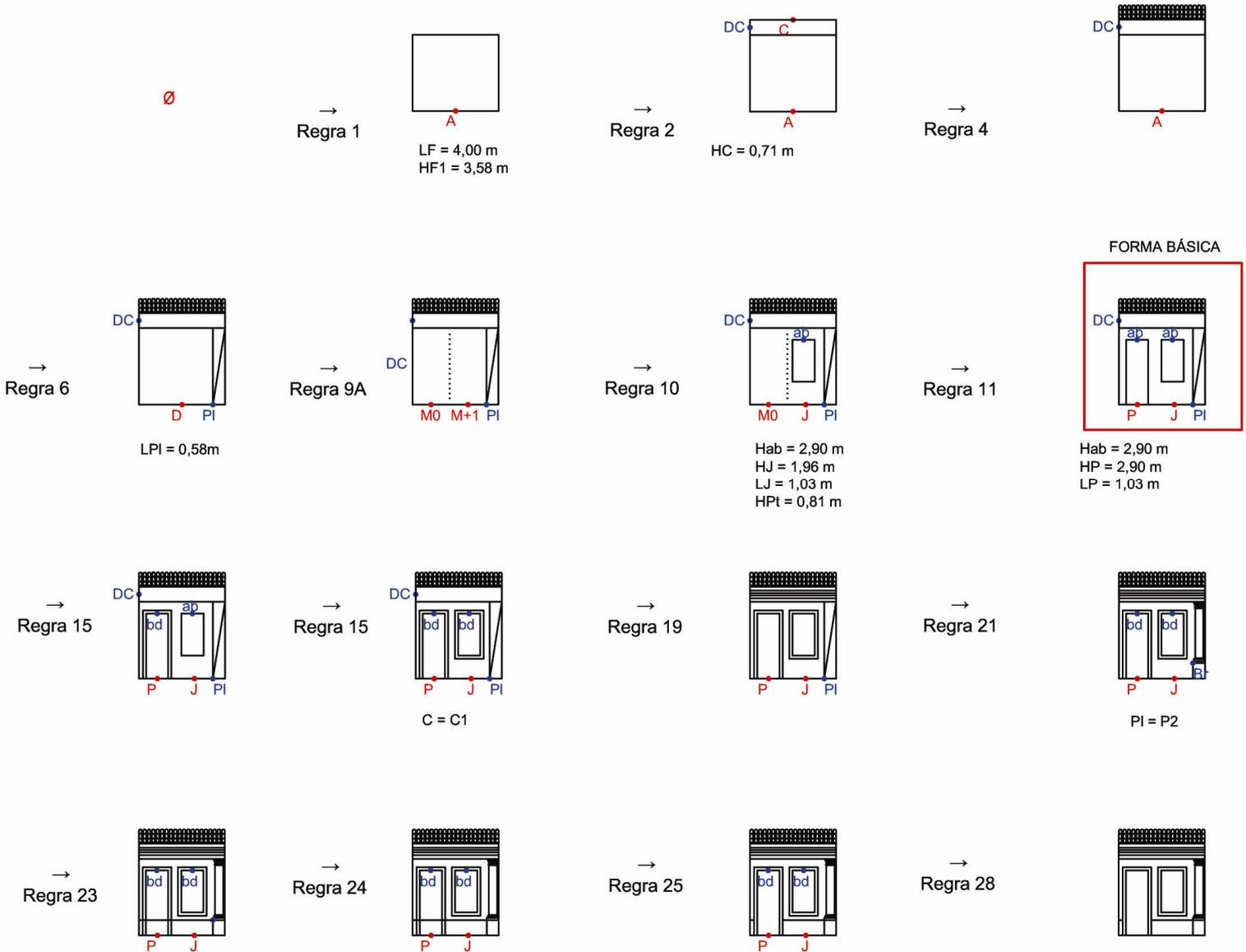
\_\_\_\_\_; GIPS, J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. *In: Information Processing*. Amsterdam: C.V. Freiman, 1972. v. 71. p. 1460-1465.

\_\_\_\_\_.; MITCHELL, W. J. The grammar of paradise: on the generation of Mughul gardens. **Environment and Planning B**, v. 7, p. 209-226, 1980.

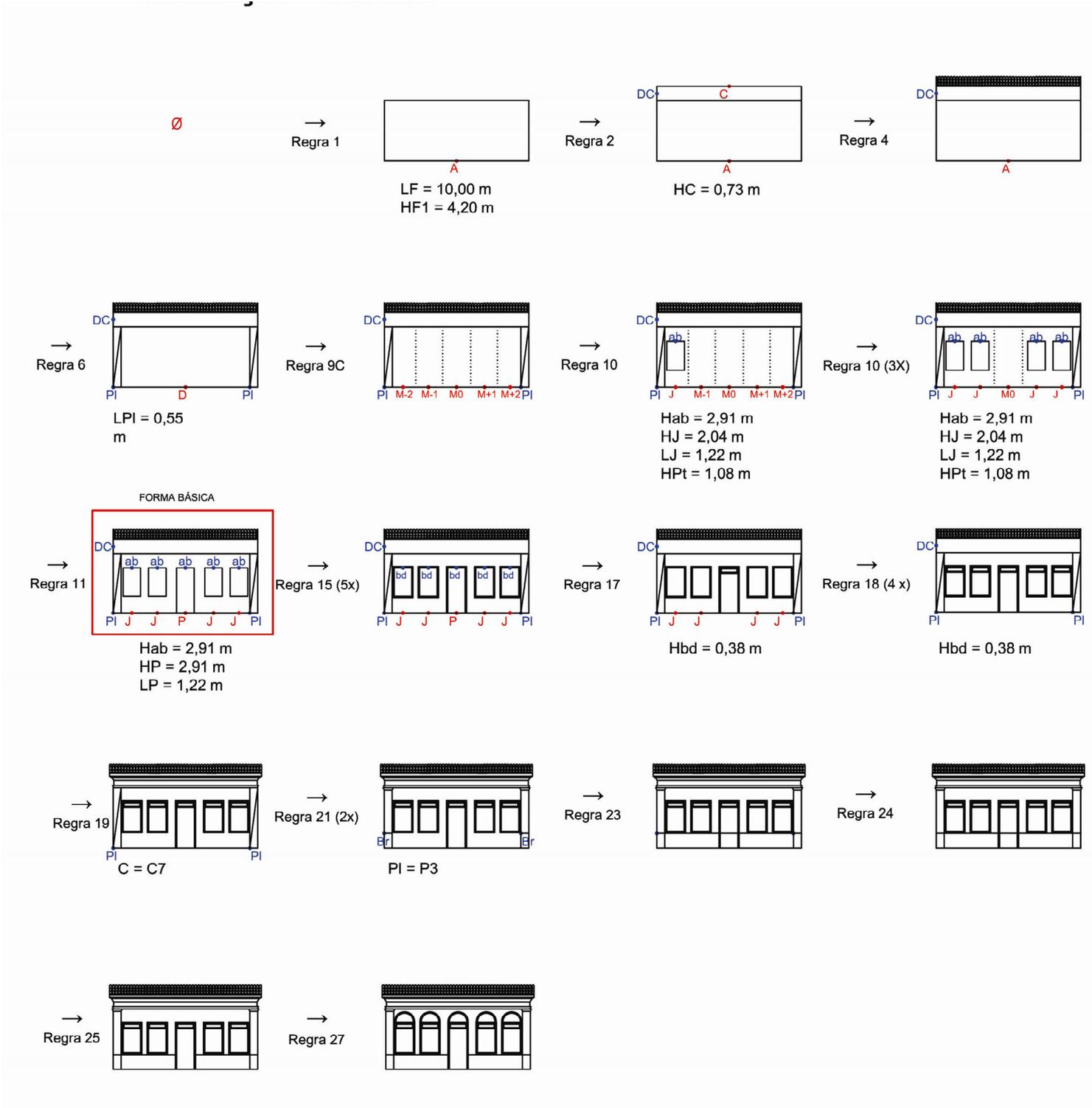
TAPIA, M.A. A visual implementation of a shape grammar system. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 26, p. 59-73, 1999.

## **ANEXOS**

# Anexo A: Derivação Casa 02



## Anexo B: Derivação Casa 03



# Anexo C: Derivação Casa 04



# Anexo D: Derivação Casa 05

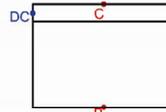
∅

→  
Regra 1



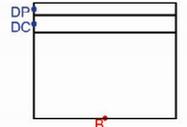
LF = 7,00 m  
HF1 = 4,28 m

→  
Regra 2



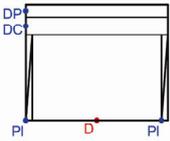
HC = 0,86 m

→  
Regra 3



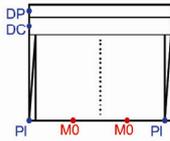
HP = 0,62 m

→  
Regra 6  
(2 x)

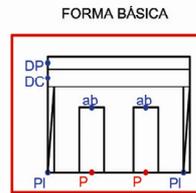


LPI = 0,31 m

→  
Regra 9D

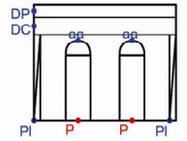


→  
Regra 12 (2 x)

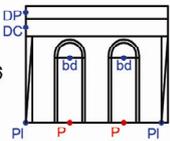


Hab = 3,20 m  
HP = 3,15 m  
LP = 1,22 m

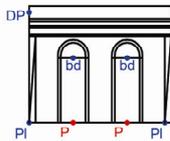
→  
Regra 14



→  
Regra 16

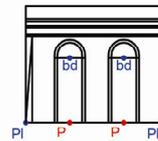


→  
Regra 19



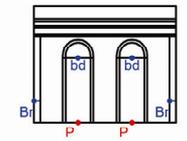
C = C4

→  
Regra 20



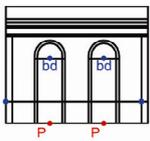
Pb = Pb 1

→  
Regra 21

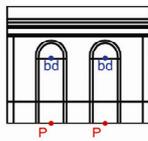


PI = PI 8

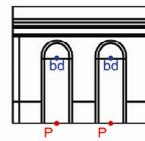
→  
Regra 23



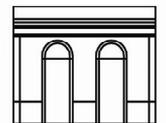
→  
Regra 24



→  
Regra 25



→  
Regra 28



# Anexo E: Derivação Casa 06

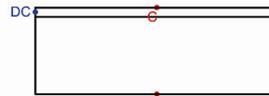
∅

→  
Regra 1



LF = 12,00 m  
HF1 = 3,85 m

→  
Regra 2

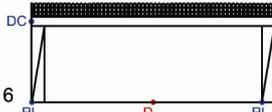


HC = 0,46 m

→  
Regra 4

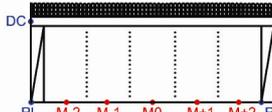


→  
Regra 6

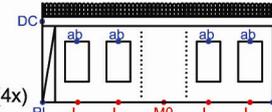


LPI = 0,62 m

→  
Regra 9C

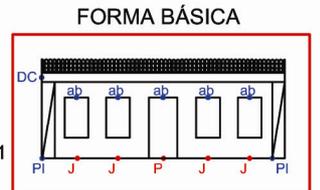


→  
Regra 10 (4x)



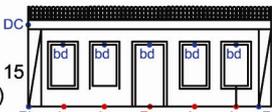
Hab = 3,23 m  
HJ = 2,05 m  
LJ = 1,18 m  
HPt = 0,89 m

→  
Regra 11

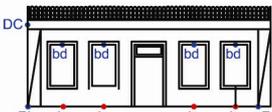


Hab = 3,23 m  
HP = 3,08 m  
LP = 1,41 m

→  
Regra 15 (5 x)

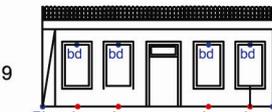


→  
Regra 17

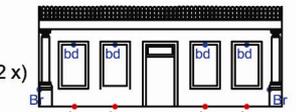


Hbd = 0,60 m

→  
Regra 19

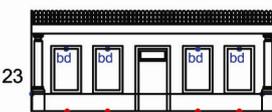


→  
Regra 21 (2 x)

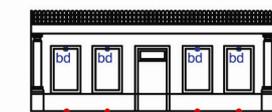


PI = PI5

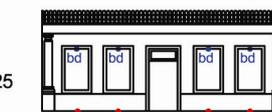
→  
Regra 23



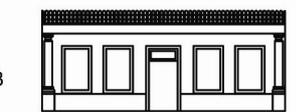
→  
Regra 24



→  
Regra 25



→  
Regra 28



# Anexo F: Derivação Casa 07

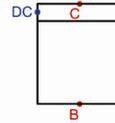
∅

→  
Regra 1



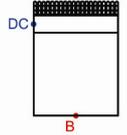
LF = 4,00 m  
HF1 = 3,94 m

→  
Regra 2

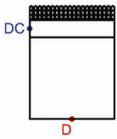


HC = 0,81 m

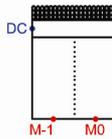
→  
Regra 4



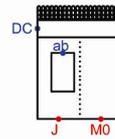
→  
Regra 8



→  
Regra 9A



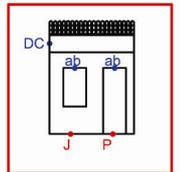
→  
Regra 10



Hab = 3,22 m  
HJ = 1,88 m  
LJ = 1,08 m  
HPl = 1,15 m

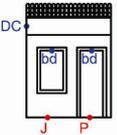
→  
Regra 11

FORMA BÁSICA

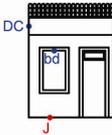


Hab = 3,22m  
HP = 3,07 m  
LP = 1,08 m

→  
Regra 15 (2 x)

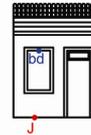


→  
Regra 17



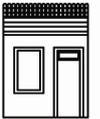
Hbd = 0,45 m

→  
Regra 19



C = C1

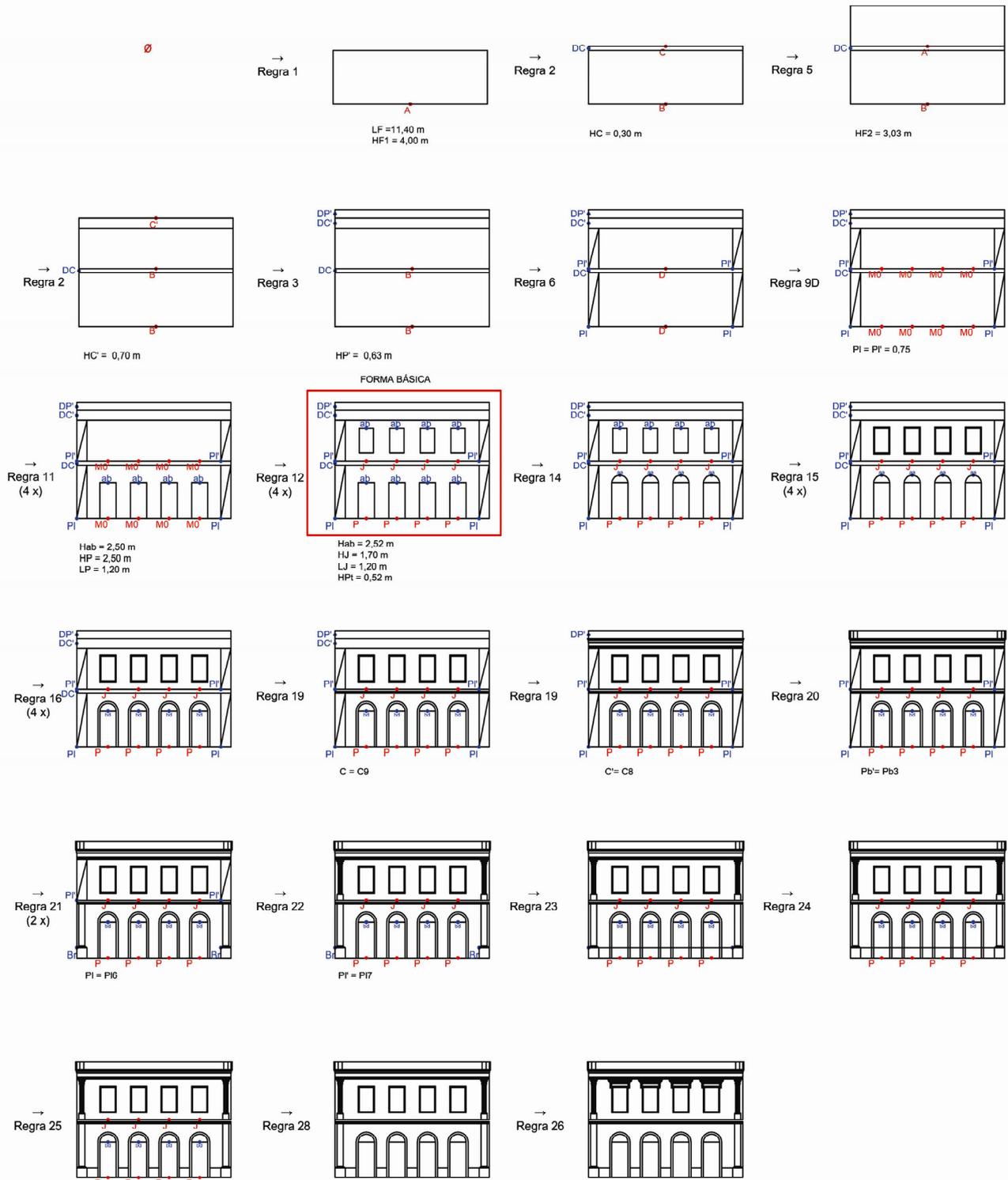
→  
Regra 28



→  
Regra 26 (2 x)



# Anexo G: Derivação Casa 08



# Anexo H: Derivação Casa 09

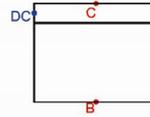
∅

→  
Regra 1



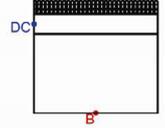
LF = 6,00 m  
HF1 = 3,85 m

→  
Regra 2



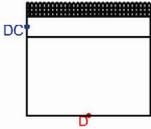
HC = 0,97 m

→  
Regra 4

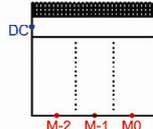


FORMA BÁSICA

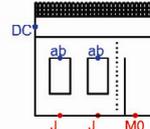
→  
Regra 8



→  
Regra 9B

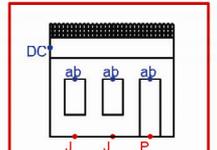


→  
Regra 10 (2 x)



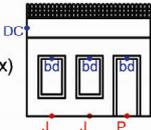
Hab = 2,85 m  
HJ = 1,78 m  
LJ = 1,00 m  
HPt = 0,89 m

→  
Regra 11

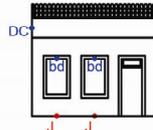


Hab = 2,85 m  
HP = 2,70 m  
LP = 1,00 m

→  
Regra 15 (3 x)



→  
Regra 17



Hbd = 0,40 m

→  
Regra 19

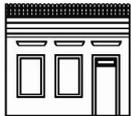


C = C5

→  
Regra 28



→  
Regra 26



# Anexo I: Derivação Nova Fachada 01

