

# **A GRAMÁTICA DA HABITAÇÃO MÍNIMA:**

Análise do Projeto Arquitetônico  
da Habitação de Interesse Social  
em Porto Alegre e Região Metropolitana

R o s i r e n e M a y e r

Orientador: Prof. Dr. Benamy Turkienicz

PORTO ALEGRE - 2012

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Faculdade de Arquitetura - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura

# **A GRAMÁTICA DA HABITAÇÃO MÍNIMA:**

Análise do Projeto Arquitetônico  
da Habitação de Interesse Social  
em Porto Alegre e Região Metropolitana

Tese apresentada por Rosirene Mayer  
como requisito parcial para obtenção  
do título de Doutora em Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Benamy Turkienicz

PORTO ALEGRE - 2012

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Faculdade de Arquitetura - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura

### CIP - Catalogação na Publicação

Mayer, Rosirene

A gramática da habitação mínima: análise do projeto arquitetônico da habitação de interesse social em Porto Alegre e Região Metropolitana / Rosirene Mayer. -- 2012.

205 f.

Orientador: Benamy Turkienicz.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Habitação de interesse social. 2. Gramática da Forma. 3. Modelo paramétrico. 4. Sintaxe. 5. Sistemas generativos. I. Turkienicz, Benamy, orient. II. Título.

Agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio à pesquisa, na forma de bolsa de estágio de doutorado no âmbito do convênio CAPES-FCT de cooperação técnica Brasil-Portugal.

## **SUMÁRIO:**

<b>Agradecimentos</b> .....	II
<b>Resumo</b> .....	IV
<b>Abstract</b> .....	IIIIV
<b>Introdução</b> .....	01
<b>Revisão da Literatura</b>	
<b>Capítulo I</b>	
1.1. Modos de descrição, análise e avaliação da habitação de interesse social e seu processo de produção: .....	14
1.1.1. Aspectos técnico construtivos.....	14
1.1.2. Desempenho físico do edifício.....	15
1.1.3. Gestão da qualidade e produtividade.....	16
1.1.4. Desenvolvimento sustentável.....	21
1.1.5. Teoria história e crítica.....	23
1.1.6. Habitação Mínima: Alexander Klein.....	25
1.1.7. Qualidade do projeto .....	27
1.1.7.1. Avaliação pós-ocupação.....	30
1.2. Referências internacionais contemporâneas em instrumentos de avaliação, controle e qualidade da habitação.....	32
1.3. Caracterização do problema habitacional e mecanismos de qualidade no Brasil.....	42
1.4. Definição habitação mínima.....	47
1.5. HIS e programa mínimo.....	49
<b>Capítulo II</b>	
2.1. Modelos de descrição da forma arquitetônica.....	54
2.1.1. O tipo o modelo e a população: teorias e analogias.....	54
2.1.2. Modelos da forma arquitetônica.....	62
2.1.3. Sintaxe Espacial.....	63
2.1.4. Gramáticas da Forma.....	64

2.2. Implementações computacionais de sistemas generativos.....	69
2.2.1. Algoritmos genéticos.....	70
2.2.2 Implementações computacionais de Gramáticas da Forma.....	71
2.2.3. Modelagem paramétrica.....	77

## **Material e métodos:**

### **Capítulo III**

3.1. Material.....	79
3.1.1. Habitação de Interesse Social em Porto Alegre e Região Metropolitana: caracterização do corpus de estudo.....	79
3.1.2. Caracterização dos arranjos funcionais do corpus de estudo.....	81
3.2. Método.....	84
3.2.1. Análise preliminar.....	84
3.2.2. Construção de uma gramática.....	87
3.2.2.1. Descrição dos arranjos.....	88
3.2.2.1.1. Grafos de adjacência.....	88
3.2.2.1.2. Modelo Geométrico da HIS.....	90
3.2.3. Gramática do Mobiliário ou da forma da função na habitação.....	92
3.2.4. Gramática dos compartimentos.....	98
3.2.4.1 Alternativas.....	99
3.2.4.2. Variações.....	102
3.2.5. Gramática do entorno ou vizinhança próxima.....	104
3.2.6. A Representação da Gramática.....	105
3.2.7. Modelo Geométrico Paramétrico da HIS.....	107

## **Resultados e Conclusão**

### **Capítulo IV**

4.1. Análise dos Resultados.....	110
----------------------------------	-----

### **Capítulo V**

5.1. Conclusões.....	113
5.2. Considerações finais.....	114

## **6. Referências Bibliográficas**.....116

6.1. Fonte das Figuras: a quase totalidade das figuras que fazem parte da corpo da tese foram produzidas pela autora. As exceções estão referidas junto a figura. As figuras dos apêndice aparecem devidamente referidas.

## **7. Apêndice**

7.1. Definições

7.2. Corpus de estudo - descrição e análise

7.3. Derivações

7.4. Fichas de dados das HIS

## **Agradecimentos**

Ao Professor Benamy Turkienicz, pela orientação, sobretudo pela amizade, interesse e incentivo que me resgataram da evasão e conduziram a concretização desta tese.

Ao Prof. José Pinto Duarte, pela orientação em Gramáticas da Forma durante o meu período de estágio na Universidade Técnica de Lisboa.

À Prof. Tânia Beisl Ramos, da Universidade Técnica de Lisboa, pela generosidade e sugestões de referências bibliográficas durante o período de estágio em Lisboa.

Ao Prof. Antônio Baptista Coelho Chefe do Núcleo de Arquitetura e Urbanismo (NAU) do LNEC em Lisboa pela disponibilidade em me receber em várias ocasiões para apresentar a Habitação de Custos Controlados em Portugal e discutir a questão da habitação social.

Ao Prof. João Branco Pedro do Núcleo de Arquitetura e Urbanismo (NAU) do LNEC em Lisboa, pela atenção e subsídios para a pesquisa.

À Prof. Teresa Craveiro, da Prefeitura de Lisboa, pela atenção em apresentar o Plano Municipal de Lisboa.

Aos bolsistas de iniciação científica do SIMMLAB, em especial ao Eduardo Rimolo Carneiro pela sua contribuição na implementação computacional do modelo de que trata esta tese.

Ao Leandro Michelena que ensaiou com o Eduardo os primeiros passos na implementação.

A Letícia Weijh e Ezequiel Zicca Jacques pelo apoio na etapa de representação e descrição do corpus de estudo.

Ao Fabiano Pinto e ao Glauber Martins que enquanto bolsistas de computação e arquitetura me acompanharam na discussão e exploração do potencial das gramáticas.

Agradeço ao Departamento Municipal de Habitação por apoiar o desenvolvimento desta pesquisa. A colega Elda Maria Barcellos Tegiacchi de Figueiredo pelo exemplo de profissionalismo. Aos Titulares da Coordenação de Titulação e Registro, Eng. Omar da Silveira Neto, e Paulo Cesar Busatto Scheffer pela confiança e por dividirem as responsabilidades do trabalho diário no DEMHAB, durante o tempo em que estive envolvida com o trabalho acadêmico em paralelo às obrigações profissionais. Aos colegas Eng. Orestes F. Marcon, e Eng. Wagner Conceição Nunes pelo apoio profissional, mas acima de tudo por serem um bons amigos. As colegas Denise Pacheco Till Campos, Silvia Carpenedo e Miriam Fernandes que disponibilizaram subsídios e informações sobre a produção do DEMHAB.

Agradecimentos a família, especialmente mãe e irmãos, assim como a todos colegas e amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Sérgio Wischral, companheiro e sobretudo grande amigo pela presença constante, nas conversas, no carinho e no apoio.

## Resumo

A presente tese propõe um modelo geométrico paramétrico para a geração, baseada em regras, da geometria dos projetos de Habitação de Interesse Social, HIS, adequada à realidade socioeconômica brasileira.

A definição do modelo partiu da análise dos padrões existentes na morfologia dos projetos arquitetônicos de uma amostra da produção de HIS de Porto Alegre (Rio Grande do Sul, Brasil) e Região Metropolitana. A identificação destes padrões serviu para acessar os limites de variação e qualificação do projeto da HIS.

Foram utilizadas representações adimensionais associadas a grafos de adjacência para descrição das relações espaciais mais frequentes em dois níveis distintos porém relacionados - para o equipamento e para os compartimentos. O modelo de Gramáticas da Forma serviu à descrição das regras de composição e configuração do espaço e seus componentes. A análise comparativa do corpus e das necessidades programáticas forneceu a variação admissível dos parâmetros dimensionais. A implementação computacional do modelo geométrico resultante permitiu a exploração das variações paramétricas das alternativas de configuração de projeto.

Os resultados permitiram verificar uma homogeneidade da estrutura sintática do corpus que ultrapassa os limites tipológicos. Parte das diferenças existentes entre os elementos da amostra podem ser atribuídas a variações paramétricas das partes e a sua influência mútua na composição da área total e da forma da unidade habitacional. Variações paramétricas de uma configuração podem servir para adaptar a inserção da unidade habitacional no lote ou no edifício.

A aplicabilidade do modelo geométrico paramétrico pode ser vista sob dois aspectos interrelacionados: como matriz generativa para o desenvolvimento de projetos mais adequados a problemas específicos e, conseqüentemente, e como uma alternativa a padronização da produção habitacional.

**Palavras chave:** Habitação de Interesse Social, Modelagem Paramétrica, Sistema Generativos ; Gramáticas da Forma; Sintaxe Espacial

## **Abstract**

This thesis proposes a parametric geometrical model for the rule-based generation of the configurational geometry of social housing architectural designs, suitable to the Brazilian socioeconomic context.

The model was based on analysis of existing patterns identified in the morphology of architectural designs from a sample of the social housing production in Porto Alegre and Metropolitan Area. The identification of these patterns was intended to access the limits of variation and qualification of social housing designs.

The association between dimensionless representations and adjacency graphs was used for the description of spatial relations in two distinguished but related levels: for the furniture and the rooms. The shape grammars model was used to describe the geometrical rules governing the composition and configuration of the space and its components. The comparative analysis of the corpus and functional needs enabled to identify the admissible variation of the dimensional parameters. The computational implementation of the resulting geometrical model allowed the exploration of the parametric variations in the design configuration alternatives.

The results showed homogeneity of syntactic structure of the corpus, which overcomes the typological limits. Part of the differences between the elements of the sample may be attributed to the parametric variations in rooms and their mutual influence on the composition of the total area and the shape of the housing unit. The parametric variations in a design can also enable setting the location of the housing unit on a plot or in a building.

The application of the parametric geometrical model can be seen in two interrelated aspects: as a generative matrix for the development of projects best suited to specific problems, and consequently, as an alternative to the standardization of housing production.

**Key words:** Social Housing; Parametric Modeling; Generative System; Shape Grammars; Space Syntax

## **Gramática da habitação mínima:**

### **Análise do projeto arquitetônico da habitação de interesse social em Porto Alegre e Região Metropolitana**

#### **INTRODUÇÃO**

Os temas da habitação mínima, habitação racional, habitação de interesse social, habitação de baixo custo têm sido foco de interesse desde que a demanda por habitação nas grandes cidades<sup>1</sup> passou a constituir um problema social e urbano. O problema se delinea quando a habitação<sup>2</sup>, um bem indispensável para qualquer indivíduo, se caracteriza como inacessível para uma parcela considerável da população devido ao alto custo de aquisição, além de requerer custo permanente de manutenção<sup>3</sup>.

A habitação de interesse social tem sido objeto de estudos recentes no Brasil (BONDUKI, 1996; 1998; 2006; ABIKO e ORSTEIN, 2002; GONÇALVES et al., 2003; DENALDI, 2003; BRANDÃO, 2011; MIRON, 2008; SAMORA, 2009; REIS e LAY, 2006; KOWALTOWSKI, 2009; BOUERI, 2008) e no exterior (CABRITA, 1995; CHOWDHURY 1985; HIRST, 1997; HILLS, 2007; COELHO, 2000; DUARTE, 2007; PEDRO, 2003). Estes estudos, voltados principalmente à descrição, análise e avaliação de empreendimentos, programas e políticas de habitação, têm como foco os aspectos qualitativos do edifício e seu entorno sob pontos de vista do morador e dos empreendedores públicos e privados.

---

<sup>1</sup> Atualmente não restrito as grandes cidades.

<sup>2</sup> Em termos urbanos o projeto da habitação de interesse social compreende dois aspectos de um mesmo produto: a casa e o contexto em que se insere. Enquanto abrigo, a casa constitui uma estrutura física adequada à geografia, ao clima e que atenda determinados padrões construtivos, programáticos, de espaço, higiene e conforto segundo as necessidades de um usuário ou agrupamento de usuários. Enquanto habitação, a casa se insere em contexto amplo onde devem ser consideradas as características do ambiente, a infra-estrutura, equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento da vida em seus aspectos sociais, econômicos e culturais.

<sup>3</sup> A manutenção refere-se não somente a recuperação da estrutura física, mas aos encargos para o funcionamento na forma de impostos, taxas de luz, água, lixo, etc.

Em todos os casos, o denominador comum se refere à preservação da qualidade frente ao controle dos custos, através da otimização relativa dos resultados de desempenho físico, social e ambiental. Em outras palavras, trata-se de obter o melhor desempenho<sup>4</sup> possível para o menor custo. Para a habitação de interesse social, o melhor desempenho está diretamente relacionado à relação entre a qualidade do projeto e da construção e seu custo, esta pressionada pela dimensão do problema habitacional em se tratando da realidade brasileira<sup>5</sup>.

Considerando a questão que se estabelece na relação custo e qualidade arquitetônica, no Brasil, na provisão pública de habitação, é comum a adoção de padrões dimensionais mínimos para lotes e habitações em empreendimentos novos ou em áreas em processo de urbanização e regularização fundiária. Frequentemente, a inadequação entre o mínimo adotado e a necessidade de espaço das famílias atendidas, associada à condição econômica deficitária, resulta em ampliações muitas vezes precárias que tendem a descaracterizar ou tornar insalubre a construção final (MAYER e SILVEIRA NETO, 2006). As consequências são inevitáveis: a reprodução do padrão de construção e ocupação chamado espontâneo ou informal, com lotes densamente ocupados; e a descaracterização da arquitetura original dos conjuntos. Resultados de pesquisa de avaliação de empreendimentos de habitação de interesse social de REIS e LAY, (2002) apresentam a frequência das alterações e ampliações das construções tendo como consequência a diminuição das áreas de espaços abertos privados e semiprivados. Concluem que é possível projetar unidades habitacionais cujos tipos e quantidades de espaços sejam considerados e dimensionados de forma a responder satisfatoriamente aos seus moradores. As alterações sugerem, por um lado, um desajuste entre o produto projetado e o seu aproveitamento pelo destinatário; por outro lado, apontam para as consequências da padronização do projeto em seus parâmetros mínimos.

---

<sup>4</sup> “A palavra “desempenho” é definida como o comportamento em uso do produto, caracterizando-se o fato de que este deve apresentar certas propriedades para cumprir a função proposta quando sujeito a determinadas influências ou ações durante a sua vida útil. Essas ações que atuam sobre o edifício são chamadas condições de exposição. Assim, avaliar o desempenho de um produto implica definir qualitativa e/ou quantitativamente quais as condições que devem ser satisfeitas por ele quando submetido às condições normais de uso e quais os métodos para avaliar se as condições estabelecidas foram atendidas.” (GONÇALVES et al. 2003)

<sup>5</sup> Considerando a necessidade de redução do enorme déficit habitacional quantitativo e qualitativo (FUNDAÇÃO JOÃO PINHIRO, 2005) estimado em cerca de 6 milhões de moradias em 2007 (MCIDADES, 2007).

O projeto arquitetônico da habitação de interesse social pressupõe soluções adequadas para famílias com baixos rendimentos, instabilidade econômica e que aspiram à segurança associada à casa própria: casas duráveis, com baixo custo de manutenção e flexíveis o suficiente para adaptarem-se a mudanças econômicas<sup>6</sup> e a uma constante mudança nas estruturas familiares<sup>7</sup> (LEONE et al., 2010) com um mínimo de recursos. A flexibilidade também interessa à solução do problema, em grande escala como meio de atender a diferentes tipos de composição familiar.

A avaliação da qualidade do projeto da habitação pressupõe a definição da qualidade compatível com o contexto para o qual se destina, o que significa, por um lado, descrever uma coleção de atributos construtivos, estéticos e programáticos; e, por outro lado, relacionar indicadores de qualidade específicos que permitam aferir o desempenho do edifício ou ambiente construído para cada atributo.

Os atributos são descritos na forma de parâmetros qualitativos e quantitativos. Os parâmetros qualitativos correspondem a definições quanto à forma em que se materializa a solução para o problema de projeto como, por exemplo, a qualidade dos materiais, o tipo de estrutura, as funções e as relações que se estabelecem entre estes e outros elementos. Os parâmetros quantitativos referem-se aos atributos mensuráveis do projeto como os valores de resistência dos materiais, estrutura e dimensões de compartimentos.

A definição da qualidade em arquitetura e urbanismo tem como utilidade servir de suporte à informação do projeto, através do estabelecimento de uma padronização de níveis de qualidade e desempenho do edifício e do ambiente construído em sua escala arquitetônica e urbana e, por conseguinte, no âmbito da habitação de

---

<sup>6</sup> Apesar do contexto econômico desfavorável pelo qual passou a economia brasileira nas últimas décadas, (entre 1981 e 2006) estudos apontam sensível crescimento da renda per capita e redução dos indicadores de pobreza das famílias (HOFFMANN e KAGEYAMA, 2006; LEONE et al. 2010)

<sup>7</sup> LEONE et al. (2010) observaram significativas mudanças dos arranjos familiares, associadas a transformações de natureza demográfica: a diminuição da fecundidade e o envelhecimento da população; e transformações sociais e culturais: menor número de matrimônios, aumento das separações; adiamento das uniões; o novo papel da mulher na família e no trabalho e as implicações decorrentes nas relações de gênero. A pesquisa demonstrou que embora o modelo de família tradicional – constituído pelo casal com filhos – continue predominante, reduziu sua importância numérica ao aumentar a participação dos arranjos familiares constituídos pela mãe com filhos e pessoas vivendo sozinhas. Segundo os autores “ a consideração das famílias e seus diferentes arranjos, bem como seu tamanho, são fundamentais num estudo da situação socioeconômica da população.”

interesse social, a promoção do bem-estar social, e melhoria dos investimentos públicos.

Um dos modos de padronização de níveis mínimos de qualidade tem sido a normatização de parâmetros dimensionais mínimos, como por exemplo a NBR 15575, buscando garantir uma capacidade mínima de funcionamento dos compartimentos. Incompatibilidade de funções, segurança sanitária e habitabilidade, tais como evitar a relação direta através de aberturas entre compartimentos (como banheiro e cozinha); e as condições consideradas satisfatórias de iluminação e ventilação, são atributos qualitativos definidos através de normas e códigos municipais.

Quanto aos parâmetros dimensionais, a Portaria 325/2011 do Programa Minha Casa Minha Vida, PMCMV, não estabelece áreas mínimas, delegando a tarefa aos projetistas:

*Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes.*

No entanto, são definidas dimensões lineares mínimas de mobiliário, relação entre móveis e larguras mínimas de compartimentos como sala e cozinha, por exemplo.

A formatação dos ambientes da habitação segundo dimensões mínimas ou a configuração da habitação de modo econômico, constitui um problema de natureza combinatória inerente ao processo de projeto da HIS. Um modelo de HIS poderia descrever as condições de combinação dos arranjos para acessar ao universo de possibilidades de configuração dos compartimentos da HIS e seus componentes. Considerando que este universo de possibilidades resulta da conjugação dos condicionantes, este serve tanto para informar sobre os limites de projeto como para proporcionar a emergência de soluções satisfatórias não imaginadas. As informações sobre a configuração interessam ao projetista para orientar a associação em um mesmo arranjo das melhores condições de flexibilidade e economia de área construída. Essa associação serviria para compatibilizar as necessidades do empreendedor e do usuário. Informações sobre configuração

podem ser implementadas em uma plataforma BIM, *Building information modelling*. As plataformas BIM constituem um modelo de organização de informação que permite relacionar, de forma consistente e coordenada, a representação do edifício a um banco de dados contendo as informações sobre atributos qualitativos e quantitativos do edifício. Em uma Plataforma BIM as informações sobre configuração podem servir para relacionar forma, dimensão e custo e orientar o projetista sobre as implicações econômicas das suas escolhas durante o processo de projeto.

Enquanto os estudos dirigidos à descrição e análise da qualidade dos edifícios contribuem para o conhecimento e a caracterização da realidade, os estudos que constituem métodos e modelos de avaliação visam à avaliação do comportamento e adequação do edifício a determinados requisitos estéticos, construtivos e programáticos. No entanto, embora compartilhem objetivos semelhantes é necessário fazer a distinção entre o método e o modelo descritivo.

O método constitui uma relação de procedimentos e atividades previamente estabelecidas que se faz cumprir para atingir um objetivo. Métodos de avaliação reúnem em um processo organizado, lógico e sistemático as atividades de observação, coleta, análise, interpretação e avaliação de dados.

*“Um modelo é uma representação de uma realidade, que se faz através da expressão de certas características relevantes da realidade observada, e onde a realidade consiste dos objetos ou sistemas que existem, existiram ou existirão”* (ECHENIQUE, 1968). O modelo como uma construção intelectual, não se confunde com a realidade, mas constitui um recorte da realidade em seus aspectos relevantes de acordo com as intenções da modelagem. As questões que o modelo é concebido para responder determinam a seleção dos aspectos relevantes. O propósito principal de um modelo é proporcionar um quadro simplificado e inteligível da realidade para poder compreendê-la melhor. (ECHENIQUE, op. cit.)<sup>8</sup>

O modelo simula uma realidade em seus dados objetivos e elabora indicadores de valor para, a partir desse constructo, proceder à análise e avaliação. Com o propósito de avaliação através de um modelo é possível simular, por exemplo, o efeito de diferentes decisões dentro de um dado sistema.

---

<sup>8</sup> ECHENIQUE,(1968) In MARCH; MARTIN; ECHENIQUE(1975) fornece uma detalhada descrição das características e tipos de modelos.

O método constitui um modo para obter resultados, e, uma vez aplicado, constitui um acervo de informações. O modelo, uma vez concebido, constitui uma ferramenta sensível de simulação da realidade que admite interatividade e personalização dos dados para obtenção de resultados específicos.

Os métodos de avaliação existentes têm se caracterizado pela limitação do universo de abrangência, considerado para informar o processo de decisão em projeto, ou utilizam técnicas muito simplificadas de avaliação (NATIVIDADE et al., 2007), tendo em conta a complexidade do problema. Os vários estudos, os métodos e as ferramentas existentes referem-se a aspectos isolados de um problema complexo, e, por diversas razões, na maioria das vezes, não ultrapassam os limites do meio acadêmico<sup>9</sup>. Ou seja, métodos existentes de avaliação não são nem amplamente divulgados nem usados por *experts* e consumidores em geral. (NATIVIDADE et al., op. cit.).

Segundo KOWALTOWSKI et al., (2006), “poucos conceitos qualitativos associados à humanização da arquitetura, como descrito na literatura dos últimos quarenta anos, foram incorporados na maioria dos conjuntos habitacionais brasileiros”.<sup>10</sup> A qualidade do edifício deveria ser pensada de forma integrada e não como um somatório de diferentes etiquetas individualizadas cujos referenciais são distintos e cujos controles são autônomos (COSTA et al, 2006).

Se durante muitos anos a “ausência de uma avaliação sistemática dos erros e acertos da atuação do Estado e da comunidade científica na produção do ambiente construído no Brasil conduziu à repetição das soluções adotadas sem a

---

<sup>9</sup> NA MESA REDONDA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO (APO), MAIS DE 30 ANOS NO BRASIL: O MOMENTO ATUAL E OS CAMINHOS FUTUROS como parte das atividades do ENTAC 2008 10 de outubro de 2008 Foram apontadas as dificuldades em se transformar os resultados (recomendações) de APOs, em **indicadores de qualidade – quantitativos e qualitativos** - e **em benchmarkings** para a construção civil mesmo considerando se tratarem estas pesquisas aplicadas. (...)o Governo, nos seus diversos níveis e muitas vezes como promotor de pesquisas em APO, pouco se apropria destes resultados para embasar indicadores de qualidade na construção civil (setores público e privado), indicadores estes que poderiam, por exemplo, fundamentar as concessões de financiamento bancário a novos empreendimentos habitacionais. Em <http://www.antac.org.br/grupos/qualidade-do-projeto> acessado em ago2010

<sup>10</sup> A autora relaciona as características desta “arquitetura não humanizada” como: a monumentalidade, a alta densidade de ocupação, a falta de um paisagismo e de acuidade estética no uso excessivo de objetos artificiais e preocupação desmedida com a segurança em oposição à proteção. A monotonia do espaço, das cores e dos detalhes é um elemento arquitetônico que também corrobora nesse sentido, prevalecendo ainda a falta de manutenção dos edifícios e terrenos.

consequente realimentação e melhoria da produção deste ambiente” (MEDVEDOVSKI, 2002), quando se instaura um programa de fomento e incentivo a pesquisas voltadas à melhoria dos empreendimentos de habitação social “*ainda existem lacunas na divulgação e implementação dos resultados.*” (ABIKO e ORSTEIN, 2002)

Nos últimos anos foram criados meios para divulgação da informação produzida por pesquisas na área de tecnologia do ambiente, construído através da publicação dos resultados e através de parcerias entre as instituições que promovem e financiam a habitação de interesse social, no entanto ainda permanece a dificuldade na incorporação e consolidação de novas práticas nos meios responsáveis pela produção da habitação.

No Brasil, a quase totalidade da produção habitacional de interesse social tem origem em investimentos e promoção pública. A ausência de uma avaliação sistemática da qualidade do projeto nos meios institucionais, que produzem e financiam a habitação de interesse social, pode ser indicativo de que não se dispõe de meios objetivos de aferição da qualidade do projeto ou de critérios mínimos de qualidade para instrumentalizar e respaldar com argumentos técnicos o enfrentamento da pressão econômica e política a que está submetida a questão habitacional. De acordo com SIMON (1994),

*“(...) os valores que os serviços públicos procuram realizar são raramente expressos em termos concretos. Objetivos como aqueles do departamento de esportes – melhorar a saúde, prover recreação, desenvolver bons cidadãos – devem ser indicados em termos concretos e objetivos antes que resultados possam ser observados e medidos. Aqui está colocado um sério dilema. Estes valores para os quais estes serviços devem ser dirigidos não fornecem critérios suficientemente concretos para serem aplicados a problemas de decisão específicos. Entretanto se indicadores de valor são empregados como critério relacionados aos valores, os “fins” são suscetíveis de serem sacrificados por meios mais concretos – a substância para a forma”. TRAD. DO AUTOR*

Quanto à apropriação do problema e qualificação das intervenções públicas de HIS, MEDVEDOVSKI (2002) afirma que: “(...) há que se implantar um processo de diagnóstico de problemas e de planejamento participativo capaz de chamar todos os envolvidos à discussão e à responsabilidade.”.

Estudos recentes apontam para a necessidade de uma apropriação do problema específico da qualidade do projeto da habitação de interesse social:

*(...) a fase de projeto requer uma nova abordagem e uma análise sistemática para evitar a repetição de modelos inapropriados. Métodos de avaliação habitacional deveriam ser desenvolvidos. Esses métodos deveriam enfatizar os indicadores de sustentabilidade e de qualidade de vida. A análise de projeto deve ser baseada em definições de parâmetros projetivos e na atribuição de pesos desses conceitos. (KOWALTOWSKI et al., 2006)*

Vários estudos realizados indicam que a fase de projeto é responsável por parcela importante das ocorrências de falta de qualidade, seja por inadequação dos materiais especificados, seja por ineficácia das soluções propostas. (COSTA,1995)



Figura 1. Quando o objeto da pesquisa é o projeto sob os diferentes pontos de vista.

Segundo ABIKO e ORSTEIN (2002), “é necessário avaliar com profundidade os empreendimentos implantados tanto nos aspectos referentes às unidades habitacionais quanto nos aspectos de sua implantação e urbanísticos”. De fato muito da produção científica voltada para a Habitação de Interesse Social está voltada a análise do produto – a unidade habitacional – e seus componentes a partir da avaliação do desempenho de empreendimentos existentes. As avaliações resultantes têm se concentrado nos aspectos físicos e funcionais da habitação e entorno a partir do inquérito do usuário para aferição dos níveis de satisfação,

retenção e, eventualmente, a relação desses resultados com a participação do usuário no planejamento<sup>11</sup>.

Poucos estudos, entretanto, se dedicam à análise, avaliação e exploração das possibilidades da Habitação de Interesse Social enquanto projeto arquitetônico. (Fig. 1) Ainda mais escassos são os estudos voltados à construção de modelos geométricos para exploração da morfologia da habitação social.

As possibilidades combinatórias associadas ao *layout* de pequenas plantas têm sido abordadas pelas pesquisas em morfologia da arquitetura (MARCH,1976; STEADMAN,1983) desenvolvidas nos últimos quarenta anos, em torno das possibilidades generativas do projeto auxiliado por computador. Um dos focos principais tem sido a implementação computacional para a geração exaustiva de arranjos possíveis de compartimentos segundo um conjunto de restrições e intenções descritas na forma de regras. São exemplares da abordagem generativa as implementações computacionais desenvolvidas por MITCHELL et al. (1976) e FLEMMING (1989).

Descrições baseadas na análise de princípios generativos de conjuntos de edifícios têm sido utilizadas, desde a década de 70, em paralelo à introdução do computador no processo de desenho. As abordagens descritivas utilizam mecanismos generativos a partir de diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo:

- (a) Algoritmos Genéticos, baseados nos mecanismos biológicos de evolução e adaptação (MITCHELL, 1996) dos organismos naturais;
- (b) Gramática de Formas (STINY, GIPS, 1975), baseada no mecanismo de produção de frases da Linguística.

Algoritmos Genéticos consideram um conjunto de restrições para a seleção baseada na adaptabilidade de uma solução para determinado problema de desenho. As soluções mais adaptadas são aquelas que atenderiam ao conjunto de restrições, portanto devem “sobreviver” ao processo de seleção (BENTLEY, 1999).

---

<sup>11</sup> Segundo Abiko e Orstein (2002), no âmbito do Programa Habitare no período de junho de 1995 a dezembro de 2001 foram desenvolvidos 11 projetos da Inserção Urbana e APO (Avaliação Pós-Ocupação) da Habitação de Interesse Social a partir da coordenação de instituições de seis estados brasileiros.



APO como grupo de trabalho “Qualidade do Projeto”, o qual tem como objeto o projeto, a gestão de empresas de projeto e a avaliação do desempenho do ambiente construído (KOWALTOWSKI, 2008).

A análise da literatura existente em pesquisa sobre qualidade da HIS permite constatar a ênfase no levantamento e na caracterização de problemas do projeto e o caráter propositivo manifesto em listas de recomendações destinadas a apoiar o processo de projeto. No entanto, deixam em aberto o potencial exploratório que pode advir da análise da relação entre a geometria e os requisitos funcionais e as suas consequências na qualidade espacial da HIS.

Essa pesquisa<sup>13</sup> se enquadra na área de qualidade do projeto. Objetiva a construção de um modelo geométrico paramétrico para a simulação, baseado em regras de geração da geometria dos projetos de habitação de interesse social, aplicável à realidade brasileira. Sugere a construção de um modelo paramétrico de formas possíveis da HIS onde limites de variação e qualificação do projeto arquitetônico poderão ser testados. Os limites são determinados a partir de dados obtidos no exame do programa e de projetos de HIS existentes. A derivação das alternativas de configuração permitirá explorar esses limites. A aplicabilidade desse modelo pode ser vista sob dois aspectos: o conhecimento sobre a morfologia da HIS e o acesso a variedade de soluções permite a escolha de soluções mais adequadas a problemas específicos, e a diminuição da padronização excessiva da produção habitacional.

A pesquisa explora o potencial das gramáticas na descrição da sintaxe do mobiliário e dos compartimentos da HIS, associados na configuração e desempenho funcional e econômico do espaço doméstico. O modelo de Gramáticas da Forma servirá para a codificação da relação entre o arranjo do mobiliário e o *layout* da unidade habitacional em suas partes ou funções. Assim será especialmente útil para determinar parâmetros de avaliação de alternativas de projetos de HIS, onde sabidamente existem muitas restrições de custo. Não se trata de fixar as soluções,

---

<sup>13</sup> O foco da pesquisa se restringe as iniciativas públicas de promoção da habitação de interesse social nomeadamente àquelas direcionadas a população de zero a três salários mínimos que atualmente constitui o maior contingente do déficit habitacional brasileiro (DENALDI, 2003). Muitas pesquisas existentes têm seu foco na produção de HIS pelo mercado, que difere das iniciativas públicas de promoção da HIS pela agregação do fator lucro no custo total dos empreendimentos e nos objetivos do empreendedor.

mas sim de estudar, dentro de parâmetros mínimos, um modelo que incorpore os limites e possibilidades de desenvolvimento do projeto e a relação causa e efeito nas escolhas de configuração de espaços associada a esses limites.

A gramática permite descrever parâmetros de configuração dos objetos em diferentes níveis inter-relacionados da habitação, o mobiliário, os compartimentos e o conjunto ou tipologia, e a sua situação no entorno. A descrição na forma de gramática serve à construção de um sistema associativo de projeto, onde todos os componentes são relacionados através de intervalos de parâmetros dimensionais e relações topológicas. Essa associação é especialmente relevante no caso da habitação mínima, como em qualquer produto onde é necessário explorar condições limite de projeto. A abordagem descritiva utilizada desloca o foco da análise do objeto e sua aparência para o processo generativo capaz de gerar determinadas formas, nesse caso as configurações das HIS.

Essa pesquisa é dirigida à modelagem e organização dos espaços privativos da unidade habitacional, com foco nas possíveis configurações, atendendo requisitos mínimos de qualidade espacial e funcional. Não serão abordados diretamente aspectos construtivos que já foram estudados e regulamentados em diversas pesquisas e normas brasileiras.

Um sistema generativo da HIS baseado em um modelo sensível o suficiente para servir a diferentes condicionantes de produção pode se converter em uma ferramenta computacional de apoio a decisão no que se refere às alternativas de configuração durante o processo de projeto.

Os softwares de modelagem paramétrica têm sido direcionados principalmente para a geração de formas complexas e formas livres. Essa tendência está relacionada à capacidade de gerar variedade e complexidade por meio de estruturas geométricas simples a partir da manipulação controlada de parâmetros dimensionais. A utilização dos softwares paramétricos para a implementação do modelo permitiria explorar a funcionalidade desse tipo de programa para a otimização de soluções de formas que, ainda que pouco complexas, admitem grande variabilidade.

O objeto de pesquisa será restrito ao projeto, onde a literatura existente é relativamente escassa, considerando que no projeto muitos aspectos da qualidade

do produto habitação e da satisfação do usuário final são determinados. A maior parte da literatura nacional existente em definição e avaliação da qualidade da habitação de interesse social está voltada para o produto, através de pesquisas de avaliação pós-ocupação, para a gestão de processo construtivo, e materiais de construção.

A tese está dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo revisa os modos de descrição e a análise presentes na literatura sobre a habitação de interesse social. O segundo capítulo revisa o conhecimento existente sobre os modelos da forma arquitetônica para relacioná-los com a abordagem desta pesquisa. O terceiro capítulo apresenta a metodologia adotada e o *corpus* de análise. No capítulo quatro, são resumidos os resultados da análise. No capítulo cinco, apresentam-se as conclusões e as possibilidades de aprofundamento da investigação sobre os sistemas generativos de projeto, modelagem e simulação da HIS e a aplicabilidade na avaliação e qualificação do projeto de HIS.

# 1. Revisão da Literatura

## Capítulo I

### 1.1. Modos de descrição, análise e avaliação da habitação de interesse social e seu processo de produção.

Um exame dos estudos existentes voltados direta ou indiretamente à qualidade da Habitação de Interesse Social no Brasil permite identificar a concentração considerável dos estudos na área de **tecnologia do ambiente construído** (Fig. 3) com linhas de pesquisa nos seguintes temas:



Figura 3. Concentração de pesquisas na área de tecnologia do ambiente construído

#### 1.1.1. Aspectos técnico-construtivos da edificação:

- a) Desempenho de materiais: avaliação de desempenho; normalização e controle de materiais de construção;
- b) Sistemas prediais hidráulicos e sanitários, gás combustível, eletricidade, combate a incêndios e automação predial;
- c) Sistemas construtivos; industrialização da construção; coordenação modular;
- d) Durabilidade das construções.

Melhoria na qualidade da argamassa de revestimentos, sistemas construtivos industrializados em madeira de reflorestamento, normalização de painéis cerâmicos,

lajes pré-fabricadas, desenvolvimento de técnicas de avaliação de materiais e componentes da construção, processos construtivos industrializados.

Pesquisas voltadas à revisão e difusão no conhecimento em coordenação modular. (GREVEN e BALDAULF, 2007; BALDAUF, 2004)

O campo da qualidade construtiva engloba pesquisas voltadas ao desenvolvimento de produtos e processos voltados para a redução de custos e melhoria da qualidade da construção. Os projetos de pesquisa enfatizam (a) o desenvolvimento tecnológico de componentes com visão de subsistemas (montagem); (b) a integração da cadeia produtiva para o incremento da produtividade; e, (c) a melhoria das condições de higiene e segurança no trabalho.

O processo de melhoria da qualidade na cadeia produtiva envolve a revisão e a produção de normas técnicas, a redução do desperdício em canteiros de obras, a utilização de sistemas industrializados e a formação de um sistema nacional de certificação. (ABIKO e ORSTEIN, 2002)

### **1.1.2. Comportamento e desempenho da edificação:**

- a) Desempenho físico do edifício: conforto ambiental e eficiência energética<sup>14</sup>;
- b) Qualidade do projeto: pesquisa na área de projeto, gestão de empresas de projeto e de avaliação do desempenho do ambiente construído (KOWALTOWSKI, 2008);
- c) Avaliação Pós-ocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social (ABIKO e ORSTEIN, 2002; REIS e LAY, 2002; MEDVEDOVSKI, 2002).

---

<sup>14</sup> Esta área de concentração possui vários grupos de pesquisa envolve conforto térmico, conforto acústico, conforto luminoso, ergonomia, bem como às suas relações com a eficiência energética em edificações. Laboratórios e grupos de pesquisa em conforto ambiental e eficiência energética:  
GAAMA - Grupo de Acústica Arquitetônica e do Meio Ambiente (UFSC)  
GECA - Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (UFAL)  
GRILU - Grupo de Pesquisa em Iluminação (UFAL)  
Grupo de Pesquisa ACUSTICA/CNPq (UFSM)  
LABCON - Laboratório de Conforto Ambiental (UFSC)  
LabCon - Laboratório de Conforto Ambiental (UFRGS)  
LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC)  
Lacam - Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (UnB)  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (UFRN)  
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil (UFSCar)  
Qualidade Ambiental e Iluminação Natural no Espaço Construído (UnB)

Na área de desempenho energético dos edifícios nos últimos anos ocorreu um avanço no que se refere à normalização do conforto ambiental<sup>15</sup>. Foram produzidas normas técnicas nas áreas de desempenho térmico, iluminação natural e acústica. No âmbito geral do desempenho dos edifícios, foram produzidas normas técnicas (GONÇALVES et al., 2003) como a NBR 15.575 de desempenho de edifícios até cinco pavimentos<sup>16</sup>.

A pesquisa na área da qualidade desenvolvida por SOARES et al. (2003) foi direcionada ao desenvolvimento de alternativas tipológicas para habitação de interesse social utilizando blocos cerâmicos. Inicialmente, foi realizada uma caracterização de vinte e quatro conjuntos habitacionais construídos em doze diferentes cidades do Rio Grande do Sul, incluindo um levantamento das tipologias habitacionais utilizadas, características dos lotes e desempenho das unidades habitacionais. A partir desse levantamento, quatro tipologias habitacionais foram desenvolvidas levando em conta as características climáticas, econômicas e culturais da região. Foram produzidos manuais com o objetivo de padronizar e orientar a construção das habitações propostas.

No campo da qualidade do projeto foram desenvolvidos parâmetros de urbanização de favelas. (SAMORA, 2009;)

A flexibilidade da habitação, mudanças na composição familiar e novos hábitos no habitar são temáticas desenvolvidas por TRAMONTANO (1998) no âmbito do projeto.

### **1.1.3. Gestão da qualidade e produtividade:**

- a) Gestão de processos, planejamento e Economia da Construção. (MASCARÓ, 1998; FORMOSO et al., 1999; MIRON, 2008);
- b) Normalização e certificação de processos da construção civil;
- c) Procedimentos de gestão: urbanização de favelas; cooperativas; mutirão;

---

<sup>15</sup> NBR15.220 (2005)- Desempenho térmico de edificações: estabelece o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (8 zonas) e estabelece diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais RTQ-R (2011) regula e avalia o desempenho energético. Serve para a classificação e atribuição da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia –ENCE – segundo níveis de eficiência 'A' a 'E', onde 'A' é o edifício mais eficiente e que cumpre com os requisitos estabelecidos no regulamento.

<sup>16</sup> A coordenação deste projeto ficou a cargo do Comitê Brasileiro da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

d) Avaliação de políticas públicas (CARDOSO, 2007; DENALDI, 2006; MARICATO, 2001; BONDUKI, 1996).

Parte das pesquisas na área de gestão da qualidade e produtividade está voltada para o setor da construção civil e tem sido desenvolvida em parceria com empresas. Gestão e redução das perdas e do consumo de materiais e gestão da qualidade durante o processo de projeto e produção constituem a ênfase desses estudos. Com base nessas pesquisas foi desenvolvido um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a construção civil. O projeto prevê uma proposta de intervenção do sistema de planejamento de produção de empresas de construção civil.

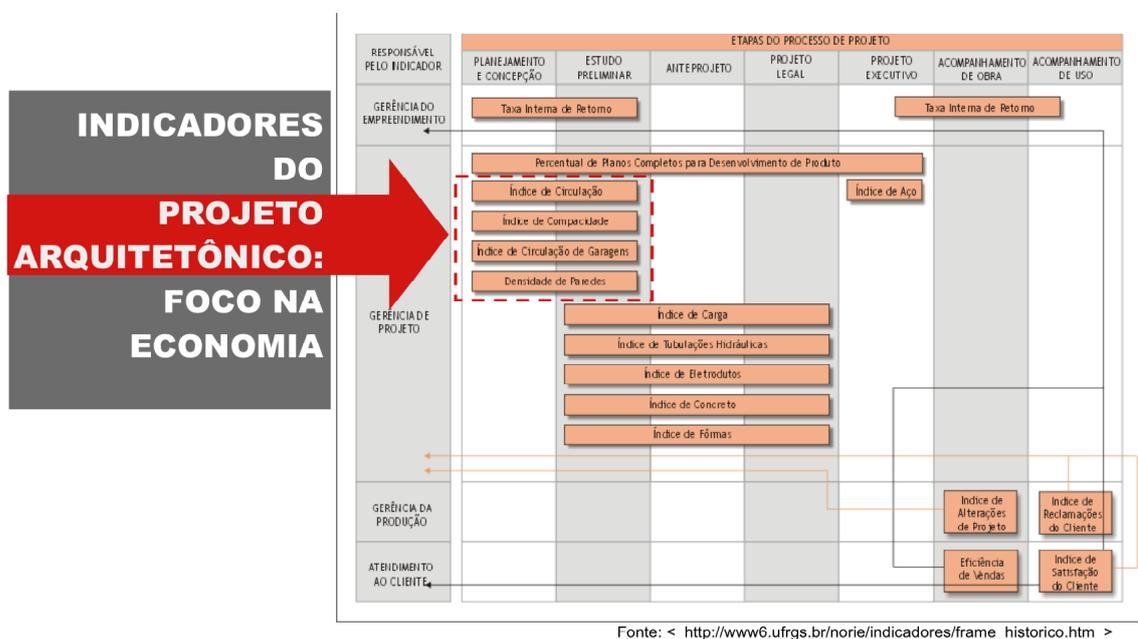


Figura 4. Gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social: modelo integrado de desenvolvimento de produto e gestão da produção para a redução de perdas / GEHIS (FORMOSO, 2003)

A pesquisa coordenada por FORMOSO (2003) “Gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social: modelo integrado de desenvolvimento de produto e gestão da produção para a redução de perdas/GEHIS” constitui referência na área de gestão de processos da construção civil. (Fig. 4)

*“O projeto GEHIS consiste no desenvolvimento de um modelo para a gestão integrada das funções de desenvolvimento de produto e de gestão da produção, que possa reduzir perdas dos vários recursos envolvidos na construção de empreendimentos habitacionais de interesse social, tais como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital. Este modelo também aborda métodos para o desenvolvimento de competências nas organizações para a sua implementação.”*  
(FORMOSO, 2003)

Um dos resultados da pesquisa foi o diagnóstico da oferta do mercado de habitação de interesse social do Rio Grande do Sul realizado, tendo como foco específico a Região Metropolitana de Porto Alegre. Para tanto foram identificados os principais obstáculos à expansão do mercado de habitação de interesse social no Estado, bem como foram analisados os comportamentos das organizações atuantes nesse mercado:

*“Levantou-se a percepção de diversos agentes do mercado de habitação de interesse social, em especial dos agentes de fomento, associação de classe e construtoras e projetistas atuantes na habitação de interesse social. Percebeu-se nos relatos o destaque dos problemas relativos à morosidade de processos burocráticos, excessiva variabilidade nas regras dos programas de financiamento, a falta de continuidade nos próprios programas, a dificuldade de gestão de expectativas dos clientes, a necessidade de trabalhar com margens de lucro mínimas, multiplicidade de agentes intervenientes, dentre outros.”*  
(FORMOSO, 2003)

Os empreendimentos habitacionais de interesse social de natureza optativa, ou seja, escolhidos pelo usuário, no mercado de HIS atualmente financiado pela CEF, ocorrem nos moldes do mercado imobiliário, onde o usuário escolhe o imóvel mais adequado a sua renda e composição familiar compatibilizando, na medida do possível, suas limitações financeiras com suas necessidades de moradia. As opções de financiamento de imóveis que vêm sendo oferecidas pela CEF, antes em programas como o de arrendamento residencial, e atualmente no âmbito do PMCMV destinado a faixa de 3 a 6 SM, visam ao atendimento de uma população diferente daquela atendida pelos programas municipais caracterizados pela natureza não optativa das intervenções.

*“A escolha de uma habitação e do sítio onde morar é uma decisão fundamental que marca fortemente uma pessoa ou a família. No caso que consideramos – a habitação de custos controlados – a escolha não é completamente livre, uma vez que ela não é feita pelo futuro utente, mas sim, pelo promotor, obedecendo a regras de qualidade definidas para a habitação social. Apenas no caso da construção feita pelas cooperativas é que a escolha é mais livre e participada, uma vez que, dadas as características da promoção cooperativa, existe uma participação do futuro utente no processo de promoção da construção.”*  
(COELHO, 2000)

O segmento mais carente da população, prioritariamente a faixa de 0 a 3 SM, deve ter seu acesso à moradia de algum modo subsidiado pelo poder público em um ambiente que se caracteriza pelo distanciamento das regras de mercado na medida em que não visa o lucro e não é de natureza optativa.

Significa reconhecer que existem dois tipos de demandantes por habitação: os clientes sociais e os clientes de mercado. Para os primeiros, é necessária a concessão de subsídios claramente explicitados em orçamento. O segundo segmento deve ser atendido via solução de mercado. (VASCONCELOS et al., 1996)

Ainda no âmbito do GEHIS o Projeto Requali teve como objetivo o estabelecimento de critérios e diretrizes para o gerenciamento de requisitos dos clientes em empreendimentos habitacionais de interesse social, buscando a melhoria da qualidade dos mesmos. O estudo teve como foco as experiências dos programas habitacionais existentes (por exemplo, PAR e Habitar Brasil), enfatizando empreendimentos realizados em áreas urbanas em processo de requalificação. (FORMOSO, 2005)

O Programa Habitare financiou pesquisas sobre procedimentos de gestão habitacional para população de baixa renda. Os estudos envolveram temas como gestão da política habitacional, novas metodologias e tecnologias voltadas aos processos de gerenciamento da construção da moradia popular. Foram também avaliados diferentes modelos de construção coletiva – o mutirão por gestão institucional ou administração direta; o mutirão por cogestão e o mutirão por autogestão (ABIKO e CARDOSO, 2006).

As pesquisas em procedimentos de gestão para a urbanização de favelas publicadas em ABIKO e COELHO (2006) permitiram a identificação, o registro e a avaliação de experiências de recuperação de favelas em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia. Os estudos foram realizados por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Católica de Salvador (UCSAL), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O documento fornece recomendações e subsídios aos formuladores de políticas, a planejadores, a projetistas e aos executores de programas de urbanização, visando maior qualidade e eficiência em empreendimentos direcionados à urbanização de assentamentos degradados.

Integrando a área de gestão da construção, a participação do usuário e os processos construtivos inovadores podemos citar o trabalho desenvolvido na Universidade de Campinas de apoio à autoconstrução de moradias sob coordenação de KOWALTOWSKI (KOWALTOWSKI et al. 1995; KOWALTOWSKI, 2003). A pesquisa possui interface com a área de qualidade do projeto e está direcionada ao apoio técnico da autoconstrução de moradias de interesse social. O método de projeto proposto, denominado AUTOMET, distingue-se por ser um dos primeiros a utilizar a tecnologia da informação como um mecanismo de apoio à elaboração de projetos com a participação dos futuros moradores. São apresentados alguns resultados de desempenho de habitações projetadas através desse método, comparativamente a habitações construídas em programas habitacionais convencionais. O AUTOMET constitui um banco de dados de soluções de projeto e variações de combinações de elementos como janelas e número de cômodos. As variações visam atender a diferentes programas de necessidades, de acordo com as características do público-alvo<sup>17</sup> e do local da intervenção. O programa é limitado a um número limitado de projetos pré-concebidos, e não tira partido da possibilidade de parametrização dimensional. RODRIGUES (2001) revisou o programa AUTOMET para introduzir um banco de dados dinâmico e o recurso de parametrização, podendo ser adaptado de acordo com a legislação urbanística vigente. Apesar dos recursos introduzidos, as soluções obtidas

---

<sup>17</sup> Os dados do programa de necessidades forma obtidos a partir de levantamento e estudo comparativo entre empreendimentos públicos de habitação social e habitação produzida pelos moradores através da chamada auto-contrução.

permanecem limitadas àquelas armazenadas em um banco de dados de projetos pré-concebidos. As variações admitidas referem-se à adaptação do projeto ao sítio. Outro segmento está voltado ao estudo, à análise e ao desenvolvimento de processos de autogestão no âmbito de mutirão e cooperativas, e de gestão complexa como a urbanização de favelas. Correlata a essa temática é a avaliação de políticas públicas, de gestão institucional de programas e da participação popular em processos de planejamento. (SAMORA, 2009; DENALDI, 2006; MARICATO, 2001; BONDUKI, 1996; WERNA et al. 2004)

Outro tema relacionado as políticas públicas voltadas a habitação social é o mercado informal de solo urbano. ABRAMO (2005) estudou as características do mercado informal do solo urbano com abrangência sobre a economia do uso do solo e a mobilidade residencial dos pobres.

#### **1.1.4. Desenvolvimento sustentável:**

- a) Ambiente e sustentabilidade;
- b) Reciclagem e Reutilização de Resíduos na Construção Civil;
- c) Materiais alternativos.

FREITAS et al.(2002), visando instrumentalizar uma abordagem ambiental integrada em empreendimentos habitacionais considerados de interesse social, abordam a diversidade de interações entre estes e o meio ambiente, enfatizando ações e medidas que podem ser adotadas no sentido de prevenir e mitigar os impactos ambientais decorrentes. Apresentam sugestões para a utilização articulada dos princípios e práticas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Auditoria Ambiental (AA).

No desenvolvimento de tecnologias e materiais alternativos constituem exemplo o uso de resíduos industriais, como blocos e argamassas, com o aproveitamento de cinzas de usinas termelétricas e fibras vegetais para sistemas de coberturas de baixo custo (SAVASTANO, 2003). Nessa perspectiva enquadram-se, por exemplo, estudos na avaliação de contaminantes para o reaproveitamento sustentável da construção civil, a utilização de agregados de resíduos de construção civil (JOHN,

2006), e a normalização do uso de agregados de resíduos da construção civil (ÂNGULO e JOHN, 2002). Além de estudos para a diversificação do uso de materiais existentes, como o desenvolvimento de um gesso de alta resistência, com valores próximos aos do concreto (SOUZA et al.2008).

A sustentabilidade da habitação pressupõe a sua “durabilidade construtiva, estética e funcional”, considerando um contexto amplo da economia dos recursos naturais, materiais e humanos necessários a produção e manutenção da habitação, bem como as consequências do descarte de resíduos da construção ou demolição para o meio ambiente. Outra questão refere-se a sua eficiência ecológica em termos de aproveitamento de recursos naturais e locais e eficiência energética. O planejamento e gerenciamento desses aspectos são dependentes da sua descrição no projeto em termos de especificação de materiais, métodos construtivos, flexibilidade funcional, orientação solar, ventilação, iluminação e aproveitamento de energia e recursos naturais. No caso específico da HIS deve-se ter em conta não somente a relação durabilidade *versus* custo dos materiais, mas em curto e longo prazo, a capacidade de gerenciamento e manutenção da habitação pela população atendida.

*“Atualmente, existem algumas experiências pontuais de construção de habitação segundas princípios de sustentabilidade que privilegiam o vector da eficiência ecológica, embora recorrendo a orientações variadas: umas privilegiam as novas tecnologias e materiais para alcançar elevados desempenhos bioclimáticos, outras propõem o retorno à arquitectura vernacular e à construção tradicional, ligada aos recursos locais e à natureza. No entanto, são ainda reduzidas as intervenções que promovem uma nova cultura do habitar sustentável, abordando de forma integrada as questões da durabilidade da construção e soluções arquitectónicas, dos modos de vida e da eficiência ecológica.” (CABRITA et al.2000)*

As pesquisas em sustentabilidade que remetem especificamente ao projeto de arquitetura estão voltadas ao desenvolvimento de casas ecológicas e à chamada arquitetura bioclimática (SATTLER, 2007). A ênfase desses estudos está na gestão

ambiental (FREITAS et al., 2002), na economia de recursos naturais, no aproveitamento de energias renováveis e de materiais locais, durante todo o processo de produção, desde seus materiais até o uso, tratamento e disposição de resíduos, com baixo custo de operação e manutenção.

### 1.1.5. Teoria história e crítica

Além da tecnologia do ambiente construído, pesquisas na área de história e crítica da habitação social no Brasil fornecem informações relevantes sobre qualidade arquitetônica, tipologias, políticas públicas e história da habitação econômica no Brasil, tendo como exemplo o trabalho de BONDUKI (1998), BONDUKI et al.(2003, 2006) e SAMPAIO (2002).

A qualidade arquitetônica na acepção corrente de “grau positivo ou negativo de excelência”<sup>18</sup> é de certo modo dependente de questões subjetivas ligadas a experiência individual, no entanto é possível conceber a qualidade como um nível padrão de desempenho de atributos selecionados que atenda às necessidades de conforto, estética, funcionalidade, entre outros.

BANHAM (2003) invoca a famosa definição de arquitetura de Le Corbusier para referir o caráter poético e pleno de sentido, porém tão vago do ponto de vista de uma objetividade da qualidade arquitetônica:

*“Le Corbusier no primeiro capítulo, sobre Volume (Massa), principia com a afirmação inúmeras vezes citada:*

*L’Architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière.*<sup>19</sup>

*De modo típico, esta afirmação contém uma proposição de consenso tão comum a ponto de ser evidente por si mesma – a arquitetura é um jogo de volumes, apreciado pelos olhos –, na qual estão injetadas as expressões intangíveis “savant, correct et magnifique”, a palavra “assemblés” carregada de sentido. (...) “Correct” implica um padrão de*

---

<sup>18</sup> Houaiss(2001)

<sup>19</sup> A arquitetura é o jogo magistral, correto e magnífico, de massas reunidas sob a luz

*juízo, ou um corpo de regras. “Savant”, que esse padrão ou regras são conhecidas e compreendidas, e “Magnifique”, que elas são aplicadas, provavelmente, com talento ou imaginação. Mas deixa-se vaga a natureza precisa das regras (...). BANHAM, (2003)*

Essa característica não é exclusiva da formulação de Le Corbusier, sendo encontradas em várias outras formulações que o antecederam e o sucederam. Quando a noção de qualidade arquitetônica deixa de submeter-se a exclusiva formatação dos estilos, no ser ou não ser clássico, esta assume um caráter ainda mais subjetivo, envolvendo questões estéticas e teóricas de difícil mensuração, questões que têm sido amplamente exploradas na teoria e crítica arquitetônica.

No final da década de 60 o conceito de habitar mínimo foi discutido pelo grupo Archigram desenvolve o conceito de arquitetura em movimento, e necessidades individuais resultantes do desenvolvimento tecnológico. O homem e seu *container* explora o menor suporte possível para a habitação, individual, autônomo e móvel. O conceito sugeria que cada pessoa ao chegar a um estado de emancipação familiar, deveria receber um grau de suporte que não obteria de um artefato coletivo (carro da família, casa, comunidade) (COOK,1970).

No que se refere especificamente à qualidade arquitetônica da habitação mínima, no campo da teoria, história e crítica identifica-se uma extensa literatura onde se pode destacar o estudos empreendidos no âmbito dos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna, CIAMs e o seu registro – atas dos congressos de 1929-1930 – por Aymonino (1971) em *L’Abitazione Razionale*.

Os Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna constituíram uma organização fundada em 1928, formada por vinte e oito arquitetos por iniciativa liderada por Le Corbusier. O objetivo do CIAM era lidar com problemas que não podiam ser resolvidos por um indivíduo (GiDEON,1970). Estes problemas podem ser referidos, por um lado, à afirmação da Arquitetura Moderna, que constituiu o foco do primeiro Congresso em La Sarraz, 1928. Por outro lado ao papel que a arquitetura moderna poderia assumir em um contexto de demanda de habitação social em grande escala. Esta preocupação se concretizou na escolha do tema do segundo CIAM, que ocorreu em Frankfurt em 1929, com o tema *Low Income Housing*, ou Habitação de Baixa Renda. O Congresso de 1930 em Bruxelas, seria

voltado para a discussão de Métodos Racionais de Planejamento, no entanto o tema predominante foram as tipologias de habitação, no que se refere a alta densificação concentrada em edifícios de grande altura e a opção pela baixa densidade com a predominância de casas térreas e em fita (GIDEON, op.cit.).

Os registros do CIAM 1929-1930, por Aymonino (1971) oferecem um amplo panorama da problemática da demanda por habitação social na Europa. Muitas das questões abordadas como a questão da habitação mínima podem ser revistas sobre a ótica das necessidades atuais dos países em desenvolvimento que apresentam um grande déficit habitacional. Na Alemanha, no período entre os anos 1920 e 1930, o movimento Nova Objetividade (do alemão *Neue Sachlichkeit*) produziu, no contexto pós-guerra, importantes conjuntos habitacionais financiados pelo Estado, como o Weissenhof construído em Stuttgart para a exposição de 1927. O conjunto compreendia vinte e um edifícios com um total de 60 habitações desenhadas por dezessete arquitetos europeus coordenados por Mies Van der Rohe.

DLUHOSCH (2002) publicou a tradução da obra sobre a habitação mínima de TEIGE(1932) “The Minimum Dwelling”, publicado originalmente em tcheco. Segundo DLUHOSCH (op.cit.) Teige vislumbrou a habitação mínima não como uma versão reduzida do apartamento burguês ou da casa de campo mas como um tipo de habitação completamente novo, construído com a cooperação de arquitetos, sociólogos, economistas, entre outras disciplinas. A habitação moderna foi descrita por TEIGE (op.cit) como adequada a novos estilos de vida e modos de coabitação entre sexos, gerações e classes.

Neste contexto de discussão da habitação mínima na Europa pós-guerra, Alexander Klein desenvolve um método de projeto e controle de custos e qualidade da habitação.

#### **1.1.6. Habitação Mínima: Alexander Klein (1906-1957)**

Alexander Klein exerceu funções de gestão e investigação na Sociedade Imperial de Investigação para a Eficiência Econômica em Construção e Habitação

(*Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau-und Wohnungswesen*, RFG), instituída em 1927 para o desenvolvimento de tecnologia para a construção de habitação econômica. Para atender a demanda por habitação em um contexto de escassez de recursos do ponto de vista qualitativo e quantitativo na Alemanha pós-guerra, o foco da instituição se dirigiu fundamentalmente à produção de habitação de baixo custo e à mudança de tipologia da habitação em tipos menores e mais funcionais<sup>20</sup>. Nessa instituição, Klein desenvolveu uma abordagem científica do problema do desempenho da habitação mínima, partindo de uma metodologia racional de projeto e procedimentos de controle.

Os estudos de Klein se inserem no contexto de desenvolvimento, durante as décadas de 1920 e 1930, da Nova Objetividade<sup>21</sup> e do Racionalismo, quando sob as novas necessidades sociais e condicionantes econômicos se originam uma série de investigações sobre o projeto e a construção. Temas como a análise da tipologia da habitação e suas agregações, a elaboração de padrões tanto edifícios como urbanísticos, as questões relacionadas à orientação solar e à ventilação, experiências no campo da coordenação modular e da pré-fabricação foram objeto de pesquisa. Nesse contexto favorável a experimentação, a concepção do *standard* como garantia de um mínimo não só quantitativo, mas também qualitativo orientou a pesquisa e a produção da habitação no período.

Alexander Klein é adepto da concepção racionalista, a qual atribui à habitação a função de refúgio frente às contradições e conflitos da cidade; lugar privilegiado para a intimidade, o repouso e a restituição da força de trabalho.

Nessa concepção, Klein desenvolveu um método objetivo de valoração dos problemas funcionais e econômicos da habitação, a partir do projeto publicado em 1928 sob o título “Elaboração de plantas e configuração de espaços de pequenas habitações, e novos métodos de valoração”.

O método é composto de três operações:

---

<sup>20</sup> O artigo 155 da constituição de 1919 da Republica de Weimar prometia habitação saudável para todos os alemães.

<sup>21</sup> Movimento artístico que se propôs a denunciar com objetividade e realismo as difíceis condições de vida os contrastes e injustiças presentes na sociedade alemã pós-guerra em 1918. (ROSSARI ,1980)

a] Análise preliminar de projetos mediante questionário: um questionário coleta dados dimensionais e dados físicos e funcionais da habitação. Os resultados são pontuados e ponderados para servirem a uma classificação correspondente a primeira valoração comparativa da eficácia da habitação. Refere-se à valoração comparativa da eficácia da habitação do ponto de vista da redução da superfície e da habitabilidade a partir de três coeficientes: relação entre superfície construída e número de camas; relação entre superfície útil e superfície construída; e relação entre as zonas de permanência prolongada e superfície construída.

b] Análise preliminar gráfica mediante a redução dos projetos de mesma escala: visa permitir a confrontação de soluções diferentes para programas semelhantes, mediante a construção de uma tabela comparativa do efeito de incremento dimensional regular na largura da fachada (dispostas em linhas) e profundidade da habitação (dispostas nas colunas). A diagonal da tabela contém os exemplares mais equilibrados. O quadro permite a valoração do projeto baseado na análise dos efeitos, por exemplo, da profundidade excessiva nas condições de iluminação e ventilação.

c] Método gráfico de análise: segundo Klein, a análise mais importante permite a avaliação da configuração da planta em termos de aproveitamento da superfície através do estudo das circulações e disposição das passagens e aberturas, a concentração de superfícies livres de mobiliário, as sombras projetadas, as relações geométricas na planta, a disposição das paredes interiores, assim como a interferência desses elementos na funcionalidade dos espaços. (Fig. 4)

A utilidade do método consiste na possibilidade de redução da superfície, mantendo o controle da qualidade em termos de aproveitamento e habitabilidade. A manutenção de níveis de qualidade pressupõe que a redução do padrão dimensional da habitação corresponde a um aumento dos benefícios e equipamentos disponíveis. A partir da avaliação, a redução dos padrões dimensionais seria justificável na medida em que a economia correspondente fosse suficiente para atender a um número consideravelmente maior de famílias carentes de habitação ou vivendo em condições impróprias de moradia.

O método de Klein foi desenvolvido não apenas para avaliação de projetos existentes, mas para funcionar como um mecanismo de controle e apoio durante a etapa de projeto.



Figura 4. Método gráfico de análise de Alexander Klein.

### 1.1.7. Qualidade do projeto

A temática da humanização do ambiente construído foi influenciado pelo trabalho de autores como RAPOPORT (1977). Surge na década de 1980, inicialmente como reação ao funcionalismo, e acaba se tornando a vertente para a discussão de questões potencializadas pelos problemas inerentes ao crescimento da população urbana e intensificação da urbanização. Questões de acessibilidade, integração do ambiente construído, cultura, participação do usuário e controle social, foram incorporadas às pesquisas voltadas a qualificação do projeto.

No âmbito teórico e analítico descritivo da qualidade do projeto, as pesquisas desenvolvidas por COELHO (2000), CABRITA (1995) e o trabalho seminal de PORTAS (1969) no contexto das Investigações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal, LNEC, são exemplos de abordagens abrangentes na área da qualidade residencial.

COELHO (2000) desenvolveu extenso trabalho sobre a qualidade habitacional a partir da seleção e análise de seis fatores e seus subfatores:

- De relação e contato entre espaços e ambientes: acessibilidade e comunicabilidade;
- De caracterização e adequação de espaços e ambientes: espaciosidade; capacidade e funcionalidade;
- De conforto espacial e ambiental: agradabilidade; durabilidade; segurança;
- De interação social e expressão individual: convivialidade; privacidade;
- De participação, identificação e regulação: adaptabilidade, apropriação;
- De aspectos de coerência espacial e ambiental: atratividade, domesticidade e integração.

A maior parte das pesquisas existentes para avaliação da qualidade da habitação é baseada na análise de empreendimentos habitacionais existentes, que resulta em um parecer sobre o objeto estudado, listas de recomendações e/ou métodos de gestão, os quais têm em comum o propósito de informar novas propostas de políticas públicas. Do ponto de vista metodológico, tem como procedimento a

observação da realidade através de métodos e técnicas de APO ou da Avaliação de Desempenho, no que se refere ao produto e/ou à produção habitacional.

#### **1.1.7.1. Avaliação Pós-Ocupação e qualidade do projeto:**

A chamada Avaliação Pós-Ocupação, APO, constitui um instrumento de controle de qualidade do processo de produção e uso do ambiente construído. É definido como um conjunto de métodos e técnicas de avaliação de desempenho aplicado no decorrer do uso de qualquer tipo de ambiente construído. Visa a aferir e estabelecer diagnósticos que levem em consideração o parecer dos especialistas e as necessidades e/ou níveis de satisfação dos usuários desses ambientes. (ABIKO e ORSTEIN, 2002)

As pesquisas em qualidade da HIS, utilizando métodos e técnicas de APO, são importantes para o conhecimento e avaliação da realidade enquanto consequência das intervenções. Servem como subsídio na previsão e produção de novas intervenções e formulação de políticas públicas.

Os métodos de APO utilizam questionários para verificar a satisfação do usuário em relação aos diversos aspectos da habitação e sua infraestrutura. O conceito de satisfação refere-se ao contentamento ou prazer advindo da realização do que se espera, do que se deseja. Portanto, a partir das respostas ao questionário seria possível comparar o nível de atendimento das expectativas com relação à habitação, infraestrutura e serviços de acordo com os objetivos da avaliação. Nesse caso, o nível de satisfação é dependente da expectativa de qualidade e do conteúdo e qualidade dessa expectativa.

Segundo dados do projeto de Gerenciamento de Requisitos e Melhoria da Qualidade na Habitação de Interesse Social (REQUALI), *“Moradores de condomínios populares nas cidades de Porto Alegre, Canoas, Cachoeirinha e Rio Grande, todos no Rio Grande do Sul, estão de forma geral satisfeitos com sua moradia. Estudos revelam um grau de satisfação geral elevado - 70% a 90%”*. (FINEP, 2008)

Porém, a avaliação desses requisitos, prioritariamente a partir do inquérito da satisfação do usuário nos empreendimentos de HIS, é representativa de uma

percepção de qualidade dadas condições específicas apresentando, por essa razão, algumas limitações:

a] No que se refere à unidade habitacional, apresenta um resultado de certo modo previsível dado que são conhecidos os parâmetros de qualidade capazes de atender aos itens básicos de conforto, principalmente em edificações de pequena complexidade como se caracterizam as unidades de HIS.

b]Tende a refletir impressões sobre qualidade ou conforto comparativamente a experiências anteriores dos usuários, principalmente no que se refere à edificação.

Segundo KOWALTOWSKI (2009), os resultados, que em geral apresentam retorno positivo dos moradores, podem ser decorrentes da condição precária da moradia anterior dessas famílias.

Essa dificuldade de avaliação se expressa na contradição entre os índices gerais da pesquisa e a ocorrência de insatisfação *“em relação à unidade habitacional quanto a aspectos dimensionais, funcionais, de configuração, qualidade dos materiais, falta de determinados equipamentos comunitários e quanto à gestão do condomínio”*. (FINEP, 2008)

Os resultados confirmam a hipótese de que *“quanto piores forem as condições habitacionais maior será a insatisfação manifestada e mais amplo o leque de exigências, mas, ao mesmo tempo, maior será o conformismo e a aceitação de pequenas melhorias por reconhecimento das limitações socioeconômicas de acesso a uma melhor qualidade.”* (MATOS 2001). Ou seja, considerando que o significado de satisfação refere-se à realização do que se espera, do que se deseja, deve ser difícil obter um posicionamento negativo, quando é inevitável a comparação entre uma situação de privação prévia e a situação presente, onde é evidente o incremento de qualidade relativa.

Em se tratando da população de 0 a 3 SM, mesmo quando analisam as intenções do usuário no que se refere a ampliações, modificação do *layout* original ou da fachada, deve-se ter em conta os condicionantes relativos a limitações econômicas, de viabilidade física ou funcional como, por exemplo, de área disponível para ampliação ou alteração do *layout* sem prejuízo de outra função, além das limitações de expectativa naturais de uma condição econômica muito restritiva.

PEREIRA et al. (2002) desenvolveram indicadores para as melhorias do setor habitacional de interesse social na região de Florianópolis baseado em um conjunto de pesquisas sobre política e a gestão habitacional, a adequação climática, a ocupação de áreas impróprias, o desenvolvimento de alternativas para novas tipologias e de um módulo hipermédia de apoio a inclusão do usuário no projeto de sua habitação. O módulo funciona como um visualizador do projeto e de desenvolvimentos futuros para interação com o usuário durante a fase de projeto.

TRAMONTANO (1998) relaciona as consequências de mudanças na composição familiar e no modo de vida nas modificações do *layout* original de HIS. Introduz o conceito de flexibilidade e adaptabilidade como resposta possível a inadequação do desenho interno às necessidades dos usuários, principalmente quanto às novas composições familiares.

BRANDÃO (2011) observou as modificações das unidades habitacionais executadas pelos moradores para avaliar os problemas resultantes desse tipo de reforma. Baseado nas observações elaborou uma série de disposições técnicas, visando o projeto de casas mais flexíveis e sensíveis às necessidades dos moradores.

O avanço na legislação de interesse social nas últimas décadas (MAYER e SILVEIRA NETO, 2006) trouxe algumas garantias capazes de influir nos índices de satisfação, tais como a permanência ou a proximidade do local de ocupação de origem. A permanência no local de origem ocorre por duas vias: a regularização e urbanização das ocupações e/ou o reordenamento e a construção de novas unidades no mesmo local. SAMORA (2009) desenvolveu parâmetros para a construção de novas unidades habitacionais em áreas específicas de regularização fundiária.

## **1.2. Referências internacionais contemporâneas em instrumentos de análise, controle e avaliação da qualidade da habitação:**

Em muitos países desenvolvidos, padrões mínimos, indicadores e métodos para avaliação de qualidade da habitação são estabelecidos na forma de normas, certificados ou recomendações técnicas (SEL, Suíça, 2008; QUALITEL, França,

2008; HQI, Inglaterra; QUARC, 2003, Portugal). Tais métodos se mantêm com frequente atualização desde que foram desenvolvidos, apresentando evidente impacto positivo na melhoria da qualidade da habitação (COSTA,1995). Essa seção descreve as principais características de métodos e ferramentas existentes e utilizados para aferição da qualidade da habitação desenvolvidos e empregados por diferentes países. Foram selecionados os métodos relevantes para este estudo pela sua aplicação consolidada e representativa do estado da arte na área de avaliação específica da qualidade do projeto arquitetônico ou aspectos correlatos significativos para o presente estudo.

### **1.2.1. Referencial da Certificação QUALITEL<sup>22</sup>, França (2008) – antigo Método QUALITEL, 1974:**

Método de certificação da habitação voltado à racionalização dos processos e avaliação dos aspectos técnico-construtivos e de desempenho físico do edifício, especialmente o desempenho energético e conforto, térmico, acústico, ventilação, qualidade de equipamentos e instalações, acessibilidade, perenidade e controle de custos. Entre os aspectos físicos não são avaliados os requisitos de segurança estrutural, abordados pelo regime normativo e legislação vigente. O método não contempla a avaliação da qualidade arquitetônica da habitação em seus aspectos estéticos, funcionais e espaciais.

O método QUALITEL se insere em um sistema de controle de projeto e execução que envolve várias organizações e serviços do setor da construção voltados ao controle e desenvolvimento de indicadores e estrutura legal no domínio da qualidade.

O método não possui caráter normativo, mas de certificação de qualidade baseado na pontuação do desempenho dos atributos selecionados.

---

<sup>22</sup> *référentiel de la Certification Qualitel*

O certificado QUALITEL é atribuído antes do início dos trabalhos como forma de valorizar e promover a qualidade e as boas práticas durante todo o processo de concepção e execução da habitação. O perfil de qualidade é definido de acordo com os objetivos da edificação durante o processo de certificação e serve tanto como instrumento de avaliação e qualificação para o empreendedor e para o projetista quanto para a informação do consumidor sobre o empreendimento mais adequado as suas necessidades programáticas. Nesse sentido, constitui uma ferramenta de promoção comercial.

O processo de avaliação é dividido em quatro etapas distintas:

- 1) Análise dos documentos técnicos do projeto;
- 2) Certificação dos processos de execução;
- 3) Verificação dos trabalhos executados;
- 4) Verificação do desempenho face às expectativas do usuário.

Caso a auditoria verifique algum item fora de conformidade com os requisitos de certificação, o construtor deverá corrigir o problema ou perderá o certificado e, por conseguinte deverá publicar anúncio informando que a construção não mais atende aos requisitos de qualidade anunciados previamente.

### **1.2.2. Inspeções de padrões de qualidade da habitação<sup>23</sup> - *Housing Quality Standard Inspections* (U.S., 1994)**

O método de inspeção é definido localmente dentro do escopo de uma diretriz geral que determina a implementação de inspeções durante a fase de execução das obras de edificações. As inspeções são realizadas com base em um manual que contém uma lista com os itens de verificação. As inspeções são regulamentadas em âmbito local e o formato das listas pode assumir diferentes apresentações, sendo na forma de questionários, regras ou procedimentos de avaliação.

---

<sup>23</sup> *Housing Quality Standards Inspections U.S. Department of housing and Urban development e HQS (2012) In- título 24, Code of Federal Regulation 982 - 24 CFR 982 acessível em [www.ecfr.gov](http://www.ecfr.gov).*

O Padrão de Qualidade da Habitação, *Housing Quality Standard*, HQS, utilizado atualmente foi adotado em 1995 e revisado em 1999. Todos os programas e empreendimentos financiados pelo Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos, *U.S. Department of Housing and Urban Development* (HUD), têm como pré-requisito atender aos padrões estabelecidos pelo HQS. O objetivo do HQS é prover os critérios de qualidade mínima para a habitação digna, segura e com condições sanitárias adequadas, a um custo econômico para famílias de baixos rendimentos. O HQS compreende treze critérios de *performance* e qualidade: instalações sanitárias; área de preparo de alimentos e dispensa de resíduos; espaço e segurança; condicionamento térmico; instalações elétricas e iluminação; estrutura e materiais; qualidade do ar no interior; abastecimento de água; pintura a base de chumbo<sup>24</sup>; acessibilidade; sitio e vizinhança; condições sanitárias; e detectores de fumaça. Pode haver variação dos critérios de aceitabilidade de acordo com legislação local.

### **1.2.3. Affordable Housing Design Advisor (US HUD, 2001)**

O *Affordable Housing Design Advisor*, Assistente para o Projeto da Habitação Econômica, é um aplicativo em CD-ROM desenvolvido pelo Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano americano para auxiliar os interessados em habitação econômica na compreensão do que constitui a qualidade do projeto, sua importância e como obtê-la. O objetivo do Departamento de Habitação é a difusão do conhecimento do projeto da habitação para muitos leigos em projeto cujas atividades são centrais para a produção da habitação economicamente acessível.

O Assistente é organizado a partir de três questões:

- O que é um bom projeto?
- Porque o projeto é importante?
- Como obter um projeto bem planejado?

---

<sup>24</sup> Edifícios construídos antes de 1978 podem conter pintura a base de chumbo. A pintura a base de chumbo pode causar danos a saúde.

Para cada questão existe um roteiro comentado e complementado por estudos de caso de estratégias e projetos exemplares.

Contém um guia passo-a-passo denominado *Vinte passos para a qualidade do projeto*, o qual esclarece didaticamente o processo de desenvolvimento do projeto de habitação econômica. O guia é a base de vinte capítulos que compõem o *Project Book*, que acompanha o CD-ROM para servir de suporte a decisão do projeto e manual de campo, como auxiliar na estrutura e registro das decisões durante o processo de projeto. Cada capítulo é dedicado a um conjunto de ações sequenciais visando à qualidade do projeto. Listas de controle, “*checklists*”, acompanham cada etapa. Uma lista geral de controle auxilia a visualização das etapas cumpridas e a sua localização no processo. A ferramenta oferece recursos de consulta e sugestões, incluindo “links” para “websites” sobre o tema.

#### **1.2.4. Minimum Property Standards (MPS,1994).**

Padrão que estabelece a qualidade mínima aceitável de novas construções para todas as jurisdições do HUD – *Department of Housing and Urban development* – Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano, de acordo com critérios técnicos.

De caráter normativo, a regulamentação não admite a aplicação de um nível maior ou menor em qualquer escritório filiado ao HUD sem aprovação da sede.

#### **1.2.5. Indicadores da Qualidade da Habitação <sup>25</sup> HQI - UK (2007, 2008)**

O sistema *Housing Quality Indicators* (HQI) é uma ferramenta de mensuração e avaliação desenvolvida para permitir a avaliação de projetos de habitação novos e existentes com base na qualidade e não simplesmente no custo.

---

<sup>25</sup>

*Housing Quality Indicators UK*

A avaliação de qualidade resultante da aplicação do sistema não estabelece correlação direta com custos ou estabelece padrões mínimos.

O HQI permite a avaliação da qualidade de aspectos fundamentais de um projeto de habitação segundo três categorias:

- Localização;
- Projeto;
- Ambiente do entorno.

Essas três categorias correspondem a dez indicadores de qualidade. Os indicadores não substituem a legislação de edificações. O sistema HQI compreende duas partes: o formulário e a planilha de pontuação. O formulário contém informações sobre o projeto e os dez indicadores. A planilha computacional transforma as respostas do formulário em um escore padronizado. A planilha fornece uma série de escores para cada item analisado e um escore para o conjunto.

#### **1.2.6. *Systeme d'évaluation du logement (SEL) - Office fédéral du logement, OFL (Suíça), 2008.***

O SEL<sup>26</sup> é um sistema de avaliação da habitação desenvolvido pela instituição federal Suíça responsável pela habitação para ser um instrumento de concepção, avaliação e comparação de projetos de habitação. O SEL compatibiliza com base em dados e medições precisas o ponto de vista da população com o parecer técnico no que se refere a aspectos práticos do uso (nomeadamente os dimensionais) e da habitabilidade da habitação, seu entorno, serviços e equipamentos.

O resultado da avaliação de um objeto é expresso pelo valor de utilização, o qual é obtido segundo a perspectiva de seus ocupantes. São considerados: o tamanho e as possibilidades de alocação de mobiliário, a oferta de equipamentos comunitários no entorno imediato e a proximidade dos serviços e transportes públicos.

---

<sup>26</sup> O método SEL existe desde 1975.

O sistema de avaliação de habitação suíço oferece uma escala de referência qualitativa em termos de aspectos construtivos, oferta de recursos (serviços, infraestrutura e equipamentos coletivos) e flexibilidade espacial, no entanto, não avalia qualidades arquitetônicas ou ambientais nem questões de mercado imobiliário. A última versão do SEL foi adaptada a novas necessidades em termos de habitação, resultando em 39 critérios de avaliação que servem de base acessível tanto para a elaboração de projetos como para avaliação e comparação de imóveis de habitação. A avaliação é feita com base na planta dos apartamentos e equipamentos coletivos (escala 1:100) e da situação do imóvel (escala 1:500 e 1:25.000)

Entre os principais objetivos governamentais em matéria de estímulo à construção de habitação é proporcionar a oferta de habitações de qualidade a custos aceitáveis. Fornece uma escala de referência para a avaliação sistemática da demanda.

### **1.2.7. Métodos de análise desenvolvidos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC (Portugal)**

O LNEC desenvolve desde a década de 1960 pesquisas no domínio da habitação. Na primeira fase sob coordenação do Arquiteto Nuno Portas foi constituído um programa de investigação para a programação e racionalização dos projetos de habitação social. Originado no problema da qualidade da habitação, foi direcionado a informar o projeto com base em questionários aos usuários e estudo das necessidades programáticas, e a criação de instrumentos e métodos de análise e otimização. O programa compreendia três temáticas (PEDRO, 2003):

1. Análise da realidade: aspectos sociológicos de utilização dos espaços, antropométrico, necessidades coletivas (família) e individuais;
2. Programa: exigências de áreas, equipamentos e organização do espaço;
3. Racionalização: métodos de análise e avaliação de soluções existentes, sistematização e otimização.

Na segunda fase, que ocorre nos anos de 1980, sob coordenação do Arquiteto Antonio Reis Cabrita, as pesquisas do programa intitulado “Boa Habitação: do conhecimento à gestão da qualidade” são direcionadas, além da análise da qualidade, à produção de informação normativa e/ou recomendações. Esse programa previa três etapas:

1. Revisão dos conhecimentos sobre o tema *qualidade da habitação*, definição de objetivos e linhas de investigação;
2. Desenvolvimento das pesquisas programadas;
3. Aplicação: estudos práticos de aplicação e verificação do conhecimento e resultados.

As pesquisas recentes referem-se à terceira fase coordenada pelo Arquiteto Antonio Baptista Coelho, com concentração em metodologias de análise e avaliação multidisciplinar da qualidade habitacional, envolvendo arquitetura e ecologia social. Um dos produtos dessa fase é o trabalho de PEDRO (2003), o qual constitui um dos métodos recentes desenvolvido no LNEC, no âmbito da tese de doutorado apresentada pelo autor, na Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto.

#### **1.2.8. Definição e Avaliação da Qualidade Arquitetônica Habitacional e Programa Computacional de Avaliação - QUARC.**

O trabalho desenvolvido por PEDRO (2003), no âmbito do Programa de Investigação do LNEC, teve como resultados a definição de um programa de exigências e um método de avaliação da qualidade arquitetônica habitacional, adequado à realidade portuguesa. A pesquisa teve como foco de análise o parque habitacional financiado pelo Instituto Nacional de Habitação de Portugal, nomeadamente a chamada habitação de custos controlados, no entanto, a sua aplicação e utilidade é extensível à habitação em geral.

### **1.2.9. Ambiente e Sustentabilidade:**

Método para promoção e avaliação da sustentabilidade a projetos de arquitetura - SNARC (SIA - *Swiss Society of Engineers and Architects*, 2004).

O método fornece diretrizes para a avaliação da qualidade ecológica nas etapas de lançamento e desenvolvimento do projeto, visando à economia e preservação de recursos energéticos e ambientais durante todo o ciclo de vida do projeto. Utiliza conceitos de ecologia e *LCA, Life Cycle Assessment* – Avaliação do ciclo de vida – como por exemplo, a energia cinza, que corresponde a soma de toda a energia necessária para produzir, fabricar, usar e reciclar materiais ou produtos industriais. O conceito foi adaptado para mensurar a energia consumida desde a concepção, considerando um ciclo de vida de 30 anos do edifício. As recomendações têm sido utilizadas, por exemplo, para orientar a especificação, análise e avaliação de problemas de sustentabilidade no contexto de concursos de arquitetura.

Os critérios de qualidade em termos ecológicos são convertidos em valores quantificáveis. A ocupação do solo e as necessidades de recursos para construção e utilização dos edifícios devem ser reduzidas ao mínimo através da densificação. A economia de recursos deve ser assegurada pelas formas compactas e uma concepção redutora das necessidades energéticas. A estrutura portante, as instalações e o envelope dos edifícios devem ser concebidos de modo a garantir uma alta qualidade à utilização futura. Devem ser propostos dispositivos de conforto apropriados para a proteção solar e contra ruído. Deve haver flexibilidade para que mudanças de uso posteriores possam ser facilmente realizáveis. Com relação ao terreno deve ser aferido o percentual de superfície verde em relação à área total do terreno, e o percentual de superfície que admite a infiltração de água da chuva.

### **1.2.10. Avaliação do Ciclo de Vida – LCA, Life Cycle Assessment**

O método conhecido como “Avaliação do Ciclo de Vida” surgiu no final da década de 1980 como uma ferramenta para avaliar problemas e impactos ambientais resultantes de determinadas atividades e produtos desde o projeto, a produção, o uso e o descarte, ou seja, o ciclo de vida do produto. Na década de 1990, a preocupação com a expansão do uso de seus conceitos, sem critérios, como estratégia de *marketing* de produtos levou ao desenvolvimento e à padronização dos métodos de LCA no formato *ISO International Standards Organization (ISO) 14000 series (1997 até 2002)*.

O modelo é baseado em uma abordagem sistemática e gradual descrita por quatro componentes:

- a] Definição do objetivo e escopo: definição e descrição do produto, processo ou atividade, estabelecimento do contexto e limites da análise;
- b] Análise de inventário: identificação e quantificação, do consumo de recursos naturais e produção e emissões atmosféricas, de líquidos e resíduos;
- c] Avaliação de impacto: avaliação dos efeitos dos processos de geração e consumo no ambiente segundo os dados levantados no inventário;
- d] Interpretação: análise dos resultados das etapas precedentes, considerando incertezas e pressupostos utilizados na síntese de resultados.

Um desdobramento desse método é o chamado *Life Cycle Management, Gestão do Ciclo de Vida*, aplicado à gestão de processos com o objetivo de gerenciar o ciclo de vida total do produto de uma organização e serviços para o consumo e produção mais sustentáveis. Constitui um quadro integrado de conceitos e técnicas para abordar aspectos ambientais, econômicos, tecnológicos e sociais de produtos, serviços e organizações.

Outros métodos dirigidos ao desenvolvimento sustentável podem fornecer diretrizes e funcionalidades para o desenvolvimento e a qualificação dos empreendimentos de

habitação. A Agência Federal Suíça de Energia <sup>27</sup>, “*Swiss Federal Office of Energy-SFOE*”, é responsável pelo *Energy Conservation in Buildings research, pilot and demonstration programme*<sup>28</sup>, Programa de Conservação de Energia em Edifícios: pesquisa, piloto e demonstração. O programa promove o desenvolvimento de tecnologia para a eficiência energética na construção de edifícios. O sitio do programa na *internet*, possui uma base de dados sobre o estado da arte (última atualização em 2008), em pesquisas relacionada à conservação e sustentabilidade energética dos edifícios. O sitio da SFOE<sup>27</sup> também disponibiliza uma ampla base de dados na área da pesquisa em tecnologia para a conservação de energia dos edifícios e temas correlatos.

### **1.3. Breve caracterização do problema habitacional e mecanismos de qualidade da habitação no Brasil**

“Regras invioláveis assegurarão aos habitantes o bem-estar da moradia, a facilidade do trabalho, o feliz emprego das horas livres. A alma das cidades será animada pela clareza do planejamento”.

CARTA DE ATENAS, 1933.

Segundo dados do Ministério das Cidades, o déficit habitacional estimado em 2007 é de 6.273 milhões de domicílios, dos quais 82,6% estão localizados nas áreas urbanas e concentrado na faixa de 0 a 5 salários-mínimos. (BRASIL, MCIDADES, 2009)

A falta de habitação constitui historicamente um fator que, embora não atue isolado, contribui para a concentração, segregação espacial e reprodução da pobreza. “O déficit habitacional é o grande empecilho para superar-se o quadro de pobreza.” (FURTADO, 2002)

---

<sup>27</sup> <http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/00459/index.html?lang=en>

<sup>28</sup> [http://www.empa-ren.ch/REN%20english/uebersicht\\_E.htm](http://www.empa-ren.ch/REN%20english/uebersicht_E.htm)

A falta de condições de acesso à habitação adequada, ao mesmo tempo em que é uma das consequências da pobreza, constitui um dos fatores de agravamento, manutenção e reprodução da situação de carência que caracteriza a pobreza. A limitação econômica implica que a população tenha que alugar acomodações de baixa qualidade ou viva em ocupações irregulares, construa informalmente e irregularmente em áreas impróprias e ou mal localizadas. A localização marginal da população de baixa renda aumenta o custo de transporte e de acesso a serviços e equipamentos, contribuindo para aumentar as dificuldades de obter renda adequada e melhorar as condições de moradia.

A qualidade da habitação torna-se assim uma questão de opção individual limitada à capacidade de aquisição de bens no mercado, considerando que a qualidade não é um pressuposto, mas um componente do custo ou do preço da habitação. À medida que aumenta o poder aquisitivo, aumenta a capacidade de aquisição da qualidade associada a bens como a habitação. No entanto, “o mercado residencial privado legal é restrito a uma parcela da população que em algumas cidades não ultrapassa 30%”. (MARICATO, 2001)

A provisão de habitação e serviços urbanos tem importantes impactos redistributivos podendo contribuir para o combate à pobreza urbana no país. (IPEA, 2004). Se, por um lado, a falta da qualidade da habitação constitui um dos indicadores de pobreza (LOPES et al., 2004); por outro lado, o quadro de vulnerabilidade social causada pela escassez generalizada é um dos fatores determinantes da submissão da população de baixa renda à baixos níveis de qualidade (PORTAS, 2004). Nesse sentido, a disponibilização de um produto social de baixa qualidade assume um caráter perverso já que é destinado a uma população destituída de poder de barganha.

Para a falta de qualidade em seus diversos aspectos em muitos dos conjuntos de habitação de interesse social existente, convergem vários fatores que atuam em conjunto ou separado, entre esses fatores estruturais político-econômicos como o custo do solo urbano.

Historicamente, a preocupação com a qualidade é um tema revisitado em momentos de desenvolvimento do país em que a dimensão da produção de habitações

evidencia a problemática urbana, econômica e social envolvida na questão, muitas vezes com bons resultados:

*(...) O que parecia estar em jogo naquele momento era estabelecer parâmetros para uma produção que conjugasse a qualidade urbanística e arquitetônica das unidades a um bom aproveitamento dos terrenos e a um custo relativamente baixo de construção, na perspectiva de possibilitar uma produção massiva de moradia, no âmbito das intenções de Vargas, que pretendia fazer da produção de habitação com recursos da previdência mais uma marca de sua atuação como protetor dos trabalhadores. (BONDUKI et al., 2003)*

Em termos de desenvolvimento recente, a partir da última década, o Brasil vem criando instrumentos para uma Política Nacional de Habitação, a fim de superar o déficit habitacional em suas dimensões quantitativa e qualitativa (FJP, 2005), como uma das formas de combate a situação de pobreza.

A nova Política Nacional de Habitação foi formulada em 2004 através do Ministério das Cidades<sup>29</sup>, visando o planejamento do setor habitacional e a garantia de condições institucionais para promover o acesso à moradia digna a todos os segmentos da população.

A Política Nacional de Habitação tem como um de seus eixos estratégicos a construção e a consolidação de um Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação da Habitação (SIMAHAB), que será parte integrante do Sistema Nacional de Informações das Cidades (SNIC), no âmbito geral da Política de Informações (PIC) do Ministério das Cidades. O SIMAHAB, entre outras atribuições, deve avaliar a qualidade da produção e das mudanças na qualidade e custo da habitação.

A implantação do SIMAHAB tem como principal desafio a produção, sistematização e validação das informações e indicadores geo-referenciados sobre o setor habitacional, em escala federal, estadual e municipal que possam ser utilizados pelo conjunto de instituições e agentes sociais afetos ao setor habitacional, para discutir

---

<sup>29</sup>O Ministério das Cidades (2003), por meio da Secretaria Nacional de Habitação (SNH), é o órgão central responsável pela formulação da Política Nacional de Habitação, que deve ser articulada com a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) e com as políticas ambientais e de inclusão social.

as tendências e diagnosticar os principais problemas habitacionais brasileiros. Visa a fornecer subsídios para a formulação de políticas e programas habitacionais mais adequados ao enfrentamento do déficit habitacional e à urbanização e regularização de assentamentos precários, agindo no sentido de reduzir as desigualdades sociais e urbanas. (BRASIL, MCIDADES, 2009)

Entre os objetivos do SIMAHAB relacionam-se diretamente com o tema desta pesquisa a necessidade de “avaliar os resultados em termos qualitativos relativos aos projetos implementados e à satisfação da população atendida” e “avaliar as mudanças na qualidade de construção e no custo da moradia”. (BRASIL, MCIDADES, 2009)

Paralelamente, o Programa Brasileiro de Qualidade do Produto – PBQP – Habitat, é um instrumento do Governo Federal para organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. O programa está baseado na certificação das empresas de construção civil. Um dos primeiros produtos desse esforço é a norma ABNT 15.575, em vigor a partir de 2010, que estabelece padrões de qualidade construtiva e alguns parâmetros mínimos para edifícios habitacionais até cinco pavimentos.

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) visa contribuir para o aumento da produtividade e competitividade do setor da construção civil, atuando em parceria com o setor privado e entidades do setor público. O objetivo final é aumentar as condições de acesso à moradia, por meio da redução do custo final das unidades sem perda de qualidade, principal responsável pela deterioração precoce das moradias, no País.

O PBQP-H integra-se à Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades, e está formalmente inserido como um dos programas do Plano Plurianual (PPA 2008-2011).

Em suma, a Política Nacional de Habitação tem como um de seus eixos estratégicos a construção e a consolidação de um Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação da Habitação (SIMAHAB), que será parte integrante do Sistema Nacional de Informações das Cidades (SNIC), no âmbito geral da Política de Informações (PIC) do Ministério das Cidades.

Em nível regional, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo elaborou em 2003 um conjunto de diretrizes na forma de Manual de Diretrizes e Procedimentos Gerais para Empreendimento Habitacional Integrado de Interesse Social – EHIS. Não possui caráter normativo, porém as diretrizes representam elementos indicativos para procedimentos; linha reguladora ou direcionadora de ação; ou instruções normativas básicas a serem seguidas para concepção, projeção, implementação e entrega de empreendimento habitacional, baseado no modelo de EHIS, acompanhamento da ocupação, suporte à comunidade ou público alvo e posterior avaliação e comunicação de desempenho e comparação dos resultados obtidos em relação aos objetivos e metas previamente estabelecidos.

No campo da pesquisa em habitação, a FINEP, empresa pública ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, para o fomento, a pesquisa e a inovação tecnológica, instituiu o Programa Habitare de apoio a projetos de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação, visando à produção de conhecimento para a modernização do setor de construção civil e da produção de habitação de interesse social<sup>30</sup>. O Programa Habitare constituiu duas redes de pesquisa, tendo como foco a habitação de interesse social:

1. Desenvolvimento de tecnologias inovadoras, em relação a processo e produto, para a melhoria da qualidade e redução de custos da habitação de interesse social;
2. Desenvolvimento e difusão de tecnologias voltadas à coordenação modular e à conectividade entre componentes e sistemas construtivos.

A necessidade de organizar os mecanismos de sistematização e socialização dessa produção científica ensejou a implementação do Centro de Referência e Informação em Habitação (InfoHAB). O projeto é organizado pela Associação Nacional de

---

<sup>30</sup> No entanto o Brasil investe pouco em pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas áreas relacionadas ao ambiente construído, como habitação, materiais, processos construtivos e saneamento: Entre 1995 e 2008 o Programa de Tecnologia da Habitação (Habitare) contou com recursos da ordem de R\$ 20 milhões – uma média de pouco mais de R\$ 1,5 milhões por ano, correspondente a 0,06% do orçamento da agência FINEP em 2008. (CARDOSO,2008)

Tecnologia do Ambiente Construído ([ANTAC](#))<sup>31</sup>, instituído através de chamada pública do Programa [Habitaré](#). Além do financiamento do FINEP, possui recursos do Programa RHAEC-CNPq e da Caixa Econômica Federal.

O desempenho dos edifícios em termos construtivos, energéticos e de habitabilidade tem sido interesse especial das pesquisas em qualidade, dado seu caráter objetivo e adequado a normalização e a sua utilidade na avaliação e exigência de qualidade. A recente NBR 15.575 e seus antecedentes na forma de requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho formulados e revisados pelo IPT (IPT, 1981,1997) assim como outros trabalhos (ITQC et al., 1999; CAIXA, 2000) foram desenvolvidos para fornecer meios objetivos para que os agentes promotores da habitação e, principalmente, a CAIXA (Caixa Econômica Federal), sucessora do BNH na gestão dos investimentos sociais em habitação, pudessem avaliar as inovações tecnológicas, aprovando ou não os sistemas construtivos para financiamento (GONÇALVES et al., 2003).

#### **1.4. Definição de habitação mínima**

Algumas definições encontradas na literatura existente em habitação mínima são originadas da definição de necessidades mínimas de subsistência ou do desempenho mínimo:

*“(...) estabelecer o mínimo elementar de espaço, ar, luz e calor, indispensáveis ao homem para poder desenvolver completamente suas funções vitais sem restrições causadas pela habitação, quer dizer estabelecer um “modus vivendi” mínimo em lugar de um “modus non moriendi” (...).” (GROPIUS,1929).*

*“A completa extensão do termo subsistência mínima é melhor definido pela formulação do higienista berlinense Dr. Paul Vogler: o limite superior é o real minimum vivendi (o mínimo que ainda admite sobrevivência), enquanto o limite inferior corresponde ao modus non*

---

<sup>31</sup> Além das instituições governamentais de fomento e organização da pesquisa, organizações como a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ANTAC e a ANPUR, Associação Nacional de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional promovem o ensino, a pesquisa e o intercâmbio entre pesquisadores nas áreas específicas de qualidade do ambiente construído e no campo dos estudos urbanos e regionais e do planejamento urbano e regional, respectivamente.

*moriendi (a condição que ainda admite não morrer de fome). Para aqueles vivendo as margens do modus non moriendi, até mesmo a habitação mínima mais barata é inacessível.” (TEIGE,1932 apud DULHOSH, trad., 2002)*

*“O nível mínimo é definido por um conjunto de especificações que visam assegurar a satisfação das necessidades elementares de vida quotidiana dos usuários num nível de desempenho não inferior ao limiar em que, na situação de desenvolvimento de uma sociedade, se considera que o habitat pode concorrer para restringir o modo de vida dos utentes.” (PEDRO, 2000)*

Outras têm seu foco na economia de recursos e otimização dos resultados, assim como na distinção entre o que é essencial e o supérfluo no edifício:

*(...) Durand resume seus ensinamentos do seguinte modo: “a habilidade do arquiteto está na capacidade de resolver dois problemas: 1. dada uma certa quantia, produzir o edifício do modo mais decente possível, como na construção privada; 2. dadas as conveniências requeridas por um edifício, produzi-lo com o menor custo possível, como nos edifícios públicos.” (PATETTA,1984)*

A cabana primitiva, que para VITRUVIO (1960) representava a origem da habitação como abrigo e imitação da natureza, para LAUGIER (1753) serviria para distinguir entre o essencial e o supérfluo no edifício. Isto é, aquilo que estiver além do essencial, caracteriza o supérfluo.

COELHO (2000) define um “direito básico à qualidade residencial”:

*“(…) baseada no respeito para com os habitantes e concretizada na identificação de factores elementares ou básicos para essa qualidade, capazes de fundamentarem análises com conteúdos clarificados, realizadas com base em conjuntos de indicadores facilmente detectáveis.”*

Segundo o programa de indicadores para habitação do Banco Mundial e do Programa Habitat das Nações Unidas<sup>32</sup>, a qualidade da habitação é expressa por meio do tamanho das unidades relativamente ao número de habitantes, e pode ser medida por meio da área de piso por pessoa, pessoa por quarto, quartos por unidade habitacional, oferta de banheiros, cozinhas e sanitários. A qualidade da

---

<sup>32</sup> O Programa Habitat da ONU teve origem na Conferência de Vancouver em 1976 tendo como missão promover social e ambientalmente o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos e a aquisição de abrigo adequado para todos.

construção é quantificada pelo número de unidades com materiais duráveis, e a extensão da provisão de serviço e infraestrutura.

Essa noção de qualidade refere-se a aspectos quantitativos em termos de adequação espacial e provisão de infraestrutura, deixando em aberto outros aspectos de qualidade arquitetônica.

A CARTA DE ATENAS (1933) estabelece a relação entre as condições de habitação e o desenvolvimento humano e sugere a necessidade de fixar parâmetros de qualidade da habitação e seu entorno:

*"Nenhuma legislação interveio para fixar as condições da habitação moderna, que devem não somente assegurar a proteção da pessoa humana, mas também dar-lhes meios para um aperfeiçoamento crescente. Assim, o solo urbano, os bairros residenciais, as moradias são distribuídos segundo as circunstâncias, ao sabor dos interesses mais inesperados e, às vezes, mais baixos."*

Desde então muito se evoluiu em termos de normativas e critérios para a qualidade construtiva, mas ainda há muito que percorrer para a socialização da qualidade arquitetônica e urbanística.

### **1.5. HIS e o programa mínimo**

A pesquisa se restringe as iniciativas públicas de promoção da habitação de interesse social no Brasil, nomeadamente àquelas direcionadas a população que recebe até três salários mínimos e que, atualmente, constitui o maior contingente do déficit habitacional brasileiro (DENALDI,2003). O custo, no Brasil leva à adoção de padrões dimensionais mínimos para lotes e habitações em empreendimentos novos ou em áreas em processo de urbanização e regularização fundiária.

O projeto de HIS destinado a famílias de estrato socioeconômico caracterizado pela baixa renda deveria pressupor casas flexíveis o suficiente para, em produção em escala, adaptarem-se na forma e no tempo, à evolução da situação econômica e/ou na composição familiar, com um mínimo de recursos.

No Brasil, o programa padrão das unidades habitacionais como objetivo prover ao indivíduo e sua família, as condições de permanência, abrigo, privacidade (CABRITA,1995), manutenção dos níveis de salubridade e conforto no atendimento as funções básicas que tem lugar na habitação. Em termos gerais, as funções básicas compreendem as necessidades fisiológicas, higiene, alimentação, convivência, repouso, e funções complementares ou derivadas, como manutenção e limpeza, no contexto do modo de vida urbano ocidental. Embora o caráter urbano das habitações favoreça a generalização, dadas as dimensões do País, em cada região podem haver diferenças em tipologias, implantação, materiais e adequação a condições climáticas. No entanto, a despeito destas diferenças, as funções relacionadas no programa mínimo, se mantém consolidadas.

Na HIS brasileira o programa utilizado com maior freqüent e que representa o mínimo exigido pelo Programa Minha Casa Minha Vida é constituído por seis funções: o dormitório de casal, um dormitório para dois filhos, cozinha, sala de estar e jantar, banheiro, e espaço para área de serviço.

O dormitório do casal é projetado para atender o casal da família padrão ou até duas pessoas. O ambiente é destinado fundamentalmente para o repouso e privacidade do casal integrada com as funções de guardar, vestir ou despir o vestuário ou, ainda, outra função suportada pelo mobiliário ou pelo espaço.

O dormitório para duas pessoas é projetado para atender os filhos, parentes ou acolhidos da família padrão. É o ambiente que irá comportar atividades diversas além da função do repouso, tais como lazer, convívio, estudo ou trabalho, guardar, vestir ou despir o vestuário ou, ainda, qualquer função suportada pelo mobiliário ou pelo espaço.

A cozinha da HIS se caracteriza por ser um ambiente compacto, onde se realizam as funções de armazenamento, limpeza, refrigeração, cocção e preparo dos alimentos. Deve conter espaço para limpeza e guarda de louça e equipamentos. Pode ser isolada ou conjugada com o ambiente de estar. A área de serviço deve conter espaço para um tanque e uma máquina de lavar-roupas, podendo compartilhar ventilação e até espaço de circulação com a cozinha. Este compartilhamento, embora permitido e comum, não é recomendável considerando a

incompatibilidade que pode ocorrer com a operação de secagem natural de roupas e os vapores e odores provenientes da cocção de alimentos. A sala de refeições ou jantar pode se caracterizar como um espaço de refeições ou copa, em uma cozinha que se configure separada da sala de estar, ou compartilhar o espaço próprio na sala de estar, comportando mesa com assento para no mínimo quatro pessoas. Constitui o espaço de refeições, reunião, lazer e estudos ou trabalho, ou outra função que seja adequada ao mobiliário e dimensões do compartimento.

A sala de estar é o espaço de reunião, lazer e convívio familiar e social e deve possuir mobiliário suficiente para atender no mínimo quatro pessoas como sofás e poltronas e estante, compatíveis com as atividades de estar e assistir televisão, conversar, leitura, ouvir música, ou funções afins.

O banheiro da HIS, também se caracteriza pela compacidade e deve possuir os aparelhos e dimensões adequados às atividades de higiene e necessidades fisiológicas.

Em resumo, o programa padrão adotado no Brasil constitui uma abstração da realidade com base em necessidades comuns a grande parte da população, em modo compatível com as restrições econômicas para sua concretização<sup>33</sup>. Do mesmo modo, se pressupõe que os espaços constituídos para alojar as funções devem ter capacidade e certa flexibilidade para conter o mobiliário em seu formato mais comum, sem restrições dimensionais que obriguem a customização. Este mobiliário é produzido à partir deste “programa genérico” em diferentes partes do País e comercializado, em grande escala, a partir de redes nacionais de varejo.

Os estudos voltados para o modo de uso dos espaços da habitação sistematizaram os requisitos funcionais na chamada formulação exigencial. Estes estudos foram importantes na formulação de parâmetros de qualidade da habitação (KLEIN,1980; PORTAS,1969; CHOWDHURY, 1985; BOUERI, 1999; e 2008; PEDRO, 2003; DUARTE, 2007; PEDRO 2002,a,b,c) e no interesse por métodos de avaliação (PEDRO, 2003; COSTA, 1995) e normativas (RTHS,1985; SEL, 2008; Qualitel,

---

<sup>33</sup> Esta abstração, embora necessária, naturalmente exclui muitos aspectos subjetivos e individuais ligados a questão do habitar, importantes mas que não fazem parte do escopo deste estudo.

2008). Este interesse pode ser associado ao fato das funções constituírem o nível de comportamento preferencial na organização do programa habitacional (PEDRO,2003)

Vários destes estudos são voltados a estabelecer diretrizes e avaliar recomendações de projeto de acordo com realidades específicas. O SEL (2008) dispõe recomendações e exemplos de configurações desejáveis dos espaços e capacidades. PEDRO(2000) estabelece um programa habitacional geral em três partes: dados do programa, exigências de qualidade e modelos exemplificativos de arranjos para cada função. O uso de exemplos de configuração é frequente para sugerir a relação entre o espaço dimensionado e o mobiliário e, em projeto, serve para comprovar a capacidade do espaço para conter o equipamento.

A área mínima de um ambiente pode ser obtida pelo arranjo espacial de espaços de atividades garantindo condições de uso, acesso e articulação entre mobiliário, equipamentos e componentes do edifício (BOUERI, 2008) como, por exemplo, a localização das aberturas.

O desempenho da habitação mínima é função da relação entre o arranjo e a distância entre os seus elementos, capaz de atender o programa com segurança e funcionalidade.

A relação entre compatibilização de condições suficientes para a funcionalidade e segurança dos espaços e economia de recursos, sugere que a modelagem da sintaxe entre os constituintes do espaço pode ser útil, para além de estabelecer parâmetros mínimos adequados, explicitar indicadores de qualidade sobre a relação entre flexibilidade, dimensões e configuração.

Os parâmetros dimensionais são, no caso da habitação de interesse social, limitados pela relação direta que estabelecem com o custo da construção. Mantendo-se constante o tipo e qualidade do material empregado, uma das formas de parametrizar o custo da construção está diretamente relacionado com a sua compacidade. Assim valeria dizer que, quanto mais compacta a construção, menor o seu custo. MASCARÓ (1985) definiu compacidade pela relação percentual que se estabelece entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro de paredes exteriores do projeto. Considerando que o índice máximo de compacidade é

100, quanto mais próximo deste valor, menores seriam os custos de construção. No caso da HIS, a área mínima de uma célula deve comportar os equipamentos e o espaço necessários para o seu uso, permitindo a realização das funções básicas para o qual é destinada de modo seguro e eficiente. A soma das dimensões das células necessárias para a alocação de cada equipamento e seu espaço de uso somada ao espaço de circulação entre as mesmas deve ser de tal ordem que não prejudique a capacidade da unidade habitacional. O indicador de qualidade dimensional associa a melhor relação área x custo com a forma do espaço que admite, não somente o espaço mínimo necessário, mas a maior flexibilidade de configuração do layout do mobiliário mantendo-se constante o custo. Mantendo-se as dimensões relativamente constantes, a forma dos espaços afetará as possibilidades (flexibilidade) de configuração do mobiliário e de circulação. Neste estudo, flexibilidade refere-se a dois aspectos inter-relacionados de um ambiente: topologia e geometria.

O primeiro, relativo a capacidade de um espaço abrigar diferentes usos ou admitir a eventual composição com outros ambientes é dependente principalmente de aspectos topológicos como a relação de adjacência com os outros espaços. O segundo aspecto refere-se a proporções que permitam ampliar sua capacidade para o mesmo uso, como, por exemplo, admitir mais um usuário, ou, para um mesmo uso, distintas distribuições do mesmo mobiliário no espaço.

Em resumo a forma ideal do espaço seria aquela que reúne a melhor relação entre a flexibilidade, economia de área e de circulação, garantindo a funcionalidade e segurança para as atividades e funções para a qual é destinada, aliada ao baixo custo. Este modelo descritivo pode servir, em estudos posteriores, para avaliar a relação entre o acréscimo de área e a sua influência no custo da HIS.

## **Capítulo II**

### **2.1. Modelos da forma arquitetônica:**

Desde o surgimento dos primeiros Tratados de Arquitetura, o conhecimento em arquitetura se notabiliza pela codificação, normalização e prescrição das regras de composição. As diferenças referem-se a critérios de classificação e ao conceito de tipo adotado. Trata-se de definir critérios para classificar, reproduzir ou reconhecer famílias de objetos por afinidade aparente. (MAYER, 2003)

Este capítulo revisa as contribuições teóricas relevantes na descrição e sistematização do conhecimento sobre arquitetura que resultaram no desenvolvimento de modelos descritivos e de simulação como ferramentas de apoio ao projeto. Os sistemas generativos e associativos de projeto, a modelagem paramétrica, e os conceitos que suportam essas abordagens são relacionados a contribuição dada ao longo da história por diferentes disciplinas na construção do conhecimento e sistematização de semelhanças e diferenças entre edifícios.

#### **2.1.1. O tipo o modelo e a população: teorias e analogias:**

Durante os séculos XV e XVI, verifica-se uma identidade de métodos, não somente entre as esferas da arte e da ciência, mas também na união do artista e do cientista em uma mesma pessoa (GIDEON, 1970). O caráter científico se evidencia na produção de Leonardo, Dürer, e Durand, e mesmo Palladio, na síntese e sistematização de regras para auxiliar o projeto, ou na utilização de analogias, como por exemplo, a analogia musical. O uso de proporções comensuráveis em analogia a harmonia musical foram propostas pelos tratadistas do Renascimento (KRUGER, 1986)

Leonardo Da Vinci (1498) estudou as possibilidades de configuração e simetrias das igrejas de planta centralizada: como acrescentar capelas e nichos sem destruir a simetria do núcleo (WEYL, 1997). O resultado consistiu na síntese de regras para a geração de igrejas de planta centralizada. As classes de simetrias sistematizadas por Da Vinci viriam a constituir a base para a teoria da simetria de grupos no plano.

Contemporâneo de Da Vinci, Albrecht Dürer construiu um método geométrico, para a descrição das proporções da face humana, demonstrando como as diferenças entre as faces poderiam ser descritas como transformações paramétricas de um esquema padrão. Isso quer dizer que todas as faces têm essencialmente o mesmo desenho, a partir do mesmo conjunto de linhas unidas em um arranjo invariante, mas suas dimensões são alteradas acompanhando as deformações de um *grid* superposto ao desenho.

PALLADIO (1570) foi um dos primeiros arquitetos a explorar variações sobre um mesmo sistema compositivo (MITCHELL, 1990) baseadas em regras geométricas e dimensionais como as proporções baseadas na analogia musical. A consistência do sistema proposto por Palladio pode ser comprovada na coerência formal verificada em sua produção.

A arquitetura, desde o século XVIII, utilizaria o aparato metodológico das ciências naturais. A partir da analogia com o sistema classificatório utilizado pelas ciências naturais<sup>34</sup>, o tipo seria um exemplar representativo de uma classe e serviria para uma construção abstrata que permitiria informar, de um modo sucinto, sobre uma população bastante ampla. (MAYER, 2003)

QUATREMÈRE DE QUINCY (1792) enfatizaria a diferença entre tipo e modelo: a reprodução do modelo deve apresentar características de identidade. O tipo seria a definição que regularia as condições para um edifício pertencer a uma classe, porém não determinaria a forma final desse edifício. A forma do edifício resultaria da combinação de um determinado conjunto de elementos essenciais, os quais garantiriam que o exemplar pertenceria ao tipo. Ou seja, o tipo corresponderia à matriz que asseguraria a adequação ao caráter do edifício e seu estilo correspondente.

Para LAUGIER (1793) o protótipo universal da arquitetura seria representado pela cabana primitiva, a qual representaria a essência da estrutura necessária para a

---

<sup>34</sup> No séc XVIII, o desenvolvimento das ciências naturais, avança além da classificação das plantas em função do uso, para um sistema de classificação das plantas e animais a partir de suas características naturais e seus sistemas de reprodução. A taxionomia se baseia em critérios que determinam caracteres gerais diferenciando as espécies, que são reagrupadas em gêneros ou famílias de acordo com as variações admitidas dentro dos limites que caracterizam esta espécie. As famílias são distribuídas em ordens que por sua vez definem um pequeno número de classes.

composição da ordem arquitetônica. O tipo ideal se caracterizaria pela racionalidade do indispensável, enquanto o supérfluo deveria ser rigorosamente suprimido.

GOMBRICH (1990) utiliza o trecho de Petrarca na discussão sobre os critérios de inclusão ou exclusão capazes de relacionar uma família de formas aos cânones modelo da tradição clássica. A discussão parte da analogia entre estilo figurativo e o literário.

*“Aquele que imita deve cuidar para que aquilo que escreve seja semelhante, não idêntico (ao seu modelo), e que a semelhança não seja do tipo da que existe entre o retrato e o modelo, caso em que o artista ganha mais elogios quanto maior a semelhança, mas sim do tipo que existe entre pai e filho. Neste caso, embora muitas vezes possa haver uma grande diferença entre suas características individuais e como dizem os nossos pintores, o “ar perceptível” principalmente na face e nos olhos, produz essa semelhança que nos faz lembrar o pai, assim que vemos o filho, embora se a matéria fosse examinada, descobríssemos que todas as partes são diferentes; alguma qualidade nela oculta tem esse poder. Por isso também devemos cuidar para que quando uma coisa for semelhante, muitas sejam diferentes, e o que é semelhante deve estar tão escondido que se possa ser captado pela busca silenciosa da mente, sendo mais inteligível do que descritível. Portanto devemos recorrer ao tom e a qualidade interiores de outro homem, mas evitar suas palavras, pois um tipo de semelhança está oculto, e o outro se salienta; uma cria poetas, a outra macacos. (FRANCESCO PETRARCA, *Le familiari*, XXIII, 19, 78, 94 apud GOMBRICH, 1990)”*

A distinção entre a semelhança aparente resultante da imitação e a familiaridade perceptível entre pai e filho pode ser útil na caracterização de dois paradigmas descritivos: o primeiro, baseado na anatomia da forma e seus condicionantes, descreve semelhanças e diferenças entre edifícios; o segundo, descreve a estrutura generativa capaz de produzir identidade entre uma família de edifícios. Essa estrutura implícita caracterizaria o estilo, embora a teoria da arquitetura desde a antiguidade até LAUGIER (1753) não considere questões de estilo. O único estilo válido é o estilo clássico. O não-clássico, ou não aderente aos princípios compositivos considerados clássicos, é degenerado. Fixado o estilo, a descrição e a classificação da forma arquitetônica é feita através da noção de tipo. (GOMBRICH, 1990; KNIGHT, 1994; MAYER, 2003)

Em arquitetura, o termo estilo é utilizado para relacionar edifícios a uma determinada escola, cultura, região ou período histórico. O Estilo Clássico se difere do Moderno por características comuns que encontramos em uma amostra de prédios Clássicos e de prédios Modernos, mas que não são comuns entre as duas amostras. Outra acepção refere-se à produção ou ao modo de concepção de determinado arquiteto. Estilos são identificados por traços formais característicos de um edifício (forma), pelo seu modo de produção ou processo de concepção. Embora todos os modos possam estar manifestos na forma final, os dois últimos – referentes ao modo de fazer – não necessariamente permitem correlação entre seus produtos a partir da observação direta. Nesse caso, a semelhança de estilo não constitui um traço aparente à percepção, mas uma estrutura ou princípios compositivos comuns (MAYER, 2003). O conceito de estilo pode ser usado como um princípio ordenador: admite a estruturação de um vasto domínio de coisas e fenômenos, segundo algumas propriedades distinguíveis (KNIGHT, 1994). Se um estilo é um modo de fazer contido entre uma sequência de escolhas concebíveis (SIMON 1971), a descrição sintática poderia evidenciar o que é constante é o que é variável na configuração do conjunto da produção de HIS.

A abordagem generativa trata da especulação sobre a existência de uma possível e consistente ordem subjacente, em formas aparentemente iguais ou diferentes entre si. Essa ordem subjacente representa a matriz e suas transformações. Em outras palavras, o uso de abordagens generativas na análise de linguagens arquitetônicas objetiva menos uma genealogia de precedentes da forma ou interpretação causal, mas a exploração e o registro do padrão combinatório de elementos geométricos (mais relatado a hereditariedade da forma) que relacionam os membros de uma família de edifícios a partir da identidade entre suas estruturas generativas. (MAYER, 2003; MAYER, TURKIENICZ, 2007; 2008)

É possível relacionar o primeiro paradigma à teoria evolucionista baseada na herança dos caracteres adquiridos de Jean-Baptiste Lamarck (1801) (TURKIENICZ, 1994), à abordagem sistemática e funcional da anatomia comparativa de George Cuvier<sup>35</sup> (STEADMAN, *op. cit.*) e em sua origem remota, e às idéias combinatórias de Aristóteles. Cuvier contribuiu com desenvolvimento da anatomia comparativa

---

<sup>35</sup> *Leçons d'anatomie comparée* (5 volumes, 1800–1805)

através da superação da taxonomia baseada na comparação de aspectos exteriores dos organismos estendendo esta comparação as propriedades funcionais dos organismos e suas partes. No entanto, como na teoria Aristotélica, Cuvier acredita que o equilíbrio existente entre as partes e o todo não poderia ser modificado sob pena de levar o organismo a morte. Por este motivo não admite a evolução. Segundo Lamarck, a evolução ocorreria através da transmissão de geração para geração das mudanças causadas pela interação de necessidade fisiológicas dos organismos com o meio ambiente. Lamarck estava correto na convicção da evolução, mas errado no mecanismo da evolução, considerando-se que a evolução ocorre de dentro para fora e não ao contrário, como sugere a teoria da herança de caracteres adquiridos.

Estas teorias têm como base a descrição do visível (aspectos funcionais ou superficiais) aliado ao determinismo do contexto na evolução das espécies. Este paradigma, em arquitetura, pode ser referido à anatomia da forma, nos aspectos externos ao edifício (contexto) e do edifício (superfície e volume), e nos aspectos internos (composição e função).

O segundo paradigma poder ser relacionado à teoria da seleção natural de Charles Darwin (1859) e à teoria da herança genética (Leis de Mendel, 1865). Estas teorias têm como base a descrição de elementos não visíveis: a evolução das espécies baseada na seleção natural, segundo a adaptabilidade do organismo e a descrição dos mecanismos de transmissão dos caracteres genéticos. Este paradigma pode ser referido aos princípios generativos dos edifícios (MAYER, 2003).

A teoria da seleção natural de Darwin é baseada na evolução adaptativa. A espécie evoluiria adaptando-se ao meio (DAWKINS, 2001). A evolução do organismo não ocorre de fora para dentro, mas através de uma série de mudanças espontâneas, não intencionais ou aleatórias, são testadas contra o meio ambiente. Aquelas mudanças que constituem aperfeiçoamento, ou conferem grande adaptabilidade, são preservadas (STEADMAN, op. cit.). Ou seja, sobreviveriam os organismos para os quais as mudanças foram mais adequadas à adaptabilidade.

As teorias evolucionistas não descreviam mecanismos de hereditariedade. A hereditariedade estava relacionada a fusão de características dos indivíduos. A

distinção entre hereditariedade mesclada e hereditariedade particulada (na forma de genes) foi estabelecida por Mendel em 1866 (DAWKINS, op. cit.). Mendel demonstrou que características podem ser herdadas ou não, através da transmissão de partículas destas características, as unidades básicas de hereditariedade.

Somente em 1936, Ronald A. Fisher estabeleceu a relação entre as Leis de Mendel e a teoria de Darwin demonstrando que a expressão da hereditariedade é diferente da transmissão da hereditariedade (OLBY,1997) As partículas de hereditariedade permaneceriam separadas no decorrer das gerações. Como não há mistura, uma característica, que não se manifestaria em uma geração, poderia reaparecer em gerações posteriores (genes recessivos). A teoria de Mendel, ao esclarecer o mecanismo da hereditariedade, explicou como variação e seleção em conjunto resultam em evolução. Se existe variação, e esta é aleatória, a seleção natural atua na sobrevivência do organismo mais adaptado.

Os termos gene, genótipo e fenótipo foram introduzidos por Johanssen em 1909: genes correspondem às partículas de hereditariedade de Mendel, o genótipo ao conjunto de genes herdados. O fenótipo resulta da interação do genótipo com as características do meio ambiente<sup>36</sup> e corresponde à manifestação física do que é descrito pelo genótipo. A tradução dos genes em fenótipo corresponde às regras que governam a forma. Em biologia esta distinção serve para clarificar a diferença entre as variações entre indivíduo que são herdáveis ou não.

O desenvolvimento destas teorias teve como principal consequência a mudança de paradigma de descrição dos organismos vivos, a partir da teoria de Darwin, do “visível” para o “não visível”. A explicação para as mais complexas formas vivas, não residiria nos aspectos aparentes ou fisiológicos dos seres vivos, mas em complexos mecanismos de seleção e padrões de organização estruturados em cadeias de moléculas.

---

<sup>36</sup> O conceito de plasticidade fenotípica descreve em que nível o fenótipo de um organismo é determinado pelo seu genótipo. Um alto grau de plasticidade significa que os fatores ambientais tiveram forte influência no desenvolvimento do fenótipo. Se a plasticidade é baixa, significa que o fenótipo pode ser determinado seguramente através do conhecimento de seu genótipo, independente das condições ambientais de desenvolvimento. (MAYR,2001)

A partir das teorias de Darwin e Mendel, os sistemas de classificação das Ciências Naturais superaram os critérios funcionais, adotando uma abordagem genética.

As teorias neo-evolucionistas que orientam a biologia contemporânea, representadas principalmente no pensamento de Ernst Mayr que suportado pelas idéias de Darwin, defendem o “pensamento populacional” em oposição ao chamado “pensamento tipológico”. O primeiro define a identidade das espécies através de sua morfogênese enquanto o segundo ainda classifica as espécies pelas características morfológicas. Há que se diferenciar a morfogênese como processo que, da caracterização por semelhança genotípica.

Segundo MAYR (2001,1959) o pensamento populacionista seria o oposto daquele do tipologista. O populacionista enfatizaria que o que encontramos na natureza não seriam classes constantes ou tipos, mas populações variáveis, referindo-se a singularidade de cada organismo vivo. Na espécie humana, quanto em outras espécies de animais ou plantas, não existiria dois indivíduos exatamente iguais<sup>37</sup>. Cada indivíduo possuiria características únicas e poderia ser descrito coletivamente somente em termos estatísticos. Indivíduos formariam populações dos quais as semelhanças e diferenças poderiam somente ser informadas em termos de médias aritméticas e estatísticas de variação, ou seja, através de abstrações estatísticas. Para o tipologista o tipo seria real e as variações ilusão, enquanto que para o populacionista o tipo (média) seria uma abstração e a variação seria verdadeira.

Para o propósito da descrição das semelhanças e diferenças entre edifícios este conceito poderia ser útil para enfatizar a importância das estruturas generativas na constância ou variabilidade de edifícios e as diferenças e semelhanças fenotípicas resultantes da interação com o ambiente. Segundo TRUMMER (2011) as possibilidades inerentes ao genótipo são dadas especificamente através de uma “reação interna” induzida pela interação com o meio ambiente. TRUMMER (op.cit.) argumenta que o verdadeiro potencial das técnicas computacionais seria superar qualquer idéia de pensamento tipológico em direção a uma prática baseada em processos morfogenéticos. A idéia pressupõe em analogia a MAYR (op.cit) o

---

<sup>37</sup> O genótipo de um organismo é um importante fator na determinação do fenótipo, mas não é o único. Dois organismos com o mesmo genótipo, normalmente diferem em seu fenótipo. Por exemplo, gêmeos idênticos podem ser distinguidos através de suas impressões digitais.

entendimento do objeto arquitetônico como uma população e não um tipo. Nesta abordagem, o objeto arquitetônico é entendido como um conjunto de primitivas geométricas ou arquitetônicas. Cada primitiva assume um certo grau de liberdade dependendo do material e dos condicionantes físicos. Este conjunto de elementos forma um todo que caracteriza um espaço de possíveis alterações. O objeto é o resultado da interação da população de suas partes e a as possibilidades de sua forma aparente. Este tipo de pensamento substitui o conceito de projeto paramétrico pelo conceito de projeto associativo, na medida em que este último abrange não somente as variações dimensionais das partes de um objeto como as consequências desta variação no objeto como um todo.

Até o século XIX são temas de convergência entre a arquitetura e as ciências naturais:

- a. A relação forma e função que abrange a adequação do tipo ao propósito, a noção de adaptabilidade e o determinismo do contexto;
- b. As noções de essencialismo, unidade, integridade e correlação entre as partes;
- c. O princípio gerador e ordenador;
- d. A construção abstrata ou arquétipo.

A crescente influência das ferramentas computacionais em arquitetura tem conduzido a uma reaproximação dos métodos e processo em arquitetura tanto na prática com na pesquisa com o aparato conceitual e metodológico das ciências biológicas como matemáticas. A relação com as teorias e métodos matemáticos tem sua origem na década de 60 com o disseminação no meio da pesquisa de modelos da forma arquitetônica.

### 2.1.2. Modelos da forma arquitetônica

O Movimento dos Métodos de Projetação, iniciado por Christopher Alexander, no início dos anos 60, teve como objetivo aplicar o pensamento científico, principalmente de origens biológicas e linguísticas, ao projeto em arquitetura. Essa aplicação deveria tornar o processo de concepção em arquitetura em algo de científico (STEADMAN, op. cit.). Alexander faria uso de analogias como justificativa a elaboração de métodos de para projetar. Para Alexander projetar consistiria em adequar a forma ao contexto, buscando um equilíbrio entre comportamento e espaço. Esta adequação seria possível ao subdividir-se um problema complexo em subproblemas menos complexos, a partir dos quais, agrupados poder-se-ia obter a solução final de um problema de projeto. Alexander retorna a idéia de composição, através de uma abordagem analítica tendo como base uma analogia biológica, em que a forma seria a solução do problema, o contexto a definiria (KRÜGER, 1986). Os ajustes entre forma e contexto seriam codificados e formalizados na forma de padrões que, reunidos, constituiriam a linguagem do projeto arquitetônico (*A Pattern Language*).

No final da década de 60 e início da de 70 a utilização de modelos matemáticos é retomada como estudo das *formas construídas* (KRÜGER, 1986), abrangendo desde a eficiência dos edifícios ao planejamento urbano. Um modelo é uma representação de uma realidade, que se faz através da expressão de certas características relevantes da realidade observada, e onde a realidade consiste dos objetos ou sistemas que existem, existiram ou existirão (ECHENIQUE, 1968). Para MARCH (1975), *formas construídas* são modelos matemáticos, ou quase matemáticos, que se usam para representar edifícios com um certo grau de complexidade e se diferenciam do edifício, permitindo a análise apenas dos elementos e relações relevantes. Através do uso de modelos matemáticos é possível transformar os objetos arquitetônicos complexos em esquemas, permitindo a solução de problemas, como por exemplo, a eficiência energética da edificação, através de operações lógicas. Os modelos matemáticos, utilizados na descrição da forma arquitetônica, se baseiam no uso de teorias originadas na *matemática*

*moderna* como, por exemplo, a teoria de grupos, a teoria dos conjuntos, a teorias dos grafos, e as geometrias de transformação.

Outros estudos relacionados à descrição das formas, sua representação e à introdução de mecanismos computacionais de geração, incluem, Architectural Morphology (STEADMAN, 1983) Space syntax (HILLIER,1984), e Shape Grammars (STINY, 1975)

### **2.1.3. Sintaxe Espacial:**

No início dos anos 80, Bill Hillier desenvolveu uma ferramenta para simulação de projetos, denominada *Space Syntax*, ou Sintaxe Espacial que se converteu em um conjunto de técnicas para análise de configurações espaciais especialmente no que se refere aos seus efeitos nas relações humanas. O modelo de sintaxe espacial tem sua origem na teoria dos grafos. Considera o ambiente construído como um sistema de espaços, analisando-o configuracionalmente e tentando trazer a luz o seu padrão e estrutura implícita.

STEADMAN (op.cit) revisa as iniciativas de pesquisa voltadas ao desenvolvimentos de métodos computacionais para a geração de dissecções de planos retangulares e seus desdobramentos. São introduzidas abordagens matemáticas para a representação de plantas e suas propriedades. São apresentados métodos de descrição para a exploração do universo de todas as plantas possíveis. utilizando a teoria dos grafos. Plantas arquitetônicas poderiam ser representadas através de nós e arcos. Os nós representariam salas ou espaços e os arcos especificariam as adjacências entre eles. O método poderia ser utilizado para a descrição de estruturas de espaços tridimensionais ou bidimensionais. Estes espaços representados pelos nós são limitados a formas simples, e a relação entre os espaços refere-se apenas à adjacência e acessibilidade, sem descrever outras relações espaciais (CHA e GERO, 1998).

A sintaxe espacial e a teoria dos grafos tem sido extensivamente aplicadas nos campos da arquitetura, do desenho urbano (KRÜGER,1980), planejamento, transporte,e nas últimas décadas em campos diversos como arqueologia, tecnologia da informação, geografia humana e urbana e antropologia. Considerando que a teoria do grafos serve para descrever sistemas de relações, nesta pesquisa foram

utilizados grafos para descrever as relações entre compartimentos da HIS, e a relação que se estabelece entre os elementos do mobiliário, conforme descrito no terceiro capítulo desta tese.

Outras relações geométricas entre as partes de uma forma poderiam ser descritas utilizando Gramáticas da Forma (STINY, op. cit.).

#### **2.1.4. Gramáticas da forma:**

Em 1957, CHOMSKY desenvolveu a chamada gramática generativa – teoria que forneceria um método geral de seleção de uma gramática, para cada língua, dado um corpo de frases dessa língua.

Cerca de quinze anos depois, baseados na gramática generativa de Chomsky, George Stiny e James Gips, formularam um modelo para a síntese e análise de linguagens em duas ou três dimensões. Através do uso deste modelo seria possível sintetizar um conjunto de regras e relações, que utilizado recursivamente reproduziria os mesmos padrões desta linguagem gerando desenhos através de um processo mecânico de aplicação. A noção de Shape Grammar ou Gramáticas da forma aparece pela primeira vez em artigo publicado em 1972. O artigo apresentava um método para a geração de pinturas 2d e esculturas 3d de obras de caráter geométrico ou não figurativo. No projeto baseado em especificações generativas o artista escolheria as relações estruturais e materiais e então determina algoritmicamente o resultado, ou objeto de arte resultante. Tal procedimento permitiria a especificação de um objeto de arte independente do próprio objeto. Assim a especificação de uma pintura consistiria da especificação de linguagens de formas bidimensionais, a seleção de um exemplar na linguagem e a determinação de um esquema para a pintura das áreas contidas neste exemplar, e a determinação da localização e escala da forma em uma tela específica. Para além da definição do formalismo necessário a construção da gramática, o artigo descreve a sequência necessária, passo a passo à execução da pintura e suas variantes em se tratando de escultura.

As Gramáticas da forma fornecem uma abordagem construtiva do processo de projeto:

São necessários cinco elementos para a definição de linguagens de design em termos de sua sintaxe: a) vocabulário de formas; b) relações espaciais; c) regras; d) forma inicial.

Cada gramática da forma define uma linguagem de design. As regras referem-se a sintaxe do desenho podendo ser aplicadas de modo mecânico, ou seja, algoritmicamente. O uso de marcadores espaciais e de estado evitam freqüente na aplicação da regras Os marcadores espaciais indicam a posição de aplicação das regras, e os marcadores de estado indicam a etapa de derivação. Pode se deduzir uma série de vantagens do uso de regras para criar linguagens de design:

a) Simplicidade: Regras, em geral, são mais simples do que os desenhos que ela produzem. Regras podem ser obtidas a partir da observação direta de relações espaciais entre as formas.

b) Potencial generativo: Poucas regras podem gerar uma multiplicidade de alternativas de design

c) A observação das formas a partir de suas regras estimula uma nova percepção, abrindo caminho para um novo modo exploratório para a criatividade.

d) Objetividade: A definição de regras leva a representação objetiva do conhecimento do designer tornando explícito o processo de design, através da idéias que devem ser definidas na forma de regras.

e) unidade x matriz ou produto x mecanismo de produção: O foco do design não é o produto mas a linguagem que pode ser a matriz para inúmeros designs na linguagem.

f) Controle: total controle e conhecimento das propriedades e estrutura do design e por freqüente t de quaisquer alterações sem o risco de perder a linguagem. O controle pode servir para transformar a linguagem e criar novas linguagens a partir de uma existente.

No entanto no projeto de novas linguagens, a escolha de vocabulário e construção de regras para uma gramática sintética a partir das direções fornecidas pelo programa e condicionantes específicos como o sitio, envolve habilidade, conhecimento e percepção espacial capazes de determinar controle suficiente para que o processo de busca não se torne aleatório.

Segundo STINY(1981), o modo de entendimento de uma linguagem de designs depende ptincipalmente de dois fatores:

- a) As regras de composição dos elementos espaciais
- b) As regras de descrição destes designs em termos de freqüente tica relativas a função, propósito, uso significado, tipo entre outros.

As regras de composição podem ser especificadas em uma gramática da forma.

As regras do segundo tipo podem ser especificadas por uma função descritiva que faz o mapeamento dos desenhos na linguagem para o conjunto das descrições ou estabelece as relações entre um e outro conjunto, de linguagem e de descrições do segundo tipo, respectivamente. O mesmo projeto em determinada linguagem pode ter diferentes descrições na medida em que uma gramática pode admitir freqüent modos de geração para o mesmo design. Por outro lado, um projeto, pode ter diferentes descrições de acordo com diferentes pontos de vista do mesmo objeto.

A gramática de um design pode ser construída considerando ambos os aspectos compositivos e descritivos, de qualquer natureza que interesse a análise ou a síntese em questão, concorrendo em paralelo, passo a passo, desde a forma inicial, a qual possui uma descrição no conjunto das descrições correspondente a forma inicial do design, e na aplicação de cada regra e sua respectiva descrição, até o objetivo final deste design.

Gramáticas de cores (KNIGHT, 1994<sup>a</sup>) constitui uma generalização de gramáticas da forma que incorpora qualidades do projeto tais como cor, textura, material, ou função as quais são codificadas como cores nas regras de composição de uma gramática.

A especialização admitida pelos aparatos descritivos associados ao modelo de gramática de formas, sejam rótulos, pesos ou cores, ou qualquer outro elemento descritivo permitem ampliar o campo de aplicação das gramáticas generativas das formas e, para além das formas seria possível pensar em uma generalização do modelo como um mecanismo combinatório para geração de múltiplas soluções de problemas de natureza diversas a partir da implicação entre um determinado número de dados, suas propriedades e o conjunto de regras admitidas para a composição destes dados.

A noção de que uma receita ou um algoritmo pode gerar plantas, fachadas e o desenho de edifícios inteiros, pode ser comparada remotamente, aos tratados de arquitetura correntes desde o Renascimento, e atualmente a modelos descritivos como a Gramática de Formas. (MAYER, op.cit)

A primeira experiência de análise utilizando Shape Grammars, através de cinco regras simples, capturou princípios generativos de desenhos chineses (lattice designs), gerando desenhos existentes e novos desenhos hipotéticos no mesmo estilo (STINY, 1977). Desde então tem sido utilizado na análise da linguagem da arquitetura de Palladio; Casa Guilani Frigerlo de Terragni; Prairie Houses de Frank Lloyd Wright; na obra Glenn Murcutt; nas Igrejas de Christopher Wren; nas casas Californianas de Irving Gill; no estilo vernacular das casas de chá japonesas; Bangalôs de Búfalo; Queen Anne Houses; Casas Tradicionais Taiwanesas e em paisagismo no Mughul Gardens. O trabalho sobre a obra de Wright constitui a primeira gramática tridimensional, motivada pela influência dos blocos de Fröbel na arquitetura de Wright<sup>38</sup> A seguir uma breve descrição dos principais aspectos da Gramática das Villas de Palladio, (STINY e MITCHELL,1978): das casas de Pradaria de Frank Lloyd Wright (KONING e EIZENBERG, 1981) e dos Mughul Gardens (STINY e MITCHELL,1980):

A gramática paramétrica desenvolvida para as plantas das villas de Palladio foi baseada nas regras de composição descritas por Palladio em seu tratado de arquitetura. Estas regras foram traduzidas em regras de uma gramática para a geração de exemplares no estilo das vilas paladianas. A geração é linear, passo a passo, em oito etapas que incluem definição da geometria básica e detalhamento da

---

<sup>38</sup> H. Koning and J. Eizenberg, "The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses," *Environment and Planning B* 8 (1981): 295-323.

U. Flemming, "The secret of the Casa Guiliani Frigerio," *Environment and Planning B* 8(1981): 87-96.

N. L. R. Hanson and A. D. Radford, "On Modelling the Work of the Architect Glenn Murcutt," *Design Computing* (1986): 189-203

H. Buelinckx, "Wren's language of City church designs: a formal generative classification," *Environment and Planning B: Planning and Design* 20 (1993): 645-676.

j. Gibbs, "Sincerity of Design: Irving J. Gill's California Houses," *Environment and Planning B: Planning and Design* (forthcoming).

T. W. Knight, "The forty-one steps," *Environment and Planning B* 8 (1981): 97-114.

F. Downing and U. Flemming, "The bungalows of Buffalo," *Environment and Planning B*: 8 (1981): 269- 293.

U. Flemming, "More than the sum of its parts: the grammar of Queen Anne houses," *Environment and Planning B: Planning and Design* 14 (1987): 323-350.

S-C Chiou and R. Krishnamurti, "The grammar of Taiwanese traditional vernacular dwellings," *Environment and Planning B: Planning and Design* 22 (1995): 689-720.

G. Stiny and W. J. Mitchell, "The grammar of paradise: on the generation of Mughul gardens," *Environment and Planning B* 7 (1980): 209-226.

G. Stiny and W. J. Mitchell, "The Palladian grammar," *Environment and Planning B* 5 (1978): 5-18.

planta, iniciando pela definição de um grid. As etapas seguintes estabelecem as paredes do exterior e o layout das salas segundo as regras que especificam o formato final de cada espaço. As regras seguintes são destinadas ao detalhamento que define a identidade de cada vila.

A gramática paramétrica desenvolvida para as casas da pradaria de Frank Lloyd Wright, possui consistência com a formação do arquiteto, segundo o aprendizado com os blocos de Fröebel, e com o seu discurso, que enfatiza a unidade e características de ordem, padrões e o uso da expressão “gramática” na arquitetura. É a primeira gramática analítica de arquitetura tridimensional. Foram descritas oitenta composições básicas geradas a partir de dezoito esquemas compositivos. Um desenho completo de uma casa no estilo pode ser obtido com o uso dos esquemas para ornamentação das composições básicas.

A gramática paramétrica constituída para os *Mughul Gardens* se origina das regras existentes para a construção da geometria e sistema de canais característicos destes jardins, a partir do exame de três exemplares do estilo. Um esquema inicial, orientado, inicia o processo de geração baseado na primeira etapa na subdivisão dos quadrantes conforme os esquemas de regras. A segunda etapa fornece esquemas para o desenho dos canais e a ornamentação das extremidades destes canais. A terceira etapa apaga elementos que não fazem parte do desenho final segundo a indicação por marcadores definida segundo esquemas. A quarta e última etapa conclui o projeto com a exclusão de todos os rótulos utilizados na geração.

Apesar Shape Grammar ter sido concebida tendo como objetivo a síntese, um dos seus usos mais freqüente tem sido a análise de linguagens de design. A razão decorre da sua capacidade descritiva das linguagens em design que não encontra paralelo em qualquer outro modelo descritivo. Tornar explícito a estrutura que fundamenta a similaridade aparente entre edifícios foi o objetivo alcançado pelo modelo concebido por (StiNY e GIPS, op.cit).

As gramáticas desenvolvidas por Stiny e Mitchell são de certa forma semelhantes, ambas bidimensionais, paramétricas, baseadas na divisão e composição de retângulos a partir de uma estrutura subjacente.

A gramática das casas de Frank Lloyd Wright se utiliza da estrutura definida no estudo da gramática do sistema de Froebel, em uma abordagem tridimensional de fácil apreensão, intuitiva e muito próxima a composição em arquitetura.

KNIGHT (1994), desenvolveu novas linguagens através de regras de transformação para produzir novos estilos como a partir de estilos existentes, por exemplo, a transformação das Prairie Houses de Wright em Usonian Houses.

## **2.2. Implementações computacionais de sistemas generativos**

Na década de 60, surgem os primeiros estudos voltados para a utilização de computadores no auxílio ao processo de desenho arquitetônico. O uso do computador como ferramenta em desenho não tem origem na representação da forma, mas busca de soluções para execução de tarefas complexas. Esta utilização tem como princípio a otimização do processo de projeto através da automatização de etapas repetitivas que evolveriam múltiplas combinações e alternativas. A automatização destas tarefas além oferecer um número maior de alternativas de escolha, liberaria tempo para o desenvolvimento de requisitos criativos do projeto.

Nos anos 80, motivos comerciais relacionados à expansão do computador pessoal e a adaptação e comercialização dos programas de CAD (*Computer-Aided design*) levaram a inversão destes objetivos resumindo o computador à mera ferramenta de representação. Apesar desta inversão causar uma certa “atrofia” muitos estudos prosseguiram no desenvolvimento das ferramentas de auxílio ao projeto.

Nesta perspectiva, STEADMAN, MITCHELL e LIGGET (1976), desenvolveram um programa para gerar plantas arquitetônicas de um certo tipo, automaticamente. O programa possibilitou a produção de todos os possíveis planos nos quais determinados condicionantes são atendidos.

A introdução de ferramentas computacionais no processo de desenho tem se demonstrado útil na simulação de condicionantes e restrições de projeto. Em uma aproximação com os métodos das ciências naturais, por exemplo, é possível a simulação do processo de evolução através da seleção baseada na adaptabilidade dos organismos ou para nosso interesse, dos edifícios.

### 2.2.1. Algoritmos Genéticos

*Evolutionary Design Systems* (BENTLEY, 1999) (Sistemas Evolutivos de Desenho) são ferramentas computacionais, criadas para imprimir produtividade, qualidade, rapidez e reduzir e custos de produção do desenho. A expressão *Evolutionary Design*, provém da evolução biológica e utiliza largamente conceitos advindos da genética, fazendo analogia aos processos adaptativos dos sistemas e processos de seleção natural. *Evolve design* utiliza algoritmos genéticos, que têm sido aplicados com sucesso em diferentes tipos de sistemas de desenho automatizado. A idéia de procura entre uma coleção de soluções candidatas à solução desejada é denominada, em ciências computacionais, como espaço da procura (MITCHELL, 1996). O espaço da procura contém a solução codificada (genótipo) e o espaço da solução contém a solução decodificada (fenótipos). Os algoritmos genéticos empregam estes dois espaços: o espaço de procura e o espaço das soluções (BENTLEY, op. cit.). Outro conceito consiste no ambiente de adaptabilidade que corresponde ao espaço de todos os possíveis genótipos relacionados à adaptabilidade. A adaptabilidade corresponde à adequação da solução ao problema. As soluções mais adaptadas são aquelas que sobreviverão, como na evolução biológica, ao processo evolutivo.

SCHNIER e GERO (1995); SCHEIDEGGER e TURKIENICZ (2000), desenvolveram aplicativos baseados em algoritmos genéticos para a geração automática de plantas arquitetônicas.

Segundo Hornby et al. (2001) uma das principais críticas à abordagem evolucionária de projeto se refere ao alcance destes sistemas comparados a alta complexidade requerida pela engenharia. Considerando que espaço de procura aumenta exponencialmente de acordo com a dimensão do problema, capacidade computacional requerida para problemas complexos tornaria inviável o uso destes sistemas. Como alternativa propõe o uso de especificações generativas em uma gramática. A gramática permite a economia de recursos, na medida em que admite recursividade e reuso de componentes, possui a habilidade para produzir módulos complexos a partir de módulos simples.

### 2.2.2. Implementações computacionais de Gramáticas da Forma:

LEYTON (2001) em *A generative theory of shape*, apresenta uma teoria generativa da forma com aplicação em áreas como arte arquitetura, música, matemática, física, ciências da computação, psicologia entre outras disciplinas. Formas são apresentadas como originárias de primitivas geométricas - círculos, quadrados, cubos, cilindros, etc. Estas primitivas, por sua vez são definidas por elementos mais fundamentais – ponto, linha, plano. Através desta simplificação, formas são especificadas matematicamente, usando teoria dos grupos (*group theory*). As informações necessárias para gerar uma forma são “recuperadas” a partir da definição matemática de forma. A teoria de Leyton permite a especificação matemática completa de formas complexas, porém não tem sido usada para a descrição de linguagens arquitetônicas.

GIPS(1999) analisou as implementações computacionais de Gramáticas da Forma, distinguindo quatro tipos de programas de acordo com as tarefas que deveria executar:

- a) *Shape grammar interpreter* – gerador de formas em uma dada linguagem. De forma automática ou guiada pelo usuário.
- b) *Parsing Program* – Programa mais para análise do que para síntese, identifica se determinada forma pertence a uma linguagem. O programa seria capaz de fornecer a sequência de regras capazes de gerar esta forma.
- c) *Inference program* – A partir de um conjunto de formas o programa deve descrever a gramática capaz de gerar este conjunto.
- d) *CAD para Shape grammars* – Este poderia auxiliar o usuário (designer) na criação de uma gramática de formas fornecendo ferramentas sofisticadas para este fim.

O sistema de design proposto por TAPIA(1999) antes que constituir uma ferramenta de design serve para consolidar um conceito, no que se refere ao processo de projeto como um modo de computação, que pode ser traduzido ou codificado em suas tarefas mais repetitivas e na etapa de resgate de dados para o processamento

de soluções (“the bookkeeping task”) admitindo a automatização computacional de determinadas etapas deste processo.

Do ponto de vista das implementações o trabalho de Tapia constitui a primeira tentativa para a implementação computacional de Gramáticas da forma voltado a programação visual com ênfase na visualização do sistema de design constituído pelas gramáticas.

A implementação de Tapia admite um processo de design não linear, onde o usuário pode retornar a fase anterior, o que se assemelha a um modo natural de projeto, no processo de experimentação e no modo, através do desenho em ferramentas de CAD. Estas qualidades de familiaridade são adequadas ao ensino de gramáticas embora seja considerado adequado para usuários “iniciados” no tema, com experiência em Gramática (McGILL e KNIGHT, 2004).

Por outro lado se muitas das aplicações apresentadas para exploração de design podem ser simuladas ou experimentadas em um programa de CAD, a grande vantagem da implementação nestes termos seria a possibilidade de exploração automática de múltiplas alternativas, que no método tradicional representam um processo exaustivo para ser realizado manualmente, descartando soluções potenciais que resultam inexploradas.

CHAU et al. (2004) revisaram a literatura em Gramática da Forma examinando as áreas de aplicação do modelo e as implementações computacionais existentes. Foi verificado que as aplicações estiveram concentradas nas áreas de engenharia e arquitetura e muitas das análises existentes foram elaboradas manualmente. Segundo os autores, àquela época, as implementações computacionais existentes estariam limitadas ao domínio experimental e estariam aquém de servir de apoio ao projeto real. Limitadas a elementos básicos retilíneos e, em sua maioria, ao espaço bidimensional. análise das diferenças e limitações entre as implementações de Gramáticas da forma existentes. Conclui que uma das principais limitações seria a não utilização da representação máxima, e, como consequência, estas implementações não admitem a incorporação e exploração de uma das características do processo de projeto a emergência de formas. Os autores descrevem os requisitos de uma implementação computacional de Gramáticas para

o desenvolvimento da geometria de projeto de produto: Uso de representação máxima admitindo emergência; possibilitar o reconhecimento de formas sob transformações euclidianas; admitir formas paramétricas, formas tridimensionais e formas curvas; exibir uma interface intuitiva; suportar superfícies planas e sólidos; prover critérios estéticos para avaliação e seleção automática de projetos; fornecer uma representação inequívoca para a produção.

LI et al,( 2009) desenvolveram um protótipo de ferramenta de auxílio ao projeto baseado nas Gramáticas da forma. O sistema foi desenvolvido considerando as limitações e vantagens dos sistemas existentes e alternativas para superar estas limitações, como por exemplo a edição de formas, um dos objetos do protótipo.

Foram desenvolvidos dois editores de formas, um integrado ao ambiente generativo de gramáticas com ênfase na manipulação gráfica de objetos e um aplicativo que utiliza o potencial para desenho de formas precisas e complexas além da familiaridade do designer com sistemas de CAD. O inconveniente seria a necessidade de uso simultâneo e intercâmbio entre os dois sistemas. No entanto, um teste informal aplicado a usuários de diferentes níveis de experiência no uso de gramáticas, demonstrou que a mudança entre um sistema e outro não constitui um problema, comparado as vantagens de uso de uma ferramenta de desenho mais sofisticada que as ferramentas associadas aos sistemas generativos. Por outro lado as ferramentas mais simples são adequadas aos iniciantes em gramáticas, enquanto usuários experientes são capazes de utilizar os editores conforme a necessidade.

McGILL e KNIGHT (2004) produziram um programa para o aprendizado intuitivo de projeto por computador através da exploração da noção de Gramáticas da Forma. A diferença entre o programa e aqueles que o antecederam reside em ter sido desenvolvido por um designer, razão pela qual foi enfatizada a importância de uma interface visual e intuitiva. Segundo as autoras, existe uma tendência a valorização da simplicidade na programação em detrimento da usabilidade e interface visual destes programas.

São apresentadas as diferenças, qualidades e limitações de dois programas existentes 3D Shaper e GEdit, com relação a funcionalidade e a interface para o uso de designers e para o aprendizado de Gramáticas da Forma. Enquanto o primeiro

estaria mais voltado para a facilidade de programação do que para o aspecto intuitivo na manipulação de formas, o segundo apresentaria uma interface elegante porém pouco adequada para a introdução e aprendizado dos conceitos de Gramática da Forma no âmbito do ensino acadêmico.

Um dos propósitos de *Shaper2d* como ferramenta de ensino seria tornar o mais compreensível possível o processo das Gramáticas através da interatividade e resposta dinâmica. Nos programas anteriores o processo de computação, a aplicação da regra, seria invisível para o usuário dificultando a percepção das transformações. Através da interatividade do designer com a manipulação e execução destas transformações e percepção da relação direta entre causa e efeito das operações, o processo se torna intuitivo e de fácil apreensão.

O programa contém um menu contendo vocabulário de formas básicas, relações espaciais, regras e design. As manipulações das formas são atualizadas de modo dinâmico, imediatamente após a ação. Um aplicativo para uso direto via internet foi desenvolvido, no entanto, com certas limitações de funcionalidade.

Na opção para *download*, são disponibilizadas duas versões, básica e avançada. A aplicação admite salvar, carregar regras e exportar no arquivos no formato *dxf*. É possível introduzir imagens de fundo na janela de design, contextualizando o projeto. A versão avançada incorpora a substituição de formas.

Apesar de sua especificidade e funcionalidade desenhada para o uso de Gramáticas da forma existe certa familiaridade entre funcionalidades do programa e a aplicação de blocos no sistema CAD, apresentando semelhança com o sistema de ensino desenvolvido por CELANI (2002). O sistema de Celani, apesar de não conter o mesmo tipo de desenvolvimento possui a vantagem de explorar uma ferramenta que já é naturalmente familiar ao estudante de arquitetura e design, além de desenvolver habilidades na exploração de funcionalidade de aplicações desta ferramenta (VBA).

Duarte (2005; 2007) propôs um sistema de design para produção de habitação em escala, porém customizada. A idéia é associar modos de produção em massa e ferramentas computacionais que permitam habitação qualificada e adequados as necessidades de cada família, superando as limitações do processo tradicional de projeto em prover soluções individualizadas em grande escala, com baixo custo de

projeto e produção. A gramática reproduz a linguagem das casas do conjunto Malagueira projetado por Álvaro Siza. (Fig. 5)

A customização é proporcionada através de um programa interativo disponibilizado via web, para a geração de soluções e correspondente visualização através de prototipagem rápida e realidade virtual. Os dados inseridos pelo usuário geram o programa habitacional adequado a normas de habitação, que uma vez aprovados pelo usuário geram soluções de projeto adequadas aos requerimentos programáticos. São permitidas alterações deste projeto até a aprovação final pelo usuário, permitindo então a produção e posterior montagem no sitio previsto.

Duarte desenvolveu um modelo matemático que admite o programa interativo descrito, no que se refere principalmente a relação com a gramática de projeto.

O modelo deve responder a três tipos de problemas em termos computacionais:

- a) Simulação computacional: Tradução dos dados do cliente em requerimentos de projeto assim como a avaliação se o projeto satisfaz estes requerimentos.
- b) Geração computacional: Codificação dos regras de composição de acordo com determinado estilo.
- c) Otimização computacional: tradução dos dados em uma solução habitacional.

Uma gramática discursiva foi desenvolvida para atender simultaneamente os problemas computacionais apresentados. A gramática discursiva associa uma gramática descritiva, uma gramática da forma e um conjunto de heurísticas. A primeira refere-se a semântica, a segunda a sintaxe, e a terceira trata das escolhas durante o processo de projeto visando a atingir o objetivo final.

Uma gramática de programação processa os dados do programa de habitação portuguesa e sistemas de avaliação – PAHP, e a gramática de projeto codifica as regras de projeto das habitações desenvolvidas por Alvaro Siza na Malagueira.

A gramática de programação gera descrições simbólicas do programa habitacional de acordo com os dados inseridos pelo usuário.

A gramática de projeto gera soluções habitacionais de acordo com o programa utilizando em paralelo descrições simbólicas e da geometria das formas.

A gramática da Malagueira é baseada na manipulação de retângulos usando regras de dissecção, conexão e extensão associadas a regras de atribuição e mudança de funções. A geração compreende duas etapas: A primeira trata da divisão do lote em zonas funcionais e a definição da escada e do tipo de casa. Na segunda etapa as zonas são divididas em salas para obter o layout da plano. São utilizados rótulos para identificar o uso nos retângulos, assim como outros marcadores são utilizados para guiar a derivação bem como, ao final de cada etapa, apagar os marcadores em desuso. São utilizadas múltiplas álgebras para descrever simultaneamente os diversos modos de representação do projeto, controlar e relacionar as consequências da aplicação de uma regra nos diversos pontos de vista.

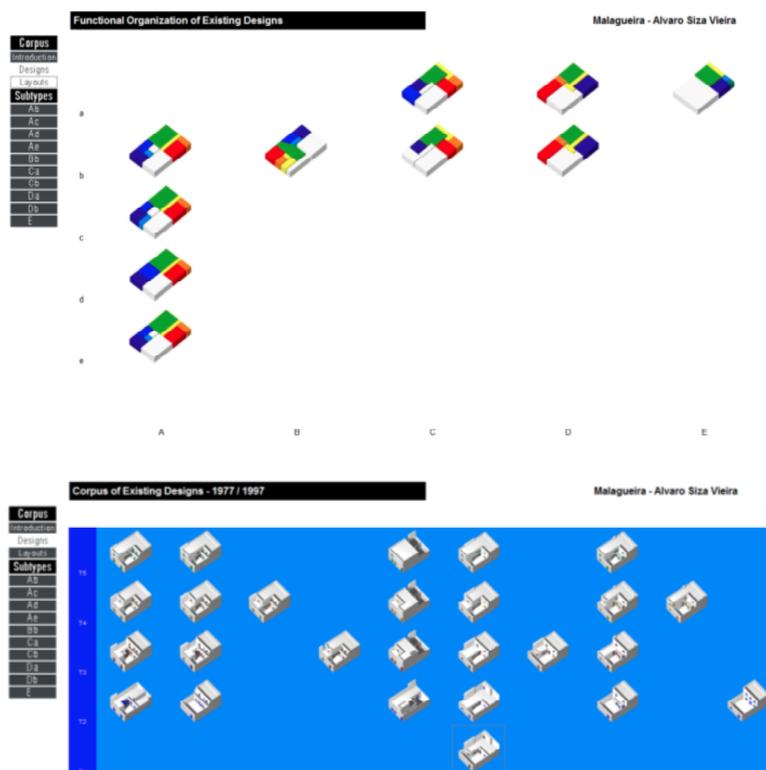


Figura 5. Gramática da Malagueira, (DUARTE, op cit)

Apesar do avanço obtido nos últimos anos nas implementações computacionais de Gramáticas de formas, o desenvolvimento de um programa que incorpore todo o conhecimento envolvido no mecanismo generativo das gramáticas permanece com um desafio. Parece que as implementações existentes tendem a codificar apenas

uma parte do conhecimento envolvido, e, frequentemente muito dependentes do problema que as originou. No caso das gramáticas sintéticas parece que existem muitos aspectos do processo criativo e do processamento da informação até chegar a formatação de uma linguagem que carecem de descrição. No que se refere as gramáticas analíticas ainda não está disponível uma ferramenta de reconhecimento de padrões entre formas, desenhada para a síntese das regras de uma gramática de forma.

As implementações ainda estão muito aquém da capacidade perceptiva humana para reconhecer e criar padrões complexos como os que determinam a familiaridade aparente entre objetos. Uma das alternativas viáveis para a implementação de sistemas generativos automatizados tem sido os softwares generativos e paramétricos. Pela sua interface intuitiva acessível e capacidade de gerar complexidade a partir de regras simples este tipo de software vem se estabelecendo com facilidade no meio acadêmico e da prática, ao contrário das implementações de Gramáticas da forma que pela sua especialização tem tido dificuldade de ultrapassar os limites do ensino e pesquisa.

### **2.2.3. Modelagem paramétrica**

Paralelo as iniciativas de implementação computacional de Gramáticas da forma, sistemas generativos orientados por regras tem se disseminado no ambiente profissional e acadêmico. A acessibilidade destes sistemas para usuários não programadores reside na representação icônico/analógica (CELANI e VAZ; 2011). Estes sistemas proporcionam um ambiente intuitivo para a simulação e manipulação de formas complexas e vem sendo utilizado no ensino de projeto.

O projeto auxiliado por ferramentas interativas que relacionam a geometria da forma a definição de regras de sintaxe e lógica em interfaces acessíveis, apesar de relativamente recente vem se consolidando para arquitetos e designers e estudantes através da modelagem paramétrica utilizando *softwares* o *Grasshopper*, e o *Generative Components*.

A modelagem paramétrica introduz a lógica do projeto através da programação da geometria da forma e seu comportamentos em dois formatos:

a) programação visual: composto por uma tela onde as funções básicas pré-codificadas em componentes gráficos são instalados e combinados na forma de diagramas para a execução das tarefas. Ou seja, o sistema contém uma representação analógica para os algoritmos (CELANI e VAZ; 2011).

b) ambiente de script: Visual Basic VB.net e C # os quais admitem customização de códigos.

Esta conjugação de ambientes de programação analógico e simbólico em uma mesma ferramenta pode representar o caminho para que os métodos computacionais se tornem parte do processo de projeto na medida em que se verifica a facilidade de adaptação destes softwares no ambiente de ensino de projeto.

## MATERIAL E MÉTODO

### Capítulo 3

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. A Habitação de Interesse Social em Porto Alegre e Região Metropolitana: caracterização do corpus de estudo.

O corpus de estudo é constituído por plantas baixas de vinte e quatro projetos de unidades habitacionais produzidas pelo Estado do Rio Grande do Sul (Brasil)<sup>39</sup> ou pela iniciativa privada, com financiamento público, destinados a demanda de habitação de interesse social. A seleção do corpus de estudo foi feita com base nos limites de área construída e tipologia que tem caracterizado a produção de HIS.

Quadro 1 . corpus de estudo

PROMOTOR	Nº	TIPO	
DEMHAB (MUNICIPIO)	12	1	QUITINETE <sup>40</sup> TÉRREA GEMINADA 2X2
		3	1D TÉRREA GEMINADOS EM FITA
		4	2D TÉRREAS GEMINADOS EM FITA
		2	2D SOBRADOS GEMINADOS EM FITA
		1	2D APARTAMENTO
COHAB/SEHADUR (ESTADO)	5	1	1D TÉRREA
		4	2D TÉRREA ISOLADA OU GEMINADA 2X2
INICIATIVA PRIVADA (PMCMV - GOVERNO FEDERAL)	8	1	2D TÉRREAS GEMINADOS 2X2
		7	2D APARTAMENTO

<sup>39</sup> Considerando as diferenças regionais existentes em um país das dimensões do Brasil, optou-se por limitar o escopo deste estudo ao Estado do Rio Grande do Sul, em particular Porto Alegre e Região Metropolitana onde a questão da demanda por habitação assume maiores proporções. Posteriormente o modelo pode ser estendido para se tornar mais abrangente e avaliar diferenças e semelhanças entre a produção em diferentes orçãos do Brasil.

<sup>40</sup>Quitinete, do inglês Kitchenette, é um apartamento que contém apenas dois compartimentos separados, banheiro, e um quarto/sala conjugados. As funções reduzidas de cozinha compartilham o mesmo espaço, geralmente separadas em um móvel compacto. O chamado apartamento JK difere-se por possuir as funções de cozinha em compartimento separado.

Deste total, doze são projetos do Departamento Municipal da Habitação da Prefeitura Municipal de Porto Alegre; quatro são projetos-padrão produzidos pelo Estado através da Companhia de Habitação, COHAB-RS<sup>41</sup> e Secretaria de Habitação do Estado do Rio Grande do Sul; oito constituem empreendimentos da iniciativa privada no âmbito do PMCMV, para Porto Alegre e Região Metropolitana.

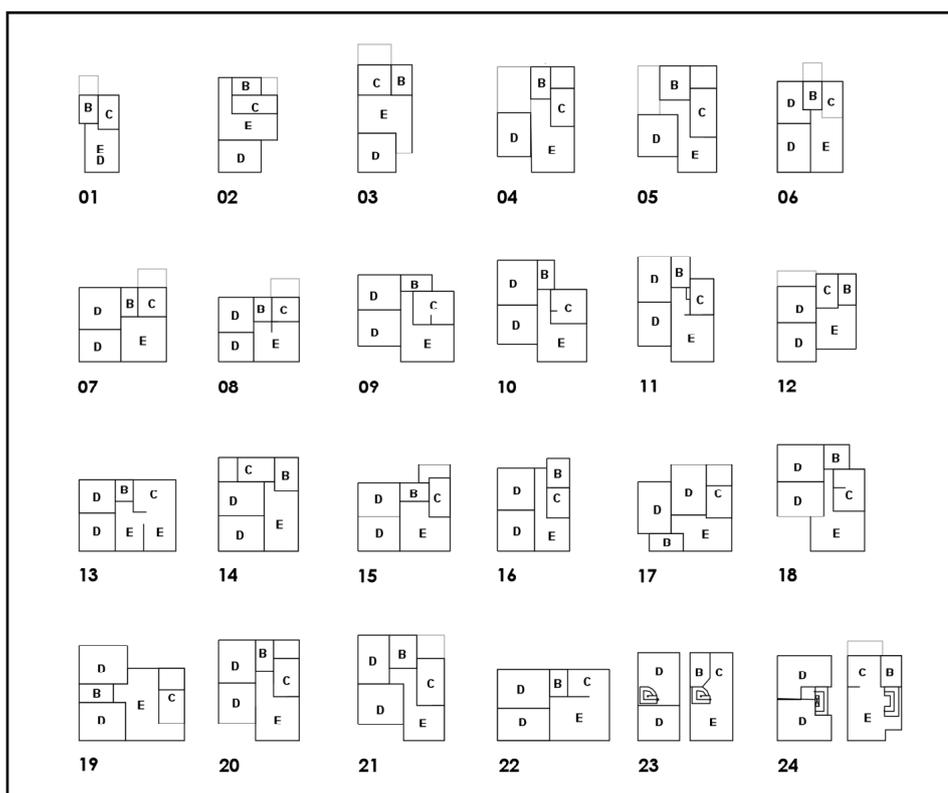


Figura 6. Corpus de estudo

A maior parte dos vinte e quatro exemplares, é constituída por unidades de dois dormitórios, 2D, que podem ser unidades independentes, geminadas em fita, duas a duas, ou apartamentos. As unidades quitinete e com um dormitório, 1D, constituem

<sup>41</sup>A COHAB RS foi a antiga Companhia de Habitação de atuação no âmbito do Estado.. Foi extinta pela Lei N° 10.357, de 16 de janeiro 1995. Suas atribuições de execução dos serviços de habitação social passaram para a Secretaria Especial de Habitação do Estado, SEHAB. A SEHAB teve suas funções regulamentadas na Lei 11.324 de 14 de maio de 1999.

variações das unidades 2D, ou seja, o mesmo projeto sem um dormitório, com ou sem previsão de ampliação. Dezesesseis são unidades unifamiliares na forma de casas térreas e sobrados e oito são apartamentos de conjuntos multifamiliares. A diferença fundamental entre a configuração da casa e do sobrado é de natureza topológica. Consiste na disposição dos dormitórios acima do conjunto sala, cozinha e banheiro ao invés da disposição à esquerda ou a direita deste conjunto. No entanto, esta configuração implica no compartilhamento de parte da área do conjunto com uma escada.

Os parâmetros dimensionais extraídos das plantas-baixas de todos os exemplares foram organizados em uma tabela, assim como os parâmetros normativos (NBR 15.575, PMCMV/FAR CEF<sup>42</sup>). Em outra tabela foram determinadas as exigências de espaço para diferentes arranjos de mobiliário. O conjunto dos dados forneceu os intervalos de parâmetros dimensionais admissíveis utilizados na derivação computacional das variações de HIS. Os projetos de promoção pública e suas variantes são considerados projetos-padrão tendo sido utilizados em mais de um empreendimento.

### **3.1.2. Caracterização dos arranjos funcionais do corpus de estudo:**

Quanto as características dos arranjos funcionais a análise preliminar apontou recorrências de configuração resultantes da associação entre os requisitos programáticos, funcionais e econômicos:

1. Dimensão da fachada frontal em habitações unifamiliares – casas e sobrados: a menor dimensão otimiza o aproveitamento da infra-estrutura urbana. As menores dimensões registradas na amostra apresentam de um a dois compartimentos na fachada. A fachada frontal contém o compartimento que

---

<sup>42</sup> NBR 15.575, PMCMV/FAR CEF: A Caixa Econômica Federal, CEF, é o principal agente financiador do Programas Habitacionais do Governo Federal. Especificação técnica mínima PMCMV disponível para consulta no endereço eletrônico [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br). PORTARIA No 465, DE 3 DE OUTUBRO DE 2011. As especificações mínimas contidas neste estudo e na Portaria referem-se a Norma Brasileira NBR 15.575 disponível em: [http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/habita/mcmv/Especificacoes\\_APTO\\_acs\\_22072011.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/habita/mcmv/Especificacoes_APTO_acs_22072011.pdf) acessado em 10 junho 2012.

dá acesso a residência, preferencialmente a sala de estar e/ou uma circulação. O acesso principal pode ocorrer pela fachada frontal ou lateral.

2. Em nenhum dos exemplares a cozinha aparece na fachada principal<sup>43</sup>.
3. Zoneamento funcional: os dormitórios estão agrupados ou próximos.
4. Nem sempre se verifica a concentração ou proximidade entre portas e acessos. Esta estratégia reservaria maiores faixas de paredes para a disposição do mobiliário, reduziria circulações e atenderia ao zoneamento de usos, como a proximidade de acesso entre banheiro e dormitórios.
5. Sistemas água e esgoto: cozinha e banheiro dispostos lado a lado para compartilhamento da parede hidráulica.
6. O banheiro permanece no térreo em sobrados.
7. Predominância da sala e cozinha conjugadas: permite compartilhar área de uso e circulação e economizar paredes.
8. Ausência de circulação de distribuição delimitada, exclusiva, por razões de economia de paredes e área. A ausência de paredes permite compartilhamento de áreas de uso e circulação entre espaços distintos.
9. Dimensões mínimas condicionadas pelos equipamentos somados ao espaço funcionamento.
10. Proibido acesso direto ao banheiro a partir da cozinha assim como qualquer abertura que relacione estes compartimentos.
11. Os únicos compartimentos que admitem servir de acesso a todos os outros compartimentos são a sala de estar/jantar e circulação. A cozinha pode servir de acesso apenas a área de serviço.
12. Como regra geral todos os compartimentos possuem no mínimo uma abertura direta para o exterior. Em casos excepcionais, o banheiro pode ter ventilação

---

<sup>43</sup> É chamada fachada principal aquela que é frontal a rua. No caso de apartamentos a cozinha é disposta em uma fachada secundária do edifício.

mecânica, ou ventilação através da área de serviço, caso esta seja independente da cozinha.

13.A área de serviço pode compartilhar a janela com a cozinha ou vice-versa.

14.A área de serviço pode ser conjugada com a cozinha.

Os exemplares da amostra de habitação unifamiliar, casas e sobrados, apresentam apenas dois compartimentos adjacentes a fachada que contém o acesso. No entanto, é possível extrapolar a amostra para mais ou menos de dois compartimentos, desde que atendam as relações de adjacência prioritárias.

A área mínima da HIS pode ser definida a partir do cruzamento entre as informações sobre o espaço necessário para a alocação de equipamento e realização das atividades com as informações sobre os condicionantes legais, econômicos (custo de infra-estrutura, materiais, da terra, e do metro quadrado construído) e estruturais (espaço disponível, tecnologia construtiva, conexão com infra-estrutura existente).

As possibilidades de arranjo dos compartimentos são restritas principalmente pela racionalização e economia de recursos aplicados na produção de conjuntos habitacionais de Interesse social. Por exemplo, em termos funcionais a localização mais satisfatória do banheiro em unidades de dois dormitórios seria entre os dormitórios gerando uma pequena circulação com acesso aos três compartimentos e ao mesmo tempo reduzindo a incidência de portas ou aberturas diretas ao ambiente de estar. No entanto, em unidades geminadas em fita, o banheiro situado entre os dormitórios estaria enclausurado, exigindo ventilação forçada ou área de ventilação interna. Por outro lado, a situação de adjacência à cozinha, arranjo mais frequente na amostra, permite otimizar o custo do conjunto de instalações hidráulicas e de esgoto.

O exame preliminar resultou na seleção para análise sintática de vinte e quatro exemplares que possuíam configurações aparentemente diferentes. Foram excluídos os exemplares idênticos e com pequenas variações dimensionais ou de materiais.

## **3.2. Método:**

### **3.2.1. Análise preliminar do corpus de estudo:**

No exame preliminar da amostra de projetos de promoção pública foram identificados uma série de projetos semelhantes com denominações diferentes. São variantes de parâmetros dimensionais e/ou geométricos para adequação ao sítio, à tipologia, à tecnologia construtiva ou diferenciação de fachada. Os projetos em suas variantes foram considerados projetos-padrão por terem sido utilizados em mais de um empreendimento.

Nos exemplares de iniciativa privada, o promotor repete o projeto em vários empreendimentos, em alguns casos com plantas idênticas e outros com alteração de parâmetros dimensionais. Projetos são reaproveitados, adaptados com pequenas ou mínimas variações. Em projetos de apartamentos percebe-se alterações que refletem a modificação da fachada, e/ou parâmetros dimensionais do edifício no qual estão contidos. É também na promoção privada que ocorrem os projetos que mais se desviam, em configuração, do padrão de organização das plantas do corpus de estudo. Em geral, estas modificações refletem uma elevação do padrão de acabamentos geral do conjunto, com reflexos no preço final dos apartamentos. A elevação do padrão ocorre com uma mudança pouco significativa na área do imóvel, cerca de 2 a 5 metros quadrados, acompanhada por diferenças na configuração da planta e tanto nos padrões de acabamento como nos serviços disponíveis do condomínio. Nestes casos, a configuração da planta apresenta um zoneamento de funções mais definido, com o acréscimo de circulações e, em alguns casos, melhor definição de área íntima e privada. A aparência geral do condomínio é melhorada através de projetos de paisagismo, inclusão de pórticos de entrada, muros ou grades, acabamentos e equipamentos coletivos como piscinas e quadras de esportes.

Os projetos de promoção pública tem sido adotados como projetos-padrão e utilizados ao longo de vários anos, enquanto que o projetos da iniciativa privada são recentes, produzidos para atender a demanda do PMCMV. Os projetos-padrão da antiga COHAB foram utilizados em diversos conjuntos habitacionais implantados a

partir década de 70. Levantamentos realizados por Turkienicz (1982) indicam as transformações que as unidades de origem sofreram ao longo dos anos.

A escolha de um corpus de estudo heterogêneo em termos de tipologias e número de dormitórios permitiu verificar que a tendência à padronização dos projetos ultrapassa os limites do tipo. A padronização da forma ocorre independente de condicionantes programáticos e tipológicos. A diferenciação mais recorrente é a de parâmetros dimensionais.

A padronização dos projetos é uma das consequências diretas da generalização da redução dos custos em todos os âmbitos da produção de habitação social. Projetos arquitetônicos padronizados implicam na redução de custo, tempo e trabalho de execução e aprovação<sup>44</sup> de todos os projetos complementares e executivos, seus orçamentos e descrições. Alterações paramétricas, de fachada ou de implantação permitem o reaproveitamento de projetos complementares e, em termos práticos, de toda a documentação de projeto. Por esta razão, a prática de reaproveitamento de projetos se reproduz tanto no âmbito público quanto privado da produção de habitação de interesse social.

Na iniciativa privada cada empresa adota alguns poucos projetos conforme a faixa de renda e a localização explorando as variações dentro do escopo da economia de recursos e das características gerais do empreendimento.

A análise dos vinte e quatro exemplares teve como objetivo identificar semelhanças e diferenças entre as configurações dos projetos, independente das características tipológicas. Esta autonomia permitiu a separação entre as características comuns a todos os exemplares e aquelas que servem a adequação ao tipo. Desta separação resultaram duas gramáticas inter-relacionadas: a gramática dos compartimentos e a gramática do contexto. Da relação de ordem que se estabelece entre os elementos contidos pelos compartimentos foi descrita uma gramática para o mobiliário.

As **gramáticas dos compartimentos e do mobiliário** da HIS descrevem, como regras, os padrões morfológicos extraídos do corpus de estudo. Grafos e a

---

<sup>44</sup> Embora a aprovação seja obrigatória para cada novo empreendimento, ter sido aprovado anteriormente garante que o projeto se enquadra em todas as disposições legais, não havendo necessidade de ajustes que possam atrasar a aprovação, garantindo celeridade ao processo.

representação adimensional foram utilizados para a descrição e análise comparativa dos projetos, isolando a configuração de suas variáveis dimensionais. A representação adimensional serviu para a definição das regras em ambas as gramáticas.

O vocabulário, constituído de módulos unitários dos elementos funcionais da HIS, é representado por cores e um monograma de identificação (fig. 7). O uso de cores ajuda a traduzir, graficamente, as semelhanças e diferenças de relação espacial entre elementos do programa. Um marcador é utilizado como indicador de posição de acesso do compartimento (fig.7).

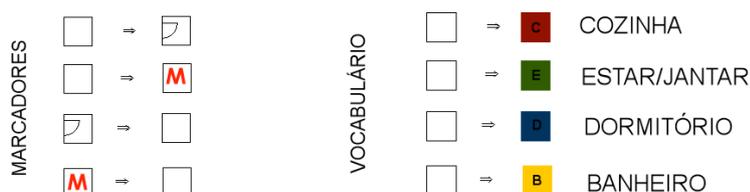


Figura 7. Marcadores e Vocabulário

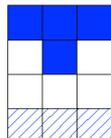


Figura 8. Representação do dormitório de casal:  
O espaço de circulação e uso não é preenchido

No caso do mobiliário os módulos e marcadores são semelhantes aos utilizados para o compartimento. Foram mantidas as cores dos respectivos compartimentos, com variações de tonalidade somente quando for necessária a diferenciação entre elementos do mobiliário (fig 8).

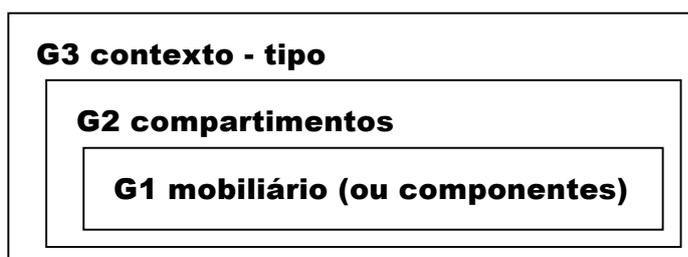
Os modelos descritivos utilizados, originaram um modelo geométrico genérico que constituiu a matriz compositiva da HIS. A matriz foi utilizada para a derivação de alternativas de projeto, baseadas nas relações espaciais presentes no corpus de estudo. A matriz incorpora:

- a) Restrições de acesso e circulação
- b) Restrições de adjacência – funcionais e de habitabilidade.

c| Restrições dimensionais – área e dimensões lineares

O modelo genérico foi extrapolado para todos os tipos de relações geométricas, de acesso e dimensionais que conformam a HIS. Os padrões de agrupamentos de elementos de cada configuração foram incorporados ao modelo, permitindo uma economia de regras na gramática.

A gramática da HIS constitui uma gramática composta, definida em três níveis distintos mas interdependentes:



A seguir é descrito o processo de estruturação das gramáticas do mobiliário, dos compartimentos e gramática do entorno próximo ou vizinhança.

### 3.2.2. Construção de uma gramática

Gramáticas da Forma são especificadas a partir de regras e de uma forma inicial. A partir da decomposição de uma forma **F** obtemos o vocabulário, constituído de formas mais elementares que a forma **F**, e as relações espaciais existentes entre este vocabulário, ou seja, a descrição de como se relacionam as partes ou subconjuntos de **F**. Uma vez estabelecida uma relação espacial, ou o tipo de relação entre dois elementos do vocabulário, esta pode ser usada base para constituição de regras – operações que utilizadas recursivamente produzirão novas formas a partir de uma origem comum – a relação espacial.

No presente estudo, a forma a ser decomposta, de onde advém o vocabulário de **G2** – compartimentos - é a função principal para a qual é destinado um compartimento. O vocabulário de **G1** – mobiliário - é derivado de cada função subjacente à função

principal, composta pelo mobiliário específico e respectivo espaço de uso e funcionamento.

Elementos componentes de determinada forma podem ser dimensionados de acordo com critérios específicos determinando famílias de formas. Uma família de formas é definida por uma forma paramétrica **f** para a qual as coordenadas dos vértices (pontos finais das linhas máximas<sup>45</sup> da forma **f**, são variáveis  $(x,y)$ ). Cada membro desta família é determinado por um atributo **g** de valores reais para as variáveis, ou através da especificação de certas condições que os valores devem satisfazer. Uma forma parametrizada **f**, com atributos **g** é denotada por **g (f)**. Formas paramétricas admitem distorções – os atributos podem alterar aspectos de uma forma, como ângulos, intersecções de linhas, e a proporção entre comprimentos das linhas desde que, permaneçam semelhantes as relações topológicas.

### **3.2.2.1. Descrição dos arranjos:**

#### **3.2.2.1.1. Grafos de adjacência :**

A sintaxe de cada projeto foi descrita através de grafos de adjacência. Para cada elemento do corpus de estudo foram descritos dois grafos de adjacência: incluindo as relações com o espaço externo, e aqueles que isolavam o programa interno da habitação excluindo o entorno. A comparação entre as descrições permitiu verificar as semelhanças e diferenças de sintaxe relativas a configuração interna ou sua relação com o exterior. As maiores diferenças ocorrem a partir da definição do tipo. O tipo estabelece as relações da unidade com o edifício que a contém e o com o exterior.

O grafo da configuração interna descreve as relações de adjacência mas não especifica um arranjo único, ou seja, para o mesmo grafo pode existir mais de um

---

<sup>45</sup> O conceito de linhas máximas serve para a descrição de uma determinada forma, e apenas esta forma, evitando a ambiguidade de interpretação resultante da leitura dos subconjuntos contidos na forma. Cada subconjunto de uma forma contém linhas máximas as quais estão contidas nas linhas máximas desta forma.

arranjo possível (STEADMAN, op.cit.) (fig.9) O grafo de adjacência representa as relações necessárias, admitindo as relações desnecessárias ou indesejadas.

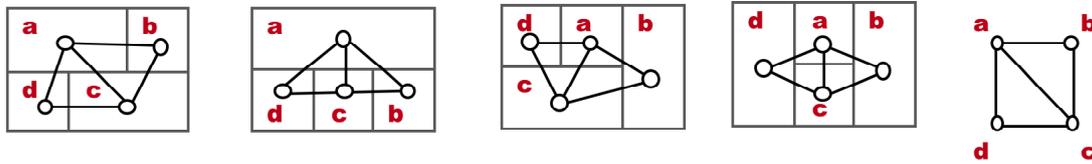


Figura.9. O mesmo grafo para diferentes configurações.  
Versão do esquema original de STEADMAN(op.cit.)

Foram feitos grafos especificando as relações de adjacência entre elementos do mobiliário (fig.10)

A representação adimensional permitiu representar as alternativas de configuração para cada grafo e relacionar as restrições, os marcadores de funções e acessos em um modelo aproximado da geometria da planta. A seguir é apresentado o método utilizado para a representação adimensional dos projetos do corpus de estudo. A representação adimensional constituiu a base para o modelo geométrico genérico da HIS.

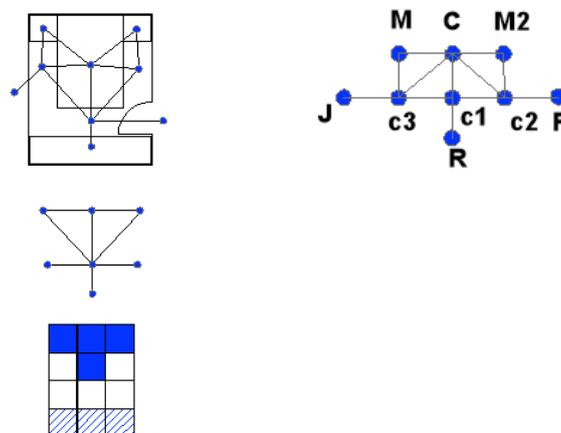


Figura 10. Grafos do dormitório do casal: a primeira versão divide a circulação em três zonas c1, c2, c3; e dispõe um nó para cada uma. A segunda versão centraliza a circulação em um único nó c1. A partir da primeira versão foi feita uma terceira, normalizada e com marcadores.

### 3.2.2.1.2. Modelo Geométrico da HIS :

A representação adimensional da planta baixa separa a forma da sua dimensão (fig 11). É obtida através do traçado de um grid originado em linhas coincidentes com os alinhamentos de objeto de um arranjo. Deste grid são padronizados os valores de x e y como unitários para formar um grid de quadrados. Deste modo são isolados de um lado, a representação da forma e, de outro lado, um conjunto de valores referentes as dimensões de “x” e “y”.

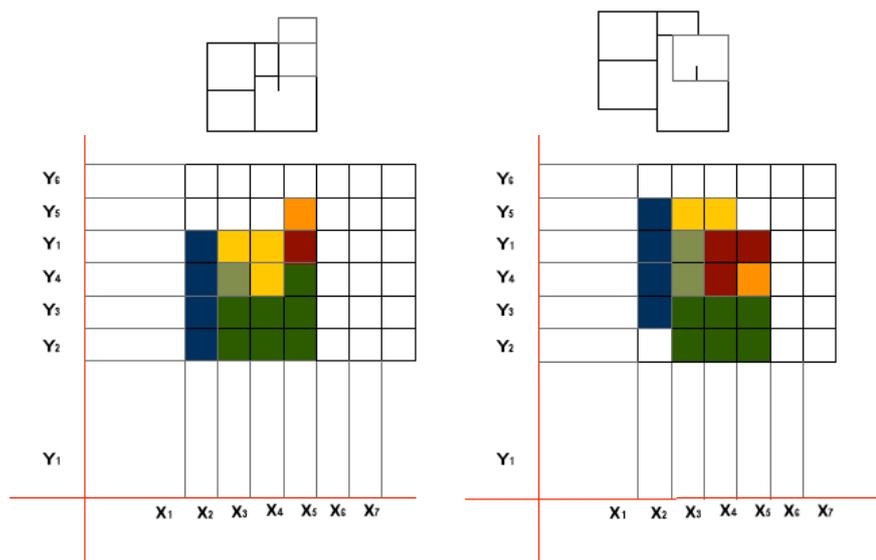


Figura 11. Planta baixa esquemática e representação adimensional

A representação adimensional mantém relação de similaridade com a planta de origem, ou seja, descreve um arranjo específico. Para cada arranjo o número de unidades na representação resulta das linhas originadas no alinhamento dos limites dos objetos de um arranjo, portanto quanto mais alinhamentos não coincidentes maior o número de unidades ou módulos do grid.

O desalinhamento resulta da diferença de dimensão entre os objetos do arranjo descrito (compartimentos ou móveis e equipamentos). Objetos relacionados em dimensões coincidentes geram alinhamentos, e, em dimensões não coincidentes, geram desalinhamentos. A representação adimensional embora separe a dimensão da forma, mantém as características relacionadas a diferença de dimensões entre os objetos do arranjo.

Este estudo propõe que, se for abstraída da representação adimensional os módulos que representam as diferenças de dimensão resultantes dos desalinhamentos, é obtido um modelo genérico da topologia da HIS (fig 12). Com a transformação da representação, a relação entre o modelo e a planta de origem deixa de ser de similaridade e passa a ser apenas topológica.

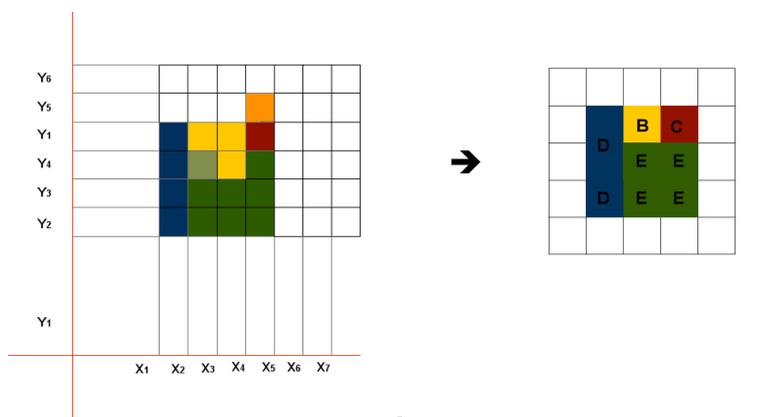


Figura 12. Transformação da representação adimensional em modelo topológico da HIS.

Neste estudo a representação adimensional de cada unidade do corpus de estudo foi utilizada como base para extrair modelos geométricos da topologia das HIS que serviram de matriz para geração de alternativas de projeto e suas variantes paramétricas. Foram extraídas da análise destas representações seis alternativas e extrapoladas outras seis possibilidades de configuração (fig.13). Todas as alternativas referem-se ao padrão de configuração da HIS, que, devido a sua natureza econômica, obedecem à determinados condicionantes do projeto em termos de área, circulação e tipologia. Outras alternativas podem ser derivadas a partir de novas definições. A seguir descrevemos, graficamente, a gramática dos compartimentos.

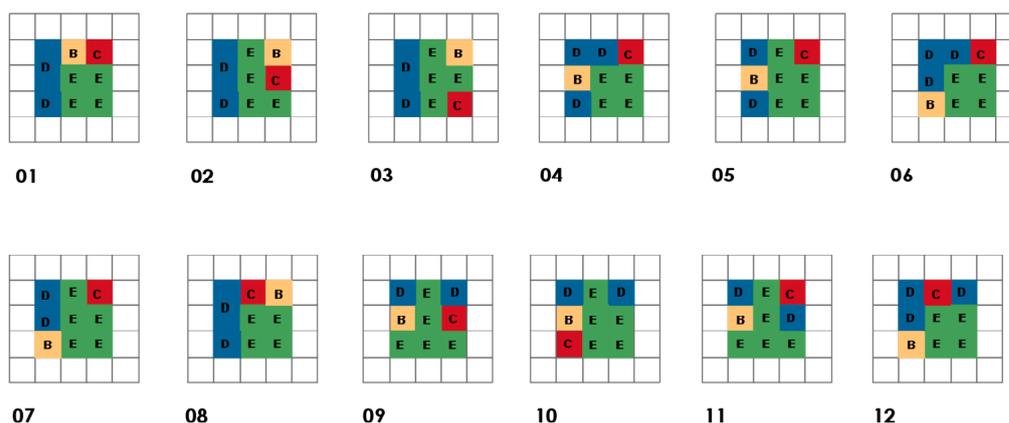
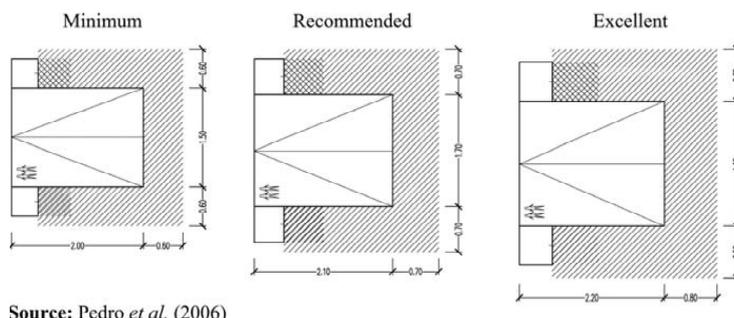


Figura 13. Modelos geométricos de 12 alternativas de configuração da HIS

### 3.2.3. Gramática do mobiliário ou da forma das funções na habitação

Uma gramática independente descreve a organização dos componentes internos ou mobiliário para cada compartimento.

A gramática do mobiliário possui a mesma estrutura da gramática da UH, baseada em atributos qualitativos e quantitativos e principalmente nas relações de adjacência admissíveis. O vocabulário é constituído pela representação adimensional de um móvel ou grupo de móveis que funcionam em conjunto, e seu espaço de funcionamento, circulação e/ou uso. As regras estabelecem as relações admissíveis entre os elementos do vocabulário. São parte do vocabulário os elementos do compartimento necessários ao seu uso, como janela e porta e respectivos espaços de acesso e funcionamento.



Source: Pedro *et al.* (2006)

Figura 14. Três diferentes níveis dimensionais de conforto e funcionalidade (PEDRO,2006)

A gramática gera os arranjos possíveis entre os elementos do vocabulário. A gramática admite a justaposição de conjuntos ou interseção do espaço destinado a circulação.

As combinações possíveis do mobiliário considerando três diferentes níveis (fig.14) dimensionais de conforto e funcionalidade foram examinadas numa planilha do programa Excel. Os dados da planilha, no que se refere aos parâmetros mínimos foram obtidos da combinação entre dados do corpus de estudo e dos requisitos mínimos do PMCMV e NBR 15.575. Os parâmetros de nível regular e ótimo, foram obtidos de BOUERI (2008).

A gramática do mobiliário utiliza a representação adimensional do mobiliário e seu espaço de funcionamento e circulação. Cada móvel é representado por um ou mais módulos dependendo da relação que estabelece com outros elementos de um arranjo. A circulação é representada por um ou mais módulos que representam o espaço em torno do móvel destinado a uso e acesso. Por exemplo, considerando a relação comum que se estabelece entre uma cama e uma mesa de cabeceira, para representação do conjunto não são suficientes dois módulos adjacentes. Pressupondo que a cama é maior do que a mesa de cabeceira, a representação da relatividade dimensional entre objetos é feita através da adição de um módulo ao objeto cama. Para garantir acesso e representar a diferença entre os limites dos objetos: (fig. 15).

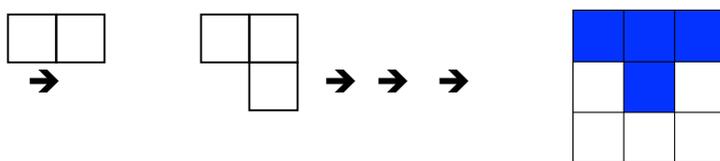


Figura 15. Representação adimensional do mobiliário

Cada módulo corresponde aos limites de diferentes objetos não alinhados em posição e/ou dimensão.

A gramática proposta pressupõe a sistematização de procedimentos de projeto existentes, na forma de regras compiladas ou não, de funções humanas e seu mobiliário dentro dos espaços do habitar, em seus aspectos básicos. Tal

sistematização compreende o inventário e a síntese das regras envolvidas nestes procedimentos de projeto visando a construção de uma gramática para exploração das variações possíveis de configuração do espaço. É derivada da análise das relações que se estabelece entre os elementos do programa e seus condicionantes físicos e geométricos seja largura, posição de aberturas, iluminação, orientação, área, circulação

As regras compiladas referem-se a exigências físicas de espaço para abrigo das atividades e aos aspectos antropométricos e ergonômicos do uso dos equipamentos e do espaço (NEUFERT,1944 PORTAS,1969, BOUERI,1999, e 2008; PEDRO, 2003) ou relativas a segurança ou habitabilidade do ambiente construído (COELHO, 2000).

Outras regras podem ser deduzidas do processo de projeto, cabendo ao arquiteto a compatibilização entre aquelas que geram relações desejáveis ou intencionais e aquelas normativas ou necessárias ao funcionamento. Entre as regras que evitam relações indesejáveis estão, por exemplo, não colocar um móvel na frente de um roupeiro de modo a bloquear a abertura das portas, não colocar um móvel na frente de uma janela que impeça o acesso direto ou obstrua a entrada de luz. Entre as que criam relações desejáveis estão, por exemplo, escolher a melhor orientação solar para a janela e localizar a mesa de trabalho de modo a aproveitar a luz natural (KLEIN,1980), entre outras que constituem procedimentos de projeto não descritos como dados explícitos do programa.

A gramática deve incorporar meios na forma de regras de composição para restringir as relações indesejadas, potencializar aquelas desejáveis ou estabelecer relações compulsórias.

Tornar explícitos estes dados através da sua compilação e sistematização pode ser útil para o exame da interdependência entre condicionantes de projeto e o espaço projetado lançando luz sobre as alternativas para a sua qualificação. Ao contrário de se sobrepor a prerrogativa do arquiteto, trata-se de instrumentalizar o processo de projeto para superar tarefas repetitivas ou desafios combinatórios.

Considerando a variabilidade que pode assumir as dimensões do vocabulário especificado, além da extensão da utilidade que pode adquirir um modelo

paramétrico para o problema em questão, propõe-se a adoção de parâmetros variáveis para o dimensionamento do equipamento e seu espaço de uso.

Em resumo, a gramática paramétrica proposta para a configuração dos usos no espaço é baseada no espaço necessário a execução ao uso e atividades que tem lugar nos compartimentos da habitação. O compartimento selecionado para análise e construção da estrutura do modelo foi o dormitório para duas pessoas.

Foi feita uma relação de condicionantes ou aspectos que estabelecem relação de causa ou consequência em uma configuração: a) Dimensão do espaço disponível; b) número<sup>46</sup>, posição e tamanho de aberturas; c) proporções do espaço; d) orientação e iluminação; e) relação com espaços adjacentes; f) circulação; g) capacidade; h) mobiliário básico para x indivíduos; i) a dimensão de parede mínima, e respectivo número de paredes com no mínimo esta dimensão para cada espaço; j) largura mínima; l) espaço mínimo de uso e funcionamento do mobiliário; m) número de aberturas; n) número de paredes/limites, envolventes maior que quatro (poderia ser ampliado se considerássemos polígonos irregulares).

Estes condicionantes são determinantes das relações espaciais entre cada elemento e serão utilizados na síntese das regras de restrição e composição do espaço.

Para determinar as relações espaciais foram relacionadas as atividades, mobiliário e espaços de uso necessários para o dormitório em estudo.

O padrão de uso mínimo deve assegurar funcionalidade e segurança (BOUERI, 2008; COELHO, 2000) ao ambiente. As funções e suas necessidades de espaço foram descritas por vários autores e recentemente BOUERI(1999, 2008) e PEDRO (2003) descreveram os espaços necessários as atividades da habitação em diferentes níveis de qualidade. Estas descrições estabelecem a relação espacial entre o mobiliário e o espaço necessário para o seu acesso e uso.

Quanto às dimensões do mobiliário, BOUERI (2008) apresenta um quadro com medidas máximas e mínimas encontradas em três redes varejistas em São Paulo, Brasil. No entanto esta é uma questão a ser ponderada, considerando que a

---

<sup>46</sup> O número de aberturas tende a ser duas: um acesso e uma janela, mas embora pouco provável em HIS poderia haver mais de uma. Este estudo deve considerar apenas duas aberturas, um acesso e uma janela.

determinação de dimensões muito específicas pode significar uma restrição indesejada, ou seja, seria desejável uma certa flexibilidade no espaço capaz de admitir diferentes dimensões do mobiliário<sup>47</sup>.

A construção de uma gramática paramétrica permitiu o tratamento das dimensões em intervalos admissíveis e relativos entre si. Por exemplo, na especificação da relação espacial entre camas, dispostas longitudinalmente, de modo paralelo, a distância admitida entre camas seria, em relação ao sistema de coordenadas xy: x maior ou igual a 0,60 m e/ou y=0,05 m ou maior ou igual a 0,60 m. Os parâmetros mínimos admissíveis entre camas foram extraídos de estudos ergonômicos existentes (NEUFERT,1944 BOUERI,2008, PEDRO,2003). A menor distância y é hipotética e corresponderia a distância usual entre a cama e uma parede ou outro elemento do mobiliário.

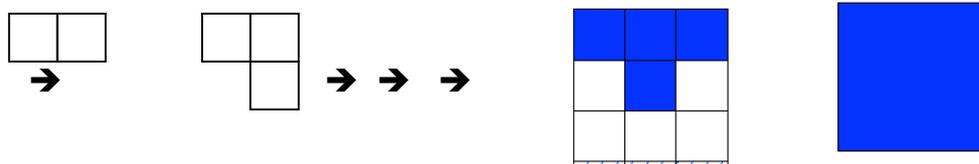


Figura 17. Representação adimensional do mobiliário

A sintaxe entre cada elemento ou subconjunto<sup>48</sup> do mobiliário selecionado foram descritas graficamente em esquemas que contém o mobiliário e seu espaço de uso (fig17) O polígono resultante da análise desta interação são retângulos que, como partes da função principal, dormitório, foram considerados os elementos do vocabulário da gramática. Após a análise das relações espaciais e restrições de composição foram extraídos os retângulos, abstraindo as informações contidas sobre posição no arranjo do mobiliário.(fig17)

<sup>47</sup> Foram considerados neste estudo apenas móveis standard comercializados pelo varejo, evitando móveis sob-medida. Não foram consideradas as chamadas beliches, sobrepostas de qualquer tipo, ou cama embutidas, bicamas, ou sofás cama. Embora estes façam parte do mobiliário standard, estes poderiam admitir espaços muito restritivos sem alternativas de configuração. Objetivo de tal restrição é alcançar o dimensionamento adequado da superfície para no mínimo duas camas, permitindo configurações alternativas ou eventual aumento da família, quando o cômodo inicial para duas pessoas poderia abrigar até 4 pessoas neste tipo de camas.

<sup>48</sup>Móveis como a cama e a mesa de cabeceira foram agrupadas em um elemento, na medida em que o funcionamento e posição da mesa de cabeceira é completamente dependente da cama. A cadeira e seu espaço de uso foram associados à mesa de estudos, porque sua exigência no dormitório resulta da sua utilidade para a mesa.

Os retângulos foram identificados com as funções através de cores, ou seja, cada cor esta relacionada a uma função. O uso dos retângulos não restringe nem extrapola as áreas necessárias e permite múltiplas disposições do mobiliário, como, por exemplo, os modos de simetria. As regras são construídas com os retângulos e contemplam a codificação de todas as restrições e relações admissíveis para garantir o funcionamento e uso do espaço. Por exemplo, para camas de solteiro não deve ser considerada a posição das laterais maiores encostadas entre si. As regras são baseadas na adição dos retângulos na posição paralela ou perpendicular (fig.18)

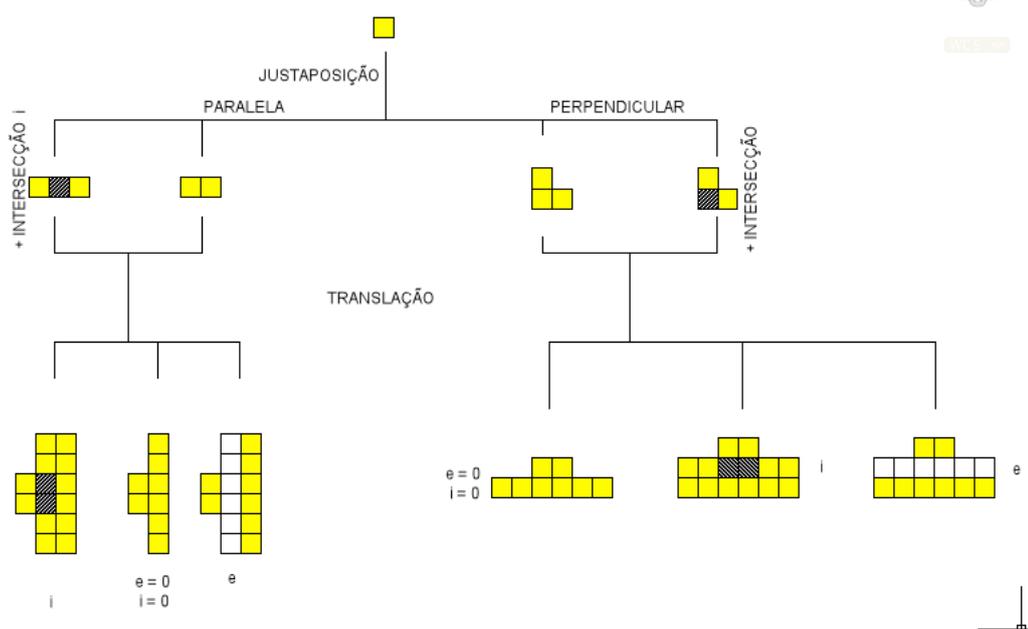


Figura 18. Derivação de regras topológicas para a combinação de dois elementos do vocabulário.

O modelo permite que a geração das alternativas seja processada através da combinação de retângulos simples (fig.18) Cada retângulo comporta as simetrias possíveis para cada arranjo, ou seja, as diferentes posições que o conjunto pode assumir em uma configuração mas que são equivalente em forma e dimensão. Um catálogo das relações espaciais pode ser acessado para fornecer imediatamente as alternativas de posição dos móveis para as configurações selecionadas. A abstração do mobiliário pelo retângulo, que representa o espaço de locação e uso, permite economia na derivação de alternativas de configuração, na medida em que evita a duplicação de soluções simétricas, equivalentes em espaço.

A configuração completa de um ambiente pode ser feita de duas a oito etapas. A primeira etapa serve para a colocação do retângulo correspondente à cama. As atividades que podem ser consideradas indissociáveis são agrupadas em um único polígono. Como por exemplo, a mesa de cabeceira não tem sentido se não estiver disposta imediatamente ao lado da cama. As etapas seguintes acrescentam passo a passo, cada um dos retângulos relativos aos demais usos, sendo que a ordem poderá alterar os resultados. Se, por exemplo, iniciarmos a aplicação das regras pela configuração das camas, começa a se definir a delimitação do espaço por paredes e a restringir-se as possibilidades de disposição de aberturas e do restante do mobiliário. Por outro lado, a escolha da relação entre as camas é interdependente ou está condicionada pela predefinição da dimensão do espaço do dormitório.

#### **3.2.4. Gramática dos compartimentos:**

A gramática paramétrica dos compartimentos baseia-se na premissa de que as diferenças entre projetos podem ser resumidas em alguns tipos ou alternativas de composição. As alternativas são caracterizadas sobretudo pela diferenças de relação de vizinhança entre os compartimentos. Cada organização topológica pode originar um grande número de variações, baseadas em alteração de parâmetros dimensionais e definições tipológicas, como acesso e relação com o conjunto ao qual pertence a unidade habitacional e o entorno próximo.

Os padrões de agrupamentos de elementos de cada configuração foram incorporados ao modelo, permitindo maior simplicidade e economia de regras na gramática.

A gramática dos compartimentos foi descrita em três etapas subsequentes: geração de alternativas de arranjos, geração de variações topológicas, e variações dimensionais dos arranjos.

A operação básica para a geração de **alternativas de projeto** consiste no reposicionamento de compartimentos, alterando a ordem relativa entre os mesmos.

As operações básicas para a geração de **variações de projeto** consistem no reposicionamento total ou parcial de compartimentos mantendo a ordem relativa e na manipulação dos parâmetros dimensionais dos compartimentos.

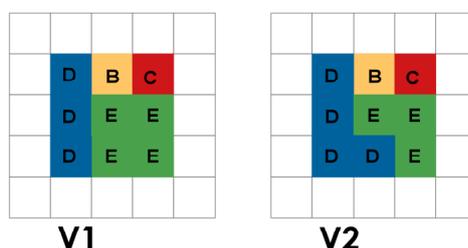
Selecionados os exemplares da derivação, a gramática do contexto confere atributos de tipo, através da definição de relação da unidade com a sua vizinhança imediata ou contexto de inserção urbana. A definição do tipo tem consequência na localização de aberturas, acessos, circulações, posicionamento de equipamentos e mobiliário. Significa que um arranjo de compartimentos pode gerar vários desdobramentos diferentes de combinação entre os diversos elementos associados à definição do tipo. A seguir descrevemos o processo de derivação de alternativas.

### 3.2.4.1. Alternativas:

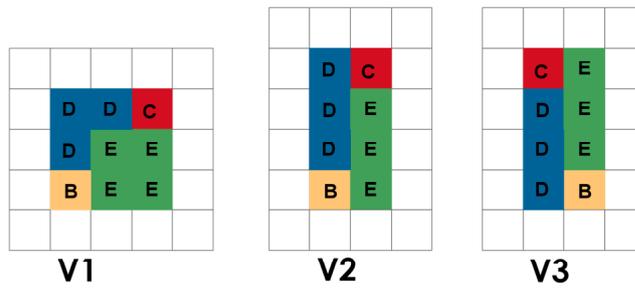
O modelo simplificado abaixo descreve as características topológicas de três configurações residenciais, alternativas 1, 2 e 3 e exemplos de suas respectivas variações V. As variações são determinadas por dois tipos de alteração: da sintaxe ou dos parâmetros dimensionais relativos como por exemplo “o compartimento **D1** é maior ou igual ao compartimento **D2**”.

A configuração descrita pelo modelo refere-se a uma habitação econômica na forma inicial de um polígono retangular de perímetro regular contendo as seguintes compartimentos ou funções: uma sala de estar, representada por **E**, um banheiro **B**, dois dormitórios, **D1** e **D2**, e um compartimento ou espaço destinado a cozinha **C**.

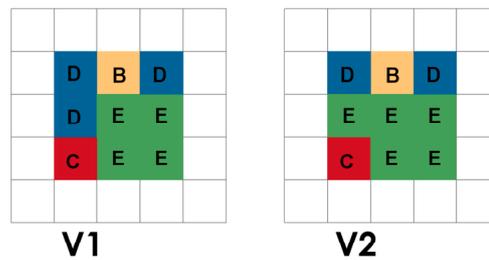
#### Alternativa 1 - Banheiro adjacente a cozinha



**Alternativa 2 - Banheiro não adjacente a cozinha**



**Alternativa 3 - Banheiro entre dormitórios**



Para simplificar a descrição, o espaço destinado a área de serviço “s” (para atividades e equipamentos de limpeza, tratamento e secagem de roupas, entre outras funções relacionadas a manutenção da casa) será considerado contido na cozinha “C” (como parte de seus equipamentos) ou externa a cozinha, como área auxiliar adjacente, neste caso fora do corpo da casa.

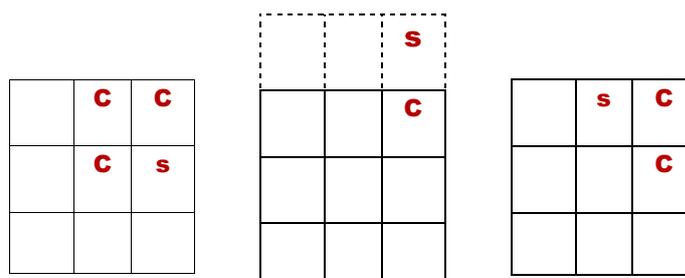


Figura 19. Relação espacial entre Cozinha C e área de serviço s

A definição das alternativas resulta de uma gramática que determina condições gerais de adjacência e acessibilidade. A gramática deve conter as regras capazes de descrever os arranjos possíveis e restringir as relações indesejadas, como por exemplo, relações que geram compartimentos enclausurados. Do mesmo modo a gramática deve permitir o acréscimo de regras que admitam relações não estritamente necessárias, mas desejáveis. Uma relação desejável pode ser, por exemplo, a localização do banheiro entre os dormitórios. Estes aspectos da gramática são extraídos da análise dos grafos e modelo geométrico da HIS.

Todos os compartimentos são adjacentes a **E**, assim como compartilham a acessibilidade através de **E**. Nenhum compartimento deve ficar isolado, sem adjacência de uma das faces ao espaço que permite o acesso ou ligação com os outros compartimentos, definido como o espaço **E**. Não se configura acesso exclusivamente a partir da adjacência de arestas (fig.20).

A adjacência entre faces do polígono indica que existe ao menos uma dimensão  $x$  em que os compartimentos possuem paredes comuns e, ou acesso.

<b>D1</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>D2</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Figura 20. **D1** não tem acesso a **E**

Para fins de simplificação inicialmente os espaços que configuram circulação resultante da relação entre compartimentos serão consideradas como parte de **E**. Finalizada a derivação uma regra de avaliação determina a atribuição da função circulação para compartimentos com características especificadas pela regra.

As diferenças entre as alternativas derivam da alteração da posição relativa entre os compartimentos ou módulos e destes em relação ao compartimento **E**.

Se considerarmos as seguintes posições relativas:

NO	N	NE
O	<b>E</b>	E
SO	S	SE

Figura 21. Posições relativas dos compartimentos da HIS.

Na alternativa 1 o compartimento **B** ocupa a posição ao N de **E**. Na alternativa 2 o mesmo compartimento ocupa a posição ao SO de **E**. (fig.21) Sistema descritivo semelhante foi utilizado como marcador para orientar a posição de aplicação das regras da gramática.

As alternativas exploram diferentes relações de adjacência. Uma nova alternativa resulta da mudança de relação de adjacência entre os compartimentos, como por exemplo, a localização do banheiro entre os dormitórios.

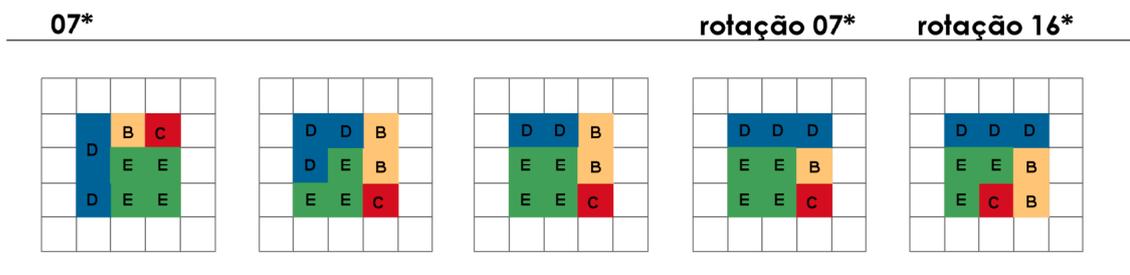
#### 3.2.4.2. Variações:

Para cada alternativa existem variações baseadas na rotação ou translação dos compartimentos em torno do perímetro mantendo relações topológicas de origem.

As variações preservam em sua maioria as relações de vizinhança: se **D** é vizinho de **D**, permanece vizinho de **D**. No entanto, pode haver variações que operam mudanças parciais no arranjo, pela movimentação de parte dos compartimentos.

As variações ocorrem com a mudança de parâmetros dimensionais ou de posição relativa entre as faces de compartimentos adjacentes: na alternativa 1 a variação 1 difere da variação 2 pela extensão da dimensão adjacente de **D2** em relação a **D1**.

A extensão corresponde a uma operação de escala unidimensional em **D2**. A escala pode ocorrer em uma ou duas dimensões de cada compartimento. A variação pode resultar da movimentação ou da mudança de dimensão dos compartimentos e dos ajustes necessários para que todos os compartimentos possuam acesso desde **E**. As variações paramétricas podem ser aplicadas para todas as alternativas e respectivas rotações.



\* modelos correspondentes a exemplares da amostra

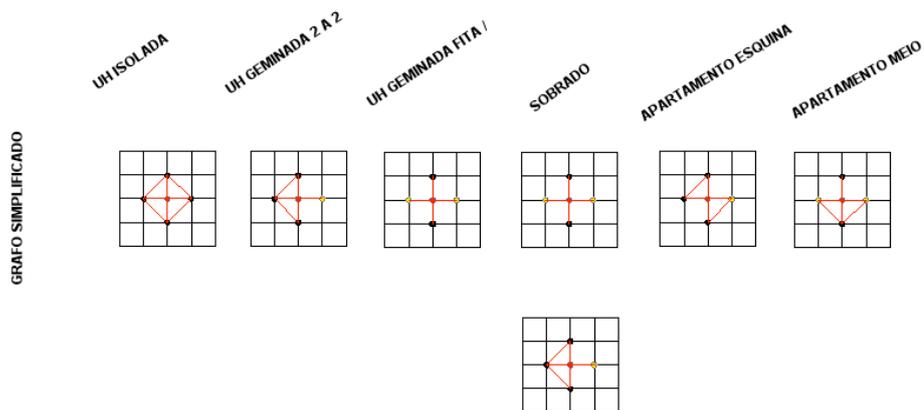
Figura.22 Variações topológicas de uma alternativa de configuração .

Dois tipos de variações paramétricas foram discriminadas: aquelas que ocorrem internas a um polígono regular e aquelas que determinam transformações no perímetro do polígono.

A figura 22 apresenta as variações de uma alternativa de configuração pela mudança de posição dos compartimentos e os ajustes que ocorrem para preservar condições de acesso através de **E**.

### 3.2.5. Gramática do contexto ou vizinhança próxima

As relações com o contexto caracterizam o tipo, e constituem um conjunto de regras que se aplica em uma etapa de diferenciação subsequente à etapa genérica de geração da configuração, especificando características particulares de cada tipo e multiplicando as alternativas para cada configuração. Assim como o modelo de representação dos elementos da gramática podem ser compartilhados pela gramática do mobiliário e dos compartimentos, também é aplicável para a representação das relações entre as unidades habitacionais de um conjunto. Ou seja, o modelo de representação é genérico o suficiente para ser adequado com o objeto da descrição. Foram feitos grafos representando as relações espaciais da unidade com o exterior e a vizinhança (fig 23). Os grafos serviram para determinar em que medida o agrupamento das unidades determina a diferenciação das tipologias (fig.24).



23. Representação da sintaxe entre a unidade e a vizinhança próxima.

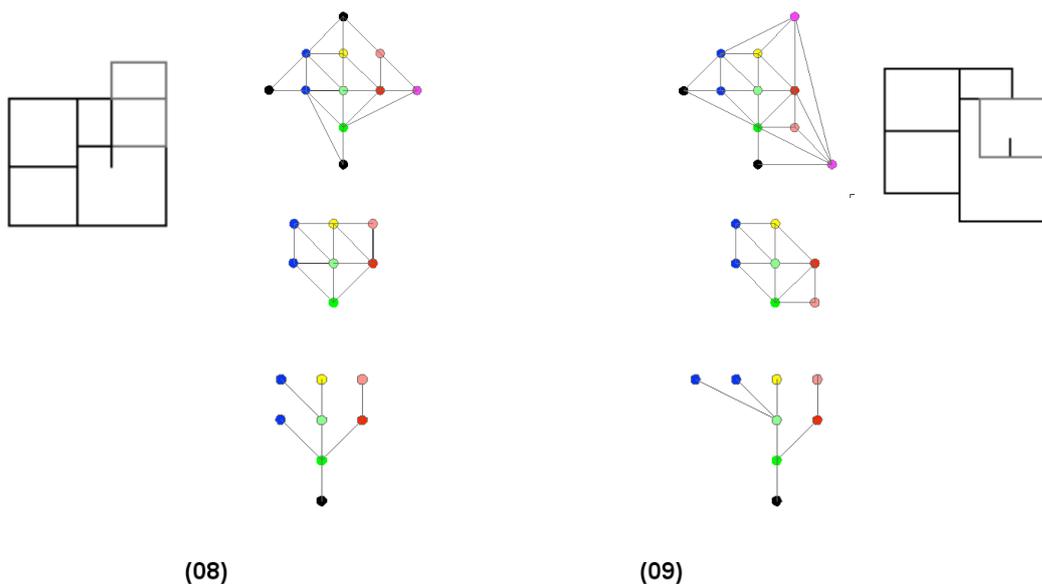


Figura 24. Comparação entre os grafos de dois exemplares do corpus de estudo: grafo de acessibilidade justificado, grafo e adjacência incluindo ou não a vizinhança próxima.

### 3.2.6. A Representação da Gramática:

As operações que modificam o modelo geométrico da HIS foram anteriormente descritas na forma de regras de uma Gramática da HIS. Baseada no modelo geométrico, a gramática se aplica aos módulos adimensionais conferindo generalidade ao modelo. Módulos adimensionais representam o vocabulário de compartimentos.(fig.25) As regras que compõe a gramática representam as operações que produzem diferentes alternativas, as alterações paramétricas admissíveis e o comportamento dos módulos para cada tipo de alteração. Em suma, são regras de posição e de escala.

O modelo geométrico que origina a gramática, é independente da tipologia do conjunto ao qual pertence. No entanto, os exemplares derivados da aplicação da gramática possuem características relacionadas ao tipo. Estas características referem-se a forma e dimensão parcial e total do perímetro. As HIS em fita tendem a possuir fachada estreita e perímetro parcial ou totalmente regular. As HIS que correspondem a apartamentos em edifícios, admitem o perímetro irregular e diferem das casas no modo de adjacência e agrupamento no conjunto.

Baseados nestas características foram definidos dois modos de derivação da gramática paramétrica: o primeiro mantém o perímetro do polígono inicial regular e superfície variável conforme o intervalo de variação admissível dos perímetros dos compartimentos. Mantendo-se a regularidade do perímetro, a possibilidade de grandes diferenças significativas de configuração é restrita.

O segundo modo permite a transformação do perímetro, conforme o redimensionamento das partes do conjunto. Cada parte pode ter seu perímetro alterado em uma ou duas dimensões de modo independente de acordo com o intervalo de dimensões admissível. Os intervalos admissíveis estão relacionados as dimensões necessárias para a disposição do mobiliário.

Para garantir funcionalidade dos compartimentos a proporção entre o todo e suas partes foi mantida dentro de um determinado limite relacionado ao aproveitamento do espaço para a realização das funções as quais se destina. A proporção admissível para os polígonos de cada compartimento é variável porém está relacionada e limitada pelo seus componentes internos: mobiliário e respectivos espaços de funcionamento. Cada célula inicial deve ter capacidade para "x" componentes internos (mobiliário) e seus respectivos espaços de funcionamento. A alteração das dimensões e da forma da célula pode repercutir na disposição mas deve manter o número mínimo ou admitir o aumento de componentes internos. Os componentes internos podem aumentar em número e/ou tamanho proporcionalmente ao aumento da dimensão dos compartimentos que por sua vez estaria condicionada pela matriz dimensional do mobiliário. Esta relação entre dimensões lineares e o conteúdo do compartimento condiciona suas dimensões mínimas de funcionamento, no entanto não estabelece as dimensões máximas para as áreas dos compartimentos. Grandes áreas podem ser obtidas pela conjugação de duas dimensões lineares máximas. Dos tipos de restrição podem ser utilizados para a seleção de áreas: o determinístico, que anterior a derivação estabelece vinculação entre dimensões no sistema generativo, e o não determinístico, que permite a combinação aleatória das dimensões lineares para, posterior a derivação, extrair exemplares segundo critérios de áreas ou dimensões lineares.

O modelo resultante da análise foi testado em um sistema generativo computacional para derivação de formas paramétricas da planta baixa da HIS através da plataforma genérica de modelagem paramétrica *Grasshopper*, em *Rhinceros*<sup>49</sup>.

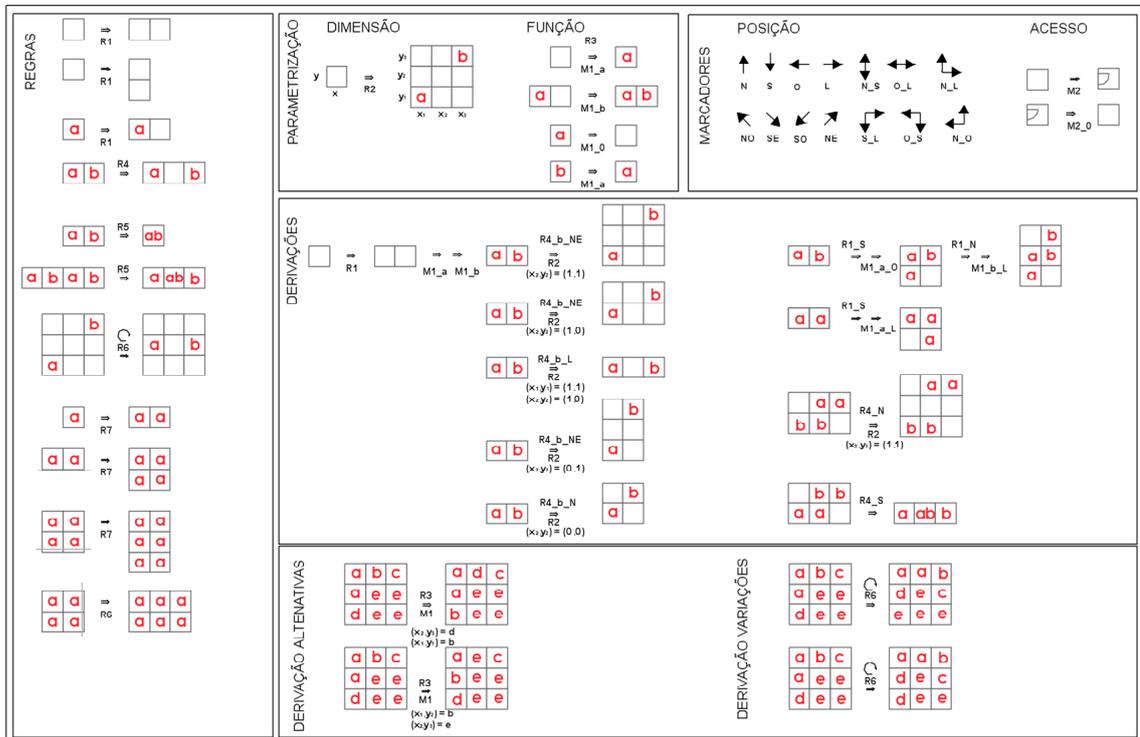


Figura 25. Gramática dos compartimentos:  
 Regras de composição e parametrização  
 Regras para derivação alternativa e variações das alternativas

### 3.2.7. Modelo Geométrico Paramétrico da HIS

O modelo geométrico foi traduzido para o ambiente computacional do software paramétrico *Grasshopper*, permitindo a geração automática das variações dimensionais para cada alternativa. Dois tipos de derivação são gerados em sistemas generativos independentes. O primeiro deriva da gramática de um polígono regular retangular onde as alterações ocorrem sem alterar a forma externa. E o

<sup>49</sup> [www.rhino3d.com](http://www.rhino3d.com) [www.grasshopper3d.com](http://www.grasshopper3d.com)

segundo deriva da gramática que altera o limites deste polígono inicialmente retangular e regular.

O sistema generativo foi implementado em três etapas consecutivas: geração da forma, agrupamento dos conjuntos e ordenação da derivação.

Na primeira etapa foram compiladas e organizadas em uma lista as dimensões lineares de cada compartimento, que são distribuídas entre largura e comprimento nos eixos do plano XY. A lista de dimensões tem como base diferentes configurações do mobiliário e seu espaço de uso, em condições de conforto mínima, regular e ótima<sup>50</sup>. Estas dimensões foram aleatoriamente referenciadas a retângulos que correspondem a geometria dos compartimentos. Os retângulos foram ordenados de modo a configurar a geometria do modelo topológico da HIS. Como referência para essa ordenação, foram utilizados pontos que utilizam as próprias medidas das listas como coordenadas em XY.

Na etapa seguinte foram incorporadas restrições e avaliações ao conjunto, para adequações da geometria resultante da parametrização. Foram implementados mecanismos para evitar intersecções, permitir acessos, controlar a dimensão de segmentos de paredes. A etapa é concluída com a unificação do conjunto, que constitui uma unidade. Cada unidade possui o mesmo número de compartimentos e configuração similar, mas com dimensões diferentes. Na última etapa é configurado o modo de distribuição das unidades ao longo de uma malha no plano XY para visualização dos resultados.

A derivação paramétrica de cada alternativa resulta em um amplo catálogo de plantas (fig 26, 27, 28, 29). Critérios dimensionais podem ser utilizados para a extração de exemplares, com características específicas como área total, parcial, dimensão de fachada, de perímetro, etc.

---

<sup>50</sup> Dimensões mínimas conforme NBR 15.575, PMCMV/FAR CEF, dimensões regular e ótima conforme Boueri (op. cit.)

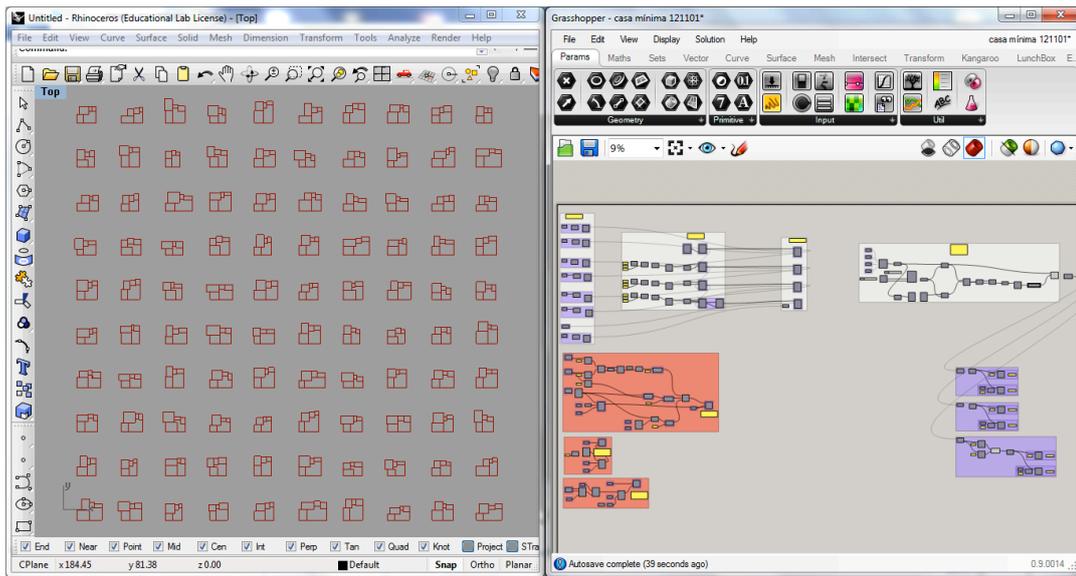


Figura 26. Derivação de variações de projeto de plantas com perímetro irregular e, a direita, ambiente de programação do Grasshopper.

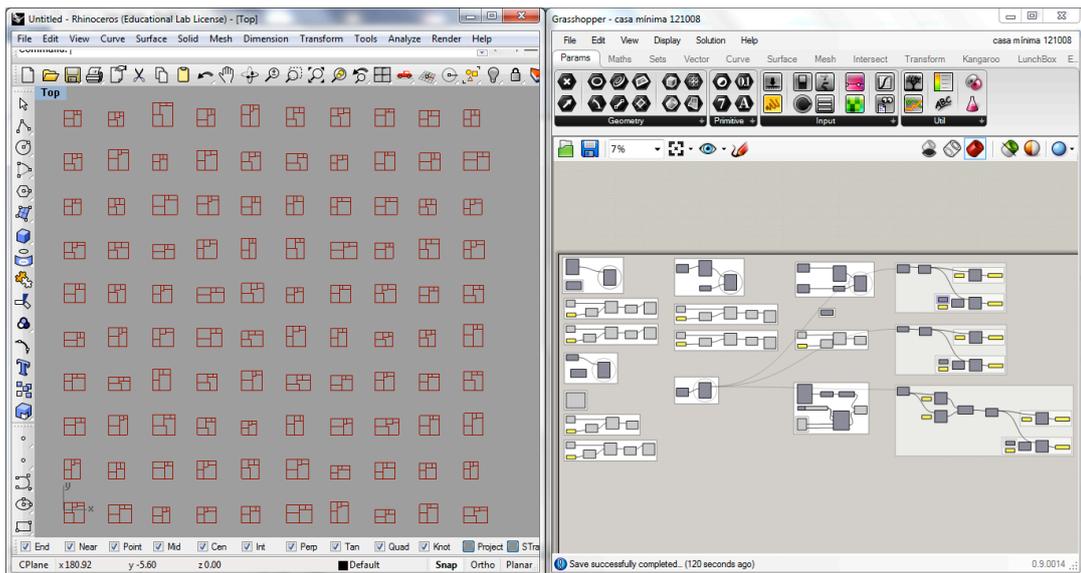


Figura 27. Derivação de variações de projeto de plantas com perímetro regular e, a direita, ambiente de programação do Grasshopper.

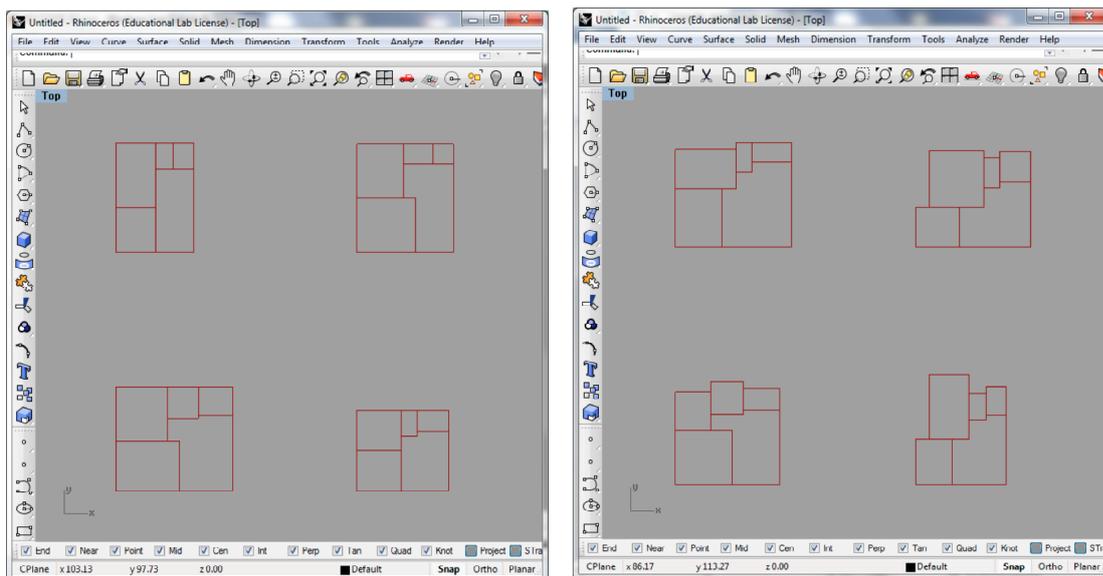


Figura 28. Amostra de exemplares dos dois tipos de derivação

## Resultados e Conclusões

### Capítulo IV

#### 4.1. Análise dos resultados:

A análise dos grafos demonstrou que a localização da área de serviço e a presença ou não de circulações internas exclusivas, não compartilhadas, constituem os principais elementos de diferenciação da configuração interna.

Cada alternativa pode gerar um catálogo com inúmeras variações. O número de variações paramétricas está diretamente relacionado ao número de dimensões lineares compiladas. O número de dimensões compiladas é resultado do número de configurações do mobiliário testadas em etapa anterior à configuração do compartimentos. Foram feitos testes de derivação para testar a adequação aos requisitos dimensionais da HIS.

Em uma derivação de 100 unidades a partir de uma alternativa de configuração, 33 exemplares foram gerados com menos de 50 m<sup>2</sup>, área compatível com a produção existente de HIS.

Foram testados resultados para o modelo que mantém o perímetro regular e para o que transforma o perímetro do polígono regular inicial em irregular. De cada catálogo de 100 unidades foram extraídos os dados de área, perímetro e testada.

Para o modelo de perímetro irregular os resultados de área mínima encontrada foi de 36 m<sup>2</sup> e a área máxima de 81 m<sup>2</sup>. O perímetro total mínimo obtido foi de 24,8 m e o máximo 38,5 m. A menor testada obtida possui 5,65 m e a maior 11,46 m.

Para o modelo de perímetro regular a área mínima obtida em uma derivação de 100 exemplares foi 34 m<sup>2</sup>, 2 m<sup>2</sup> menor que o menor exemplar de perímetro irregular. A área máxima foi de 80 m<sup>2</sup>, apenas 1 m<sup>2</sup> menor que a área máxima do primeiro exemplar. O menor perímetro possui 23,3 m enquanto que o perímetro máximo obtido foi de 35,9 m. A diferença maior entre os perímetros dos dois modelos foi obtido no exemplar de maior área. A derivação de perímetro irregular admite variações que podem ser menores ou maiores e de ocorrências simultâneas ou isoladas em um compartimento ou mais. Ou seja, pode haver algum exemplar com semelhanças na derivação de ambos os modelos. Esta diversidade de na derivação explica a pequena diferença entre os menores perímetros. A aproximação de medidas se repete nas testadas: a menor obtida foi 5,6 m e a máxima 10,7. Não foram incorporadas restrições para o uso das dimensões consideradas confortáveis. Um exemplar onde predominam estas dimensões pode servir de referência dos resultados para condições de conforto. Restrições podem ser aplicadas para a extração de dados específicos o que permite que a derivação completa seja mais abrangente. A lista de parâmetros pode ser alterada e adaptada de acordo com os objetivos do projetista. Por exemplo em uma das derivações, as dimensões do banheiro foram fixadas em suas dimensões mínimas. Com esta opção o restante da área útil foi distribuído em compartimentos de maior tempo de permanência (fig.29).

Embora o número de exemplares gerados para cada tipo de derivação, de perímetro regular ou de perímetro irregular, seja semelhante, foram constatadas algumas diferenças entre o resultado das derivações. Para estabelecermos as diferenças

entre os exemplares das diferentes derivações é necessário esclarecermos quais as diferenças entre os exemplares de uma mesma derivação: A derivação consiste na parametrização de um modelo topológico. A parametrização transforma o modelo porque, ao atribuir diferentes dimensões para os compartimentos, gera desalinhamentos entre os limites internos do arranjo. Diferentes composições de dimensões lineares produzem diferentes composições de desalinhamentos e alteram proporções entre os elementos do arranjo. Estas transformações ocorrem em um espaço de soluções limitado, determinado pelas restrições que condicionam a derivação para gerar somente exemplares válidos, ou seja, que atendam aos requisitos de projeto da HIS. O espaço de soluções de cada derivação é diretamente proporcional ao número de restrições. Manter a regularidade do perímetro constitui uma restrição. Portanto o espaço de soluções da derivação que admite a irregularidade do perímetro do polígono é maior do que o espaço de soluções da derivação limitada pelo perímetro regular.

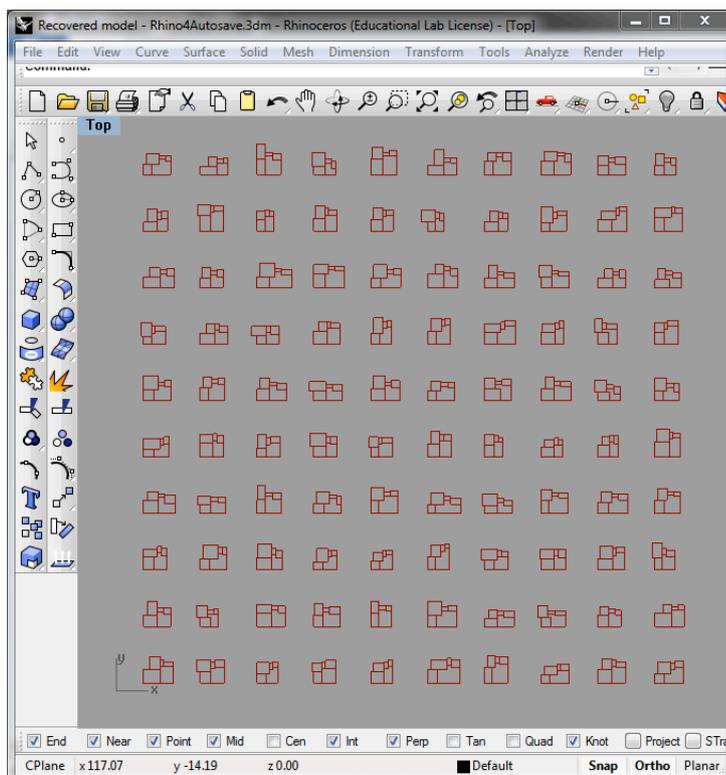


Figura 29. Catálogo da derivação de perímetro irregular que mantém o banheiro na dimensão mínima

## **Capítulo V**

### **5.1. Conclusões**

Na introdução desta tese foi proposta a construção de um modelo paramétrico da HIS para servir de base para um sistema generativo capaz de apoiar o processo de projeto, proporcionando rapidez e multiplicidade de soluções.

A proposta partiu da premissa de que os limites dimensionais e geométricos dos arranjos da HIS poderiam ser descritos por uma Gramática paramétrica.

O método utilizado para a descrição e análise da produção de HIS existentes permitiu o desenho de um modelo genérico o suficiente para descrever, de modo simultâneo, a estrutura configuracional de diferentes tipologias de HIS. Esta generalidade foi obtida da separação e sistematização de atributos da forma e atributos dimensionais das HIS. Os atributos particulares a cada exemplar constituem as variantes. Os atributos comuns puderam ser reunidos em um único modelo descritivo. As regras que regulam as variações dos atributos quantitativos e qualitativos puderam ser descritas de modo sucinto. A automatização das regras é capaz de reproduzir nos exemplares da derivação a composição dos atributos comuns e variantes.

A associação do modelo apresentado com ferramentas de otimização e avaliação poderá ser eficaz para o entendimento das relações de causa e efeito das decisões tomadas durante o processo de projeto.

O modelo poderá ser ampliado ou utilizado para a solução de outros problemas de projeto que envolvam possibilidades combinatórias de arranjos de elementos.

O modelo paramétrico dos compartimentos, embora tenha se mostrado produtivo na simulação de variações de projeto, ainda poderá ser mais seletiva. Novas restrições podem otimizar atributos funcionais como circulação e zoneamento.

Os exemplares derivados, além de ampliar o universo de soluções de projeto e economizar tempo de teste de alternativas, pode induzir a emergência de novas soluções. O desenvolvimento do projeto a partir do esquema selecionado da

derivação pode gerar variações, dependentes da configuração do mobiliário e da configuração da unidade em um conjunto.

Os parâmetros dimensionais podem ser alterados no sistema generativo gerando novos conjuntos de alternativas. Ou seja, trata-se de um sistema interativo de projeto, que pode ser transformado pelo usuário de acordo com as necessidades de projeto.

A associação entre um sistema generativo e as funcionalidades do banco de dados de uma plataforma BIM, pode significar um importante passo na produção de projetos mais adequados a população e otimizados em sua função e seu custo independente da escala de produção.

A estrutura comum encontrada no exame das diferentes tipologias, pode estar associada as implicações econômicas associadas as decisões em torno da configuração. Predominam as configurações compactas em qualquer tipologia. As configurações compactas giram em torno da sala de estar. Alternativas que poderiam gerar longas circulações ou compartimentos enfileirados ou enclausurados, são evitadas, ainda que admissíveis pelas características do tipo. Esta caracterização do corpus de estudo permitiu deduzir o modelo e reduzir as alternativas de configuração para derivação paramétrica.

A gramática do mobiliário supera o caráter de sugestão dos modelos exemplificativos da configuração<sup>51</sup> para servir a simulação de alternativas explorando os limites dimensionais na busca de maior flexibilidade na ocupação dos ambientes.

## **5.2. Considerações Finais:**

O sistema generativo da HIS prevê a continuidade da implementação computacional para a gramática do mobiliário, e para gramática do contexto. A associação entre as gramáticas adiciona complexidade ao processo generativo. A complexidade se deve

---

<sup>51</sup> Os modelos exemplificativos são elaborados com pelo menos duas finalidades: testar a capacidade do espaço existente ou durante o projeto na etapa de dimensionamento ou servir para a apresentação do projeto para o usuário.

as relações de dependência que se estabelecem entre os parâmetros e vocabulário das gramáticas e as inúmeras combinações resultantes da associação. No entanto, a partir desta associação, cada decisão de projeto poderá ser testada de forma automática em seu potencial formal, funcional e econômico.

Poderão ser testados além das de alternativas de configuração para o programa mínimo as consequências do agrupamentos das unidades em edifícios e o impacto na configuração do parcelamento e o aproveitamento do solo. Para que o arquiteto possa visualizar o efeito das decisões de projeto sobre os edifícios, ou comparar soluções alternativas deve ser possível a transformação não somente da forma externa dos edifícios, mas de também de seus distintos elementos: configuração e distribuição do programa, sistemas estruturais, de serviço e circulação, permitindo acompanhar as consequências destas decisões sobre a resposta do edifício as atividades a que se destina (MARTIN et al.,1975) assim como seu impacto e funcionamento com relação ao ambiente urbano em que se implanta. O objetivo é constituir o modelo de avaliação e teste de alternativas durante o processo de projeto.

É possível desenvolver a partir do modelo alguns subprodutos tais como Diretrizes de projeto ou normativa de parâmetros mínimos para HIS, banco de dados com catálogo de tipos e de configuração de lotes e loteamentos, aplicativos para a execução de tarefas repetitivas e teste de alternativas. A idéia de um modelo que encerre as características relevantes de conjunto de edifícios pode constituir um instrumental para o ensino de diferentes problemas de projeto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABIKO, A.K.; ORSTEIN, S.W.; Inserção urbana e avaliação pós ocupação (APO) da habitação de interesse social. São Paulo: FINEP, 2002. v.1 (Coletânea Habitare)

ABIKO, A.K.; CARDOSO, A.L. Procedimentos de Gestão Habitacional para População de Baixa Renda Porto Alegre: ANTAC, 2006. v.5 (Coletânea Habitare)

ABIKO, A.; COELHO, L.O. Urbanização de favelas: procedimentos de gestão. Série Recomendações Técnicas Habitare – Vol. 4. Porto Alegre: Antac, 2009, 88p.

ABRAMO, P. La ciudad latinoamericana y sus particularidades: mercado del suelo y estructura urbana In: Los Desafios de una política de suelo en América Latina. Cidade do México-DF : PUEC/Unan, 2005, v.1, p. 76-103.

ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON, M.; FIKSDAL-KING I.; ANGEL, S.. A Pattern Language. New York: Oxford University Press, 1977.

[ANGULO, S. C.](#) ; JOHN, V. M. . Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu. ENTAC 2002. FLORIANOPOLIS : INFOHAB ANTAC NPC UFSC, 2002. p. 1613-1624.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira de Desempenho de Edifícios. NBR 15.575. Rio de Janeiro: ABNT, 2010

\_\_\_\_\_. Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. NBR 15.220 Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BANA E COSTA, C.A. Structuration, Construction et Exploitation d'un Modele Multicritère d'Aide à la Decision. Tese de Doutorado. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 1992.

BALDAUF, A. S. F. Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BANHAM, R. Teoria e Projeto na Primeira Era da Máquina. São Paulo: Editora Perspectiva, 2003.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, BRASIL. Secretaria Nacional de Habitação. Déficit habitacional no Brasil 2007. Brasília: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Habitação, 2009.

BONDUKI, N.B. Origens da Habitação Social no Brasil. São Paulo: Estação Liberdade, FAPESP, 1998.

BONDUKI, N. G. ; KOURY, A. P. Arquitetura e Política. TD. Teoria e Debate, v. 65, p. 65-67, 2006.

[BONDUKI, N. G.](#) ; KOURY, A. P. ; MANOEL, S. K. . Análise Tipológica da produção de habitação econômica (1930-1964). In: V seminário DOCOMOMO, 2003. Anais do 5o. seminário DOCOMOMO Brasil, 2003.

BONDUKI, N. G. Habitat: as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. São Paulo: Studio Nobel, 1996.

BOUERI, J. J. Projeto e Dimensionamento dos Espaços da Habitação Espaço de Atividades. 1. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2008. v. 1. 47 p.

BOUERI, J. J. Antropometria Fator de Dimensionamento da Habitação. Tese de Doutorado, 4ª ed. São Paulo: FAU USP, 1999.

BRANDÃO, D.Q. Disposições técnicas e diretrizes para o projeto de habitações sociais evolutivas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 73-96, abr./jun. 2011.

CABRITA, A. Reis – O Homem e a casa. Definição individual e social da qualidade de habitação. Lisboa : LNEC, 1995. 196 p. Coleção Edifícios, CED 2.

CABRITA, Reis; PEDRO, J. Branco; MOURÃO, Joana – Quantidade, qualidade e sustentabilidade do parque habitacional. In Portugal 2000, ano VI, n.º 81, p. 23.

CAGDAS, G. A shape grammar model for designing row-houses. Design Studies, Volume 17, Issue 1, January 1996, Pages 35-51.

CARDOSO, A.L. (Coord). Habitação social nas Metrôpoles brasileiras: Uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX. Coleção Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

CELANI, M.G.C Beyond analysis and representation in CAD: a new computational approach to design education. PhD Thesis, MIT, 2002.

CELANI, M.G.C; Vaz, C.E.V. Script em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico. In: Anais do V TIC. Salvador, Bahia, 2011, p.1-13

- CHAU, H. H. et al. Evaluation of a 3D Shape Grammar Implementation, JS Gero (Ed.), Design Computation and Cognition '04, (2004). 357-376.
- CHOWDHURY, I. "Housing and space standards: human needs and regional factors", in Powell, R. (Ed.), Regionalism in Architecture, Singapore: Concept Media/The Aga Khan Award for Architecture, 1985. pp. 78-80
- COELHO, A. Baptista – Qualidade arquitetônica residencial. Rumos e factores de análise. Lisboa : LNEC, 2000. 500 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 8.
- COELHO, A. B; CABRITA, R. Habitação evolutiva e adaptável.2ªed. Lisboa : LNEC, 2009. 322 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 9.
- COELHO, A. Baptista; CABRITA, Reis – Espaços exteriores em novas áreas residenciais.3ªed. Lisboa:LNEC, 2003. 154 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 3.
- CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. Empreendimento Habitacional Integrado de Interesse Social: Manual de Diretrizes e Procedimentos Gerais. São Paulo: Governo do estado de São Paulo, 2003. Acesso em 17ago2010  
Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Emp%20Hab%20Int%20Social%20Vol%202.pdf>
- COOK, P. Experimental Architecture. 1ªed. Londres: Studio Vista London, 1970. 160p.
- COSTA, Lúcio. Arquitetura. Rio de Janeiro: José Olympio, 2002.
- COSTA, J.M; SOUSA, H; CUNHA, A M; MÊDA, P; GUIMARÃES, N. A qualificação de edifícios:experiências e metodologias.Anais do Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na construção -QIC2006. Lisboa: LNEC,2006
- COSTA, J.M. Métodos de Avaliação da Qualidade dos Projetos de Edifícios de Habitação. Tese de Doutorado. Porto: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto,1995.
- DARWIN, C. Origem das espécies. Belo Horizonte: Itatiaia, 1985.
- DAWKINS, R. O relojoeiro cego: a teoria da evolução contra o desígnio divino. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- DENALDI, R. Políticas de Urbanização de Favelas: evolução e impasses. Tese de doutorado. São Paulo:USP, 2003.
- DUARTE, J.P; DUCLA-SOARES,G; CALDAS, L; ROCHA, J. An urban grammar for the Medina of Marrakech. In: JS GERO (ed), Design Computing and Cognition '06, Dordrecht: Springer, 2006.
- DUARTE, J.P; HEITOR, T; PINTO, RM. Combining grammars and space syntax – formulating, evaluating and generating designs. In: International Journal of Architectural Computing, Volume 2, n4, 2004.
- DUARTE, J.P; Personalização de Habitação em Série: Um Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 2007.
- DUARTE, J.P. (2005), A discursive grammar for customizing mass housing: the case of Siza's houses at Malagueira. Automation in Construction 14(2), 265-275.
- ECHENIQUE, M.. Modelos: Una Discussion. In MARTIN, L.; MARCH,L.; ECHENIQUE, M.. La Estructura del Espacio Urbano. Barcelona:Gustavo Gili,1975.
- FLEMMING, U. *More on the representation and generation of loosely packed arrangements of rectangles.* Planning and Design 16, 327-359 (1989).
- FLEMMING, U."*More than the sum of its parts: the grammar of Queen Anne houses,*" Environment and Planning B: Planning and Design 14 (1987): 323-350.
- FORMOSO, C.T. Gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social: modelo integrado de desenvolvimento de produto e gestão da produção para a redução de perdas / GEHIS – relatório de pesquisa.Porto Alegre:NORIE,2003. Disponível em < [www6.ufrgs.br/norie/GEHIS/imagens/relatorio\\_habitare.pdf](http://www6.ufrgs.br/norie/GEHIS/imagens/relatorio_habitare.pdf) -> acesso em jul2010.
- FORMOSO, C. et al. Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Núcleo orientado para inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.
- FREITAS, C. G. L. ; BRAGA, T. O. ; BITAR, O. Y. ; FARAH, F. . Habitação e meio ambiente - abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. 1. ed. São Paulo: Sonopress Rimo Indústria e Comércio Fonográfico, 2002. v. 1.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil. 2ª Ed. Belo Horizonte:Fundação João Pinheiro,2005.

GIDEON, S. Space, time and architecture: the growth of the new tradition. Cambridge: Harvard University Press, 1970.

GONÇALVES, O. M.; JOHN, V.M.; PICCHI, F.A.; SATO,N.M.N. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: Roman,H.; Bonin,L.C.:(Eds). Coletânea Habitare - vol. 3 - Normalização e Certificação na Construção Habitacional. Porto Alegre: ANTAC,2003

GRAZZIOTIN, P. C. ; TURKIENICZ, B. ; BELLAVER, B. . CityZoom - A Visualization Tool for the Assessment of Planning Regulations. In: eCAADe, 2007, Frankfurt. Proceedings of the 24th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe. Ginsheim-Gustavsburg : Kanne Graphischer Betrieb GmbH, 2007.

GREVEN, H.A.; BALDAUF, A.S.F.. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada. Coleção Habitare, vol. 9 Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GOMBRICH, E. H. Norma e forma: estudos sobre a arte da renascença. Trad. Camargo, J.L..São Paulo: Martins Fontes, 1990.

HILLS,J. Ends and means: The future roles of social housing in England.CASE report 34.London: Research Centre for Analysis of Social Exclusion (CASE),2007.

HIRST, J Values in Design: "Existenzminimum," "Maximum Quality," and "Optimal Balance" Source: Design Issues, Vol. 12, No. 1 (Spring, 1996), pp. 38-47 MIT Press

JOHN, V. M. ; [ANGULO, S. C.](#) ; [KAHN, H.](#) . Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. In: Miguel Aloysio Sattler; Fernando Oscar Ruttkey Pereira. (Org.). Construção e Meio Ambiente. Porto Alegre: ANTAC, 2006, v. 7, p. 169-207.

HORNBY, G; LIPSON, H; POLLACK, B. Evolution of generative design systems for modular physical robots. IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2001.

KLEIN, A. Vivienda mínima: 1906-1957. Barcelona: Editorial Gustavo Gili,1980.

KNIGHT, T. W. Transformations in Design: a Formal Approach to Stylistic Change and innovation in the Visual Arts Cambridge, England: Cambridge University Press, 1994.

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

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. ; GRANJA, A. D.; PINA, S.A.M.G.; BARROS, L.A.F.. Os Conceitos de Satisfação e Valor Desejado na Avaliação Pós-ocupação em Habitação Social. In: ENCAC 2009 X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal, RN.. 2009.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; LABAKI, L. C.; PINA, S.A.M.G.; Silva V.G.; MOREIRA, D. C.; RUSCHEL, R. C.; BERTOLI, S.R.; FÁVERO, E.; FRANCISCO FILHO, L, L.. Análise de parâmetros de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social: ênfase nos aspectos de sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida. In Sattler, M. A. e Pereira, F.O. R. (Eds.) Coletânea Habitare.Cap5. vol7. Porto Alegre:ANTAC,2006

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.;Transferência de inovação tecnológica na autoconstrução de moradias. In FORMOSO,C.T.; INO,A., Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional. Porto Alegre: ANTAC,2003. v.2 (Coletânea Habitare)

KOWALTOWSKI, D.C.C.K, PINA, SAM.G., RUSCHEL, RC. e OLIVEIRA, P.V.H. Relatório Científico: Uma Metodologia de Projeto para a Casa Popular na Cidade de Campinas- SP. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1995.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. ; Apresentação do grupo de trabalho qualidade do projeto(2008). Disponível em < <http://www.antac.org.br/> > acesso em 19ago2010.

KNIGHT, T. W. Transformations in design: a formal approach to stylistic change and innovation in the visual arts. London: Cambridge University Press, 1994.

KNIGHT, T W, Shape grammars and color grammars in design. Environment and Planning B: Planning and Design 21 (1994a) 705-735

KRÜGER, M. J. T. Teorias e analogias em arquitetura. São Paulo: Projeto, 1986.

KRÜGER, M. J. T. An approach to built-form connectivity at an urban scale: modeling the distribution of partitions and built-form arrays. Environment and Planning B 8 (1980) 41-56

LAUGIER, M. A. Essai sur l'architecture. Paris: Paris, 1755.

LI Andrew I-kang, CHEN Liang, WANG Yang, WANG Yang, CHAU Hau Hing. Editing Shapes in a Prototype Two-and Three-dimensional Shape Grammar Environment. in.27th eCAADe Conference: Computation: The New Realm of Architectural Design, 2009, p. 243 – 249

- LEONE, E.T; MAIA, A. G.; BALTAR, P.E. Mudanças na composição das famílias e impactos sobre a redução da pobreza no Brasil. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 19, n. 1 (38), p. 59-77, abr. 2010.
- MAYR, E. *What evolution is*. NewYork: Basic Books, 2001.
- MAYER, R. ; TURKIENICZ, B. . Generative Process of Oscar Niemeyer's Style. In: *Proceedings Aesthetics and Architectural Composition Dresden International Symposium of Architecture*, DRESDEN : TU DRESDEN, 2004.
- MAYER, R. A. A linguagem de Oscar Niemeyer. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura UFRGS. Porto Alegre: PROPAR, 2003.
- MAYER, R. ; SILVEIRA NETO, O . Legislação urbanística de interesse social, demanda social e planejamento urbano: um exame das políticas sociais urbanas na cidade de Porto Alegre. *Fórum de Direito Urbano e Ambiental* , v. 34, p. 59-67, 2007.
- MAYER, R. ; SILVEIRA NETO, O. Regularização de áreas públicas de interesse social em Porto Alegre: Avanços e limites. In: *Seminário NUTAU 2006 - Inovações tecnológicas e sustentabilidade*, 2006, São Paulo. *Seminário NUTAU 2006 - Inovações tecnológicas e sustentabilidade*. São Paulo : FUPAM-USP, 2006. v. 1.
- MAYER, R. ; TURKIENICZ, B. O vidro na linguagem de Oscar Niemeyer. In: COMAS, Carlos Eduardo Dias; MARQUES, S. M. (Org.). *A SEGUNDA IDADE DO VIDRO: Transparência e Sombra na Arquitetura Moderna do Cone Sul Americano -1930 a 1970..* 1ed.Porto Alegre: Editora Ritter dos Reis, 2007, v. 1, p. -.
- MAYER, R. ; TURKIENICZ, B. O concreto na Linguagem de Oscar Niemeyer. In: *II Seminário Docomomo Sul: Plasticidade e Industrialização na Arquitetura do Cone Sul americano 1930-70*, 2008, Porto Alegre. *II Seminário Docomomo Sul: Plasticidade e Industrialização na Arquitetura do Cone Sul americano 1930-70*. Porto Alegre: PROPAR- UFRGS, 2008.
- MARCH, L. *The architecture of form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- MARCH, L. Modelos elementales de formas de la edificación. In: MARCH, L.; MARTIN, L.; ECHENIQUE, M. *La estructura del espacio urbano*. Barcelona: Gustavo Gili, 1975. p.87-139.
- MARCH, L.; STEADMAN, J. P. *The geometry of environment*. London: Methuen, 1974.
- MARTIN, L.; MARCH,L.; ECHENIQUE, M.. *La Estructura del Espacio Urbano*. Barcelona:Gustavo Gili,1975.
- MARICATO, E. *Brasil, Cidades alternativas para a crise urbana*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2001.
- MASCARÒ, J.L. *O custo das decisões arquitetônicas*. Porto Alegre:Sagra Luzzatto,1998.
- MATOS, F.L. *A habitação no grande Porto : uma perspectiva geográfica da evolução do mercado e da qualidade habitacional desde finais do séc. XIX até ao final do milénio*. Tese de Doutorado Geografia Humana. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2001.
- McGILL M.; KNIGHT, T. W.. *Designing Design-Mediating Software - The Development Of Shaper2D, Architecture in the Network Society*, 22nd eCAADe Proceedings. Copenhagen. (2004). pp. 119-127
- MEDVEDOVSKI, D.S. Diretrizes especiais para regularização urbanística, técnica e fundiária de conjuntos habitacionais populares. In ABIKO,A.K.; ORSTEIN, S.W (Eds) *Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social*. São Paulo: ANTAC/FINEP, 2002. v.1 (Coletânea Habitare)
- MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO SOCIAL (MES). *Recomendações Técnicas para Habitação Social*. (Portaria nº 580/83, de 17 de Maio). MES, LNEC: Lisboa,1985.
- MIRON, L.I.G. *Gerenciamento dos requisitos de clientes de empreendimentos de Interesse Social: Proposta para o Programa Integrado Entrada da Cidade em Porto Alegre/RS*.Tese de doutorado. Porto Alegre:NORIE,UFRGS,2008.
- MITCHELL, M. *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge: The MIT Press, 1996.
- MITCHELL, W. J.; Steadman, J. P.; Liggett, R. S. *Synthesis and optimisation of small rectangular floor plans*. *Environment and planning B: planning and design* 3, n. 1, p. 37-70, 1976.
- NATIVIDADE,J.;RODRIGUES,J.C.;ANTUNES, C.H. A multicriteria decision support system for housing evaluation. *Decision Support Systems*. 43 779–790, 2007 Disponível em: <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Acesso em: 05 ago. 2010.
- NEUFERT, E. *Arte de projetar em arquitectura*.2ª ed. M.Company.trad. Barcelona: G.Gil, 1944
- OLBY, R. C. Mendel, Mendelism and Genetics. Mendelweb.org,1997. Disponível em: <<http://www.mendelweb.org/MWolby.intro.html#mwintro>>. Acesso em: 09 set. 2010.
- PATETTA, L. *Historia de la Arquitectura: Antología Crítica*. Madrid: Hermann Blume, 1984.
- PEDRO, J. B. *Definição e avaliação da qualidade arquitetónica habitacional*. Lisboa:LNEC, 2003

- PEDRO, J. B. Programa habitacional. Espaços e compartimentos, 3ªed. Lisboa:LNEC, 2002. 270 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 4.
- PEDRO, J. B. Programa habitacional. Habitação. 5ªed.Lisboa : LNEC, 2002. 270 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 5.
- PEDRO, J. B. Programa habitacional. Edifício. 3ªed. Lisboa : LNEC,2002. 226 p. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 6.
- PEREIRA, F. O. R. ; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis ; SZÜCS, Carolina Palermo ; PERES, L. F. B. . Características da habitação de interesse social na Região de Florianópolis: desenvolvimento de indicadores para melhoria do setor. In: Alex Kenya Abiko; Sheila Walbe Ornstein. (Org.). Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social. São Paulo: FAUUSP, 2002, v. 1, p. 160-209.
- PORTAS, N. Habitação social: proposta para a metodologia da sua arquitectura. Porto:FAUP,2004
- PORTAS, N. Funções e exigências de áreas da habitação.7ªed. Lisboa : LNEC,2006. 86p. Informações Científicas e Técnicas.ITE 4
- QUALITEL, Association. QUALITEL Référentiel Millésime 2008. Paris: CERQUAL,2008. Acesso em 25.jul.2010 Disponível em: <<  
[http://www.cerqual.fr/fileadmin/CERQUAL/qualitel/Referentiel\\_QUALITEL\\_Millesime\\_2008\\_actualise\\_2009.pdf](http://www.cerqual.fr/fileadmin/CERQUAL/qualitel/Referentiel_QUALITEL_Millesime_2008_actualise_2009.pdf) >>
- RAPOPORT, A, “Aspectos humanos de la forma urbana – Hacia una confrontación de las Ciencias Sociales com el diseño de la forma urbana”, (1977),
- REIS, A.T.L. e LAY, M. C. Tipos arquitetônicos dos espaços da habitação social. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.2, n.3, p.7-24, jul./set. 2002.
- REIS, A.T.L. e LAY, M. C. Habitação de interesse social: uma análise estética. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n.4, p.7-19, out./dez. 2003.
- REIS, A.T.L. e LAY, M. C. Avaliação da qualidade dos projetos - Uma abordagem perceptiva e cognitiva. Ambiente Construído (São Paulo) , Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 21-34, 2006.
- RYKWERT, J. A casa de Adão no paraíso: a idéia da cabana primitiva na história da arquitetura. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- ROSSARI, A. Los estudios de Alexander Klein y el movimiento racionalista. In Klein, A. Vivienda Mínima 1906-1957.Barcelona:Editorial Gustavo Gilli, 1980.
- RODRIGUES, A. B. F. Diretrizes para a otimização da ferramenta AUTOMET para a produção de habitação de interesse social financiada pelo SFH. Dissertação de mestrado. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- FINEP. Impactos Sociais: caso 9. In SARTOR,C.E.; LAMBERTS,R. (Eds) “1995/2007 - Habitare: resultados de impacto” disponível em <<[http://habitare.infohab.org.br/programa\\_divulgacao4.aspx](http://habitare.infohab.org.br/programa_divulgacao4.aspx) >> Acessado em 25.07.2010
- SATTLER, M. A.. Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa Alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis.Coleção Habitare, vol. 8 Porto Alegre:ANTAC, 2007.
- SAMORA, P. R. Projeto de habitação em favelas: Especificidades e parâmetros de qualidade. Tese de doutorado São Paulo : Faculdade de Arquitetura, USP,2009.
- SAVASTANO JR, H. . Sistemas de cobertura para construções de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais. In: Janaíde Cavalcante Rocha; Vanderley M. John. (Org.). Utilização de resíduos na construção habitacional. 1 ed. Rio de Janeiro: Finep, 2003, v. , p. 94-123.
- SEL, Systême d'évaluation de logements. Concevoir, évaluer et comparer des logements. Bulletin du logement volume 69 2e édition revue 2008 disponível em< <http://www.bwo.admin.ch/wbs/00212/index.html?lang=fr> > acesso em 18.08.2010
- SIMON, H. The Criterion of Efficiency. In: McKEVITT, D.; LAWTON, A. Public Sector Management: theory, critique & practise. London: Sage Publications Ltd, 1994.
- SOARES, J. M. D.; SANTOS, M.D.F.; POLETTO,L. Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico In FORMOSO,C.T.; INO,A., Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional. Porto Alegre: ANTAC,2003. v.2 (Coletânea Habitare)
- SOUZA, M. F. ; ROSSETTO, H. L. ; KANNO, W. M. . Gesso de Alta Resistência Mecânica. In: Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. (Org.). Coletânea Habitare. Rio de Janeiro: FINEP, 2008.
- STEADMAN, J. P. Architectural morphology: an introduction to the geometry of building plans. London: Pion,1983.

STINY, G, GIPS, J, 1972, "Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture" in C V Freiman (ed) Information Processing 71 (Amsterdam: North-Holland) 1460-1465

STINY, G. Pictorial and formal aspects of shape grammars: on computer generation of aesthetic objects. Basel: Birkhäuser, 1975.

STINY, G, 1981, "A note on the description of designs" Environment and Planning B 8(3) 257 – 267

STINY, G. Shape: Talking about seeing and doing. MIT: Cambridge, Massachusetts, 2006.

STINY G.; MITCHELL,W.J. The Palladian grammar. Environment and Planning B 5: 1978). 5-18.

STINY G.; MITCHELL,W.J . The grammar of paradise: on the generation of Mughul gardens. Environment and Planning B 7: (1980) 209-226.

SIA - Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes. SNARC: Méthode pour l'évaluation de l'écologie dans les projets d'architecture. Zurich, SIA,2004. Acessado em set 2010. Disponível em << <http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/SNARCF.pdf> >>

TAPIA,M. A visual implementation of a shape grammar system. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, volume 26, pages 59 – 73.

TEIGE,K., The Minimum Dwelling (1932) in Dluhosch, (trad.) Cambridge:MIT Press,2002.

TRAMONTANO, M.. Habitação, hábitos e habitantes: tendências contemporâneas metropolitanas. São Carlos: Nomads, Núcleo de estudos sobre habitação e modos de vida, 1998. Disponível em: < [http://www.eesc.sc.usp.br/nomads/livraria\\_artigos\\_online\\_habitos\\_habitantes.htm](http://www.eesc.sc.usp.br/nomads/livraria_artigos_online_habitos_habitantes.htm) >

TURKIENICZ, B. ; SCLOVSKY, L. ; MITTMANN, M. ; PEREIRA, F. O. R. . BLOCK.I.MAGIC - Simulation of Building Regulations in a Computational Environment. In: Proceedings of CUPUM'99 - 6th International Conference Computers in Urban Planing and Urban Management. CD-Rom. Veneza : IUAV, 1999.

TURKIENICZ, B. Brasília: a arquitetura da crítica. Arquitetura e urbanismo, São Paulo, n. 55, p. 53-56, ago./set. 1994.

TURKIENICZ, B ; MALTA, M. Desenho urbano: anais do II SEDUR, SEMINARIO sobre Desenho urbano no Brasil. Sao Paulo: Pini, Brasilia, CNPQ, Rio de Janeiro, FINEP, 1986.- 392 p.

TURKIENICZ, B. ; SCLOVSKY, L. ; GRAZZIOTIN, P. C. . Cityzoom. 2004.

U,K, THE NATIONAL AFFORDABLE HOMES AGENCY. 721 Housing Quality Indicators (HQI) Form, Version 4 (For NAHP 08-11). Housing Corporation 2007 Updated April 2008, acessado em set 2010.Disponível em << <http://www.homesandcommunities.co.uk/hqi> >>

U. S. DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT. Minimum property Standards for housing, 4910.1 Office of Assistant Secretary for Housing- Federal Housing Commissioner Washington, DC, 1994 Edition acessado em set 2010. Disponível em << [http://portal.hud.gov/hudportal/HUD?src=/program\\_offices/administration/hudclips/handbooks/hsg/4910.1](http://portal.hud.gov/hudportal/HUD?src=/program_offices/administration/hudclips/handbooks/hsg/4910.1) >>

U. S. DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT. Affordable housing, Advisor. 2001 Edition, acessado em set 2010. Disponível em << <http://www.huduser.org/portal/publications/destech/dsnadv.html> >>

Wерна, E.;ABIKO,A.K.; COELHO,L.O.; SIMAS,R.; KEIVANI,R.; HAMBURGER, D.S.; ALMEIDA,M.A.P.. Pluralismo na habitação (Finep) . São Paulo : Annablume, 2004.

VITRUVIUS P., M. The ten books on architecture. New York: Dover, 1960.

## **7 . A P Ê N D I C E**

**7.1. Definições**

**7.2. Corpus de Estudo: Descrição e Análise**

**7.3. Derivações**

**7.4. Fichas de dados das HIS**

## 7.1. GRAMÁTICA DE FORMAS – DEFINIÇÕES (MAYER,2003)

**Gramática das formas**<sup>1</sup> associa um vocabulário de formas, a um conjunto de regras, que especifica como os elementos do vocabulário podem ser combinados para formar conjuntos de formas, que constituem, por sua vez, formas complexas dentro de uma linguagem de desenho. A gramática constituiria, desta maneira, um mecanismo de geração de formas em uma determinada linguagem ou estilo arquitetônico.

Gramáticas de Formas são especificadas a partir de regras e de uma forma inicial. A partir da decomposição de uma forma F obtemos o vocabulário, constituído de formas mais elementares que a forma F, e as relações espaciais existentes entre este vocabulário, ou seja a descrição de como se relacionam as partes ou subconjuntos de F. Uma vez estabelecida uma relação espacial, ou o tipo de relação entre dois elementos do vocabulário, esta pode ser usada base para constituição de regras – operações que utilizadas recursivamente produzirão novas formas a partir de uma origem comum – a relação espacial<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> O modelo Gramáticas da forma tem origem na teoria lingüística – tendo sido derivada diretamente do conceito de sintaxe. De acordo com CHOMSKY (1957), o estudo sintático de uma determinada língua tem como objetivo a construção de uma gramática que pode ser encarada como um mecanismo de produção de frases de uma língua específica. A definição de **Gramática**, de acordo com o modelo proposto por CHOMSKY (op.cit.) para a caracterização da **Linguagem**, associa um vocabulário de símbolos ou palavras, a um conjunto de regras. Estas regras especificam modos através dos quais elementos ou partes de um vocabulário podem ser combinados para formar conjuntos de símbolos ou sentenças em uma linguagem. A Língua reúne o conjunto de frases de extensão finita construídas a partir de um conjunto de elementos ou partes. A gramática de uma língua será, então, o mecanismo através do qual as seqüências gramaticais de uma língua são geradas.

<sup>2</sup> A partir desta definição, a caracterização de um estilo arquitetônico reuniria edifícios construídos a partir de um conjunto de elementos e uma gramática. A gramática de uma linguagem arquitetônica constitui o mecanismo capaz de gerar todos os edifícios dentro do estilo, ou seja: a gramática de uma linguagem arquitetônica contém a especificação do vocabulário de formas e das regras - operações ou seqüência de instruções que determinam as combinações possíveis dentro desta linguagem. Cada gramática de formas define uma linguagem de desenho.

A seguir, são apresentadas as definições dos principais elementos que compõem uma gramática de formas: forma, vocabulário, relações espaciais e regras de composição.

## 1. FORMA

**Forma** constitui um arranjo de linhas, em duas ou três dimensões, o qual possui uma especificação gráfica. Formas estão associadas a um sistema de coordenadas, onde está determinada a sua localização, orientação e tamanho<sup>3</sup>. A Forma vazia é denotada pelo símbolo  $F_0$

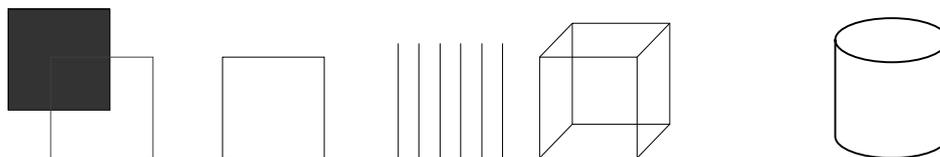


Figura 1.

Linhas<sup>4</sup> são elementos primitivos que compõem formas. Uma só linha é suficiente para constituir uma forma, o número de linhas em uma forma é finito e todas possuem um comprimento finito e diferente de zero. As linhas podem ser retas ou curvas, conectadas ou desconectadas. A forma que não possui linhas é denominada forma vazia, ou, dado que uma forma constitui um conjunto de linhas, o conjunto sem linhas é o conjunto vazio.



Figura 2. Linha

<sup>3</sup> O sistema de coordenadas usualmente não é demonstrado, mas a forma está implícita ou explicitamente associada a determinado sistema de coordenadas.

<sup>4</sup> Uma linha  $l$  é determinada por qualquer conjunto de dois pontos distintos  $p_1$  e  $p_2$ , denominados pontos finais da linha  $l = \{p_1, p_2\}$ .

Dois linhas são iguais se e somente se tem pontos finais  $p_1$  e  $p_2$  iguais.

As linhas em um conjunto, que especificam uma determinada forma, são denominadas linhas máximas (maximal lines).

Uma **forma é subconjunto** (*subshape*) de forma F se e somente se esta forma é idêntica a alguma parte da especificação da forma F. O conjunto vazio ou forma vazia é um subconjunto de todas as formas.

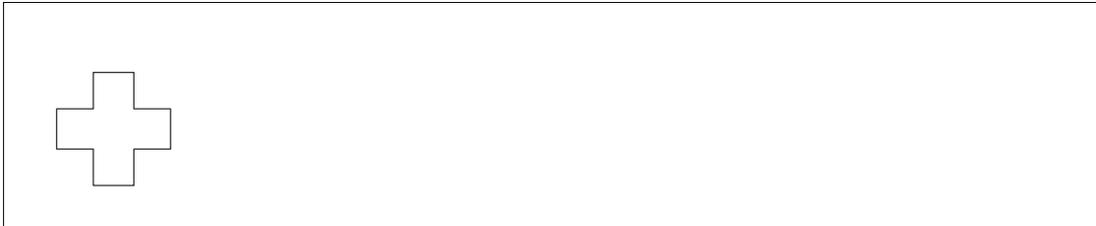


Figura 3. exemplo: Forma F

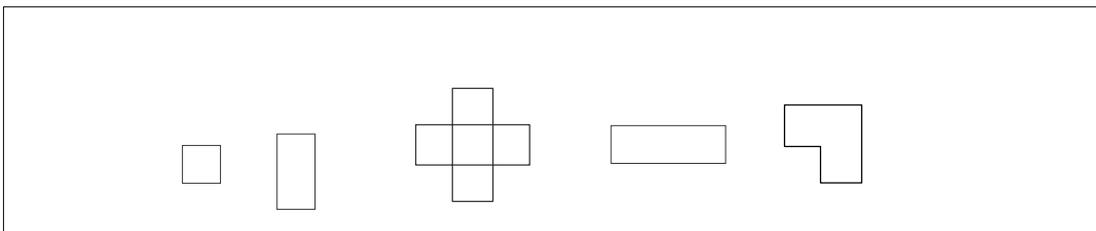


Figura 4. Subconjuntos (*subshapes*) de F

As formas podem ser comparadas e manipuladas através de relações de comparação ou operações para a criação de novas formas.

**Forma inicial** (fig. 2 e 3) é uma forma ou combinação de formas a partir do vocabulário, com ou sem marcadores de estado. Uma forma inicial tem sua localização, orientação e tamanhos, definidos em um sistema de coordenadas não necessariamente explícito.

## 2. FORMAS PARAMÉTRICAS

Elementos componentes de determinada forma podem ser dimensionados de acordo com critérios específicos determinando **famílias de formas**. Uma família de formas é definida por uma **forma paramétrica**  $f$  para a qual as coordenadas dos vértices (pontos finais das linhas máximas da forma  $f$ , são variáveis  $(x,y)$ ). Cada membro desta família é determinado por um atributo  $g$  de valores reais para as variáveis, ou através da especificação de certas condições que os valores devem satisfazer. Uma

forma parametrizada  $f$ , com atributos  $g$  é denotada por  $g(f)$ . **Formas paramétricas** admitem distorções – os atributos podem alterar aspectos de uma forma, como ângulos, intersecções de linhas, e a proporção entre comprimentos das linhas desde que, permaneçam semelhantes as relações topológicas .

### 3. VOCABULÁRIO

Um conjunto de formas constitui um **vocabulário**. Um **vocabulário** é um conjunto limitado de formas onde nenhuma é similar à outra do mesmo conjunto. Um vocabulário inclui todas as transformações euclidianas das formas que contém<sup>5</sup>.

Um **vocabulário de formas** não é suficiente para determinar um desenho<sup>6</sup>. Para a construção de um desenho é necessária a especificação do modo de combinação das formas do vocabulário através das operações e transformações. A especificação do modo de combinação restringe as operações e transformações determinando **relações espaciais**. As operações booleanas e as transformações euclidianas constituem modos genéricos de combinação das formas - sem as restrições especificadas nas relações espaciais, todos os vocabulários de formas são equivalentes, ou seja, sem a restrição de utilização das operações, as possibilidades de desenho para todos os vocabulários são as mesmas. Portanto, o valor de um vocabulário depende das convenções que determinam o modo de combinação entre as partes deste vocabulário.

A estrutura e as propriedades das formas, em uma linguagem, dependem do vocabulário e das relações espaciais nas quais uma linguagem é baseada.

---

<sup>5</sup> Um conjunto finito de formas pode ser usado como vocabulário para a formação de outras formas. O conjunto de todas as formas feitas de formas em um dado conjunto  $F$  é denotada por  $F^+$ . O conjunto  $F^+$  é o menor conjunto contendo todas as formas no conjunto  $F$ . Se um conjunto  $F$  contém somente uma forma que consiste de uma simples linha, a forma  $F^+$  contém todas as formas feitas de uma ou mais linhas máximas. Qualquer destas formas é a união destas linhas máximas, as quais são transformações da forma do conjunto  $F$ (linha), e portanto um elemento do conjunto  $F^+$ . O conjunto  $F^+$  adiciona o conjunto vazio ao conjunto  $F^+$ .

#### 4. REGRAS E RELAÇÕES ESPACIAIS

**Relações espaciais** constituem o modo de combinação específico ou arranjo de um conjunto de formas. Quando duas ou mais formas são combinadas para constituir uma nova forma, possuem uma relação espacial. Relações espaciais constituem a base para **regras** de composição. Qualquer conjunto finito de formas apresenta uma relação espacial.

A definição de uma relação espacial necessita a especificação das partes e do modo de combinação. Uma forma admite mais de um modo de interpretação de suas partes - a especificação das partes indica a interpretação utilizada em determinada linguagem.

Uma relação espacial é especificada por um conjunto de formas. As formas em um conjunto  $F'$  têm a relação espacial especificada por um conjunto de formas  $F$  se existe uma bijeção<sup>7</sup>  $f : F \rightarrow F'$  e uma transformação  $T$ , tal que para cada *forma*  $f$  em  $F$ ,  $f(s)=T(s)$ . O conjunto  $F'$  contém o mesmo número de *formas* que o conjunto  $F$ , especificando a relação espacial, e qualquer *forma*  $f'$  em  $F'$  é idêntica a transformação  $T$  de alguma *forma*  $f$  em  $F$ .

As regras geram desenhos de modo não determinístico. A cada passo da derivação de um desenho, a partir de um conjunto de regras, pode ser feita a escolha da regra seguinte dentre possibilidades múltiplas. A partir de um vocabulário é possível obter uma variedade de relações espaciais, e uma relação espacial pode servir de base para uma variedade de regras.

Cada gramática determina um subconjunto do universo das formas  $U$ . Os elementos desta linguagem são compostos a partir de uma ou mais formas iniciais, e, então, são aplicadas, recursivamente, passo a passo, **regras** do tipo  $F \rightarrow F'$ . Cada passo ou **derivação** produz uma nova forma.

As regras utilizam **marcadores** para o controle e orientação da aplicação da regra sobre a forma. Os marcadores são representados por letras, símbolos ou números. Os **marcadores (ou rótulos) espaciais** (fig.6) constituem um meio de restrição das possibilidades de combinação das

---

<sup>7</sup> correspondência biunívoca de um conjunto sobre o outro;

formas especificando determinado tipo de combinação ou desenho final. Os marcadores espaciais ocupam um determinado ponto no sistema de coordenadas.

Os marcadores também são utilizados para designar atributos da forma como cor, material, função, etc.

Os **marcadores de estado** (ex. estado final; estado inicial) definem a ordem e a seqüência de aplicação das regras. Os marcadores de estado limitam a aplicação das regras de acordo com uma seqüência definida, especificando a “receita” para a geração de determinado tipo de composição ou desenho. Os marcadores de estado não possuem nenhum caráter espacial, portanto não ocupam lugar no sistema de coordenadas.

## 5. OPERAÇÕES

**Operações e relações** para manipulação da forma - possuem uma compreensão informal ou intuitiva, através da representação gráfica associada a cada forma e uma especificação formal – matemática. A relação entre as formas admite comparar formas - a relação da parte com o todo ( $F_1 \leq F_2$ ) e a relação de igualdade ( $F_1 = F_2$ ).

As **operações booleanas**<sup>8</sup> - união<sup>9</sup> ( $F_1 + F_2$ ), diferença ( $F_1 - F_2$ ), intersecção ( $F_1 \cap F_2$ ) - e as **transformações euclidianas** - translação, rotação, escala e reflexão e a composição destas - são operações que admitem a combinação de formas e a criação de novas formas.

---

<sup>8</sup> A álgebra booleana consiste em um modelo matemático - que compartilha muitas similaridades com a teoria dos conjuntos - desenvolvido pelo matemático inglês George Boole, cujos livros *The mathematical analysis of logic* (1847) and *An investigation of the laws of thought* (1854) sugeriram a noção de que não somente quantidades e números podem ser organizados e manipulados de acordo com as leis da álgebra, mas muitos processos do argumento racional. Somente cerca de um século após, a álgebra booleana tornou-se a mais importante ferramenta matemática, em informática (MARCH, 1976).

<sup>9</sup> Na operação de **união**, as coordenadas de cada uma das formas representadas, são coincidentes.



Figura 8. União

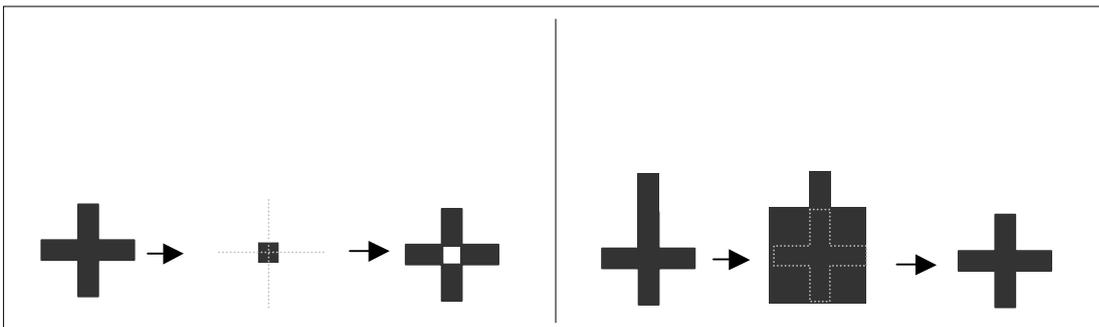


Figura 9 Subtração

Figura 10 Intersecção

A operação de união de duas formas resulta em uma forma que combina as especificações de cada forma de modo que o sistema de coordenadas associado a cada uma das formas seja coincidente.

A operação de intersecção de duas formas resulta em uma forma que consiste nas linhas ou partes de linhas comuns às duas formas interseccionadas.(fig 10) A diferença entre duas formas resulta em uma forma constituída das linhas ou partes de linhas da primeira forma que não são comuns à segunda forma (fig.9).

As **transformações euclidianas** mudam a orientação ou a escala da forma em relação ao sistema de coordenadas associado à forma. O resultado da aplicação de uma transformação ou uma seqüência de transformações é uma forma.

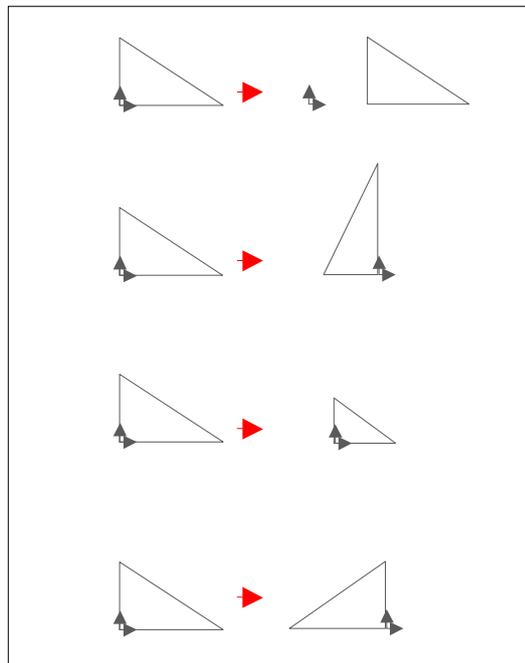


Figura 11. Transformações euclidianas: translação, rotação, escala e reflexão.

Um **mapeamento**  $F$  no espaço associa cada ponto  $p$ :  $p \rightarrow p'$ . O par de mapeamentos  $F, F'$ :  $p \rightarrow p', p' \rightarrow p$ , no qual um é o inverso do outro, de tal modo que se  $F$  leva  $p$  a  $p'$  então  $F'$  leva  $p'$  de volta a  $p$  e vice-versa, é conhecido como par de mapeamentos um a um ou **transformações**. Por exemplo: quando transferimos um objeto real para o papel na forma de um desenho, estamos fazendo um **mapeamento**, a partir de pontos selecionados do objeto real, onde há uma correspondência entre cada ponto real e cada ponto representado ( $p \rightarrow p'$ ). Sempre que estabelecemos uma regra que associa cada ponto  $p$  com sua imagem  $p'$ , fica definido um **mapeamento** (fig.12). Um mapeamento aplica uma configuração em outra por meio da qual se estabelece uma correspondência biunívoca entre os pontos. Matematicamente, um mapeamento não preserva, necessariamente, características espaciais como comprimento, escala, direção, área, ângulos.

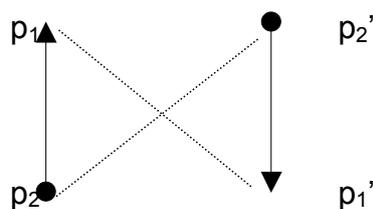


Fig 12. exemplo mapeamento  $p_1 p_2 \rightarrow p_1' p_2'$

Transformações euclidianas constituem operações de **similaridade**. Uma transformação ou seqüência de transformações, sem transformação de escala, é denominada **isometria** e produz formas **congruentes**. Duas formas são congruentes se, e somente se, uma pode se tornar equivalente a outra a partir da aplicação da mesma seqüência de transformações, excluída a transformação de escala. A operação que produz formas **equivalentes ou idênticas**, ou seja, especificações idênticas de tamanho, direção, orientação e localização; é denominada **identidade** – formas idênticas possuem as mesmas linhas (Fig 13).

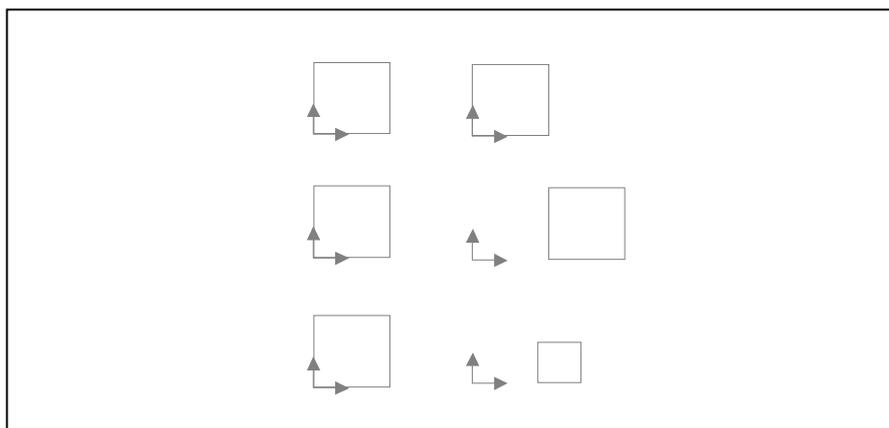


Figura 13. Transformações euclidianas: Equivalentes, Congruentes e Similares

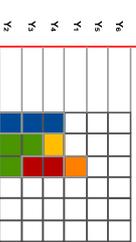
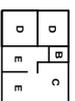
Uma transformação euclidiana  $T$  de uma forma  $f$ , corresponde à forma denominada  $T(f)$ . A forma  $f$  e a forma  $T(f)$  são similares – diferem apenas em localização, orientação, tamanho ou reflexão.

A operação de união, juntamente com as operações euclidianas, constitui ferramenta básica para a produção de formas complexas a partir de formas simples.

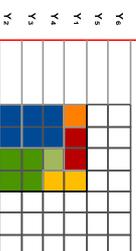
As operações e transformações são definidas no universo das formas  $U$ , que contém no mínimo, o conjunto vazio e uma linha reta que é fechada através da operação de união e transformações.

## **7.2. CORPUS DE ESTUDO: DESCRIÇÃO E ANÁLISE.**

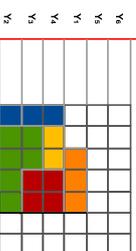




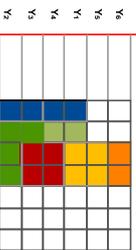
13



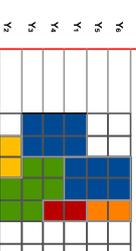
14



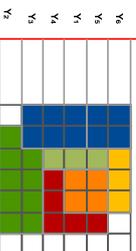
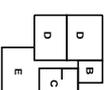
15



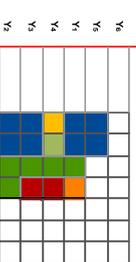
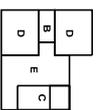
16



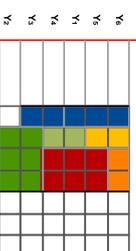
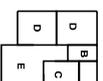
17



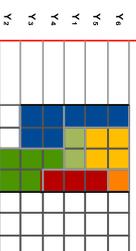
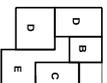
18



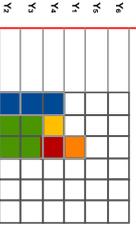
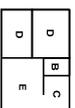
19



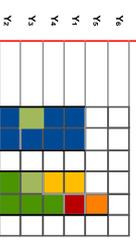
20



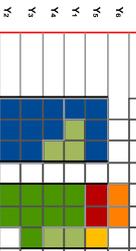
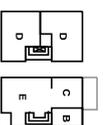
21



22

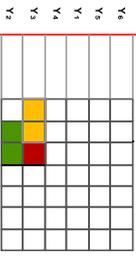
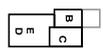


23

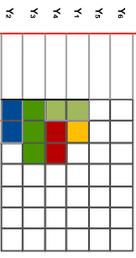


24

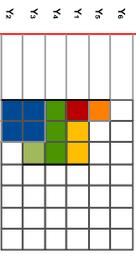
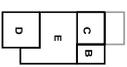
REPRESENTAÇÃO ADIMENSIONAL DOS EXEMPLARES DO CORPUS DE ESTUDO



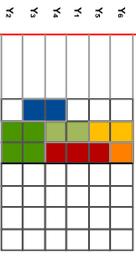
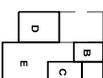
01



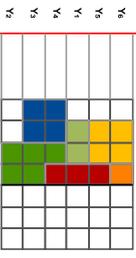
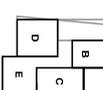
02



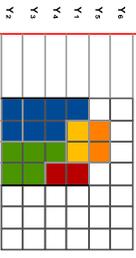
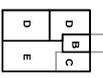
03



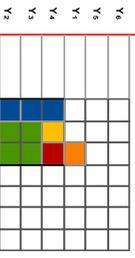
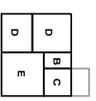
04



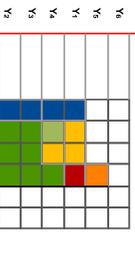
05



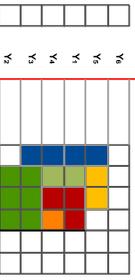
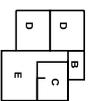
06



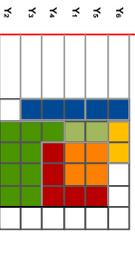
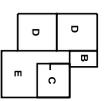
07



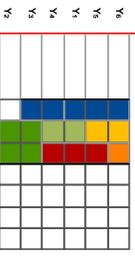
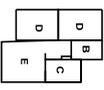
08



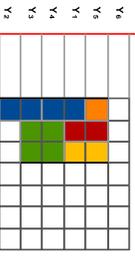
09



10

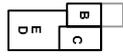


11

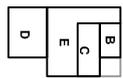


12

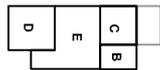
01



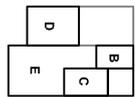
02



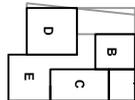
03



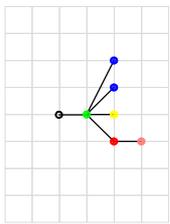
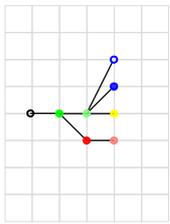
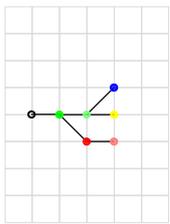
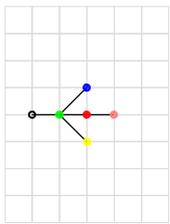
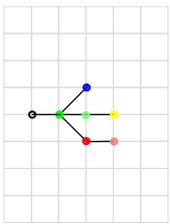
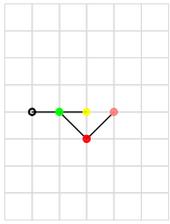
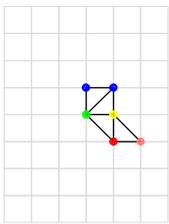
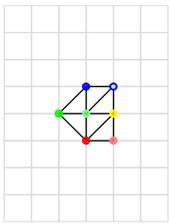
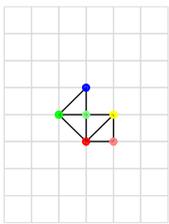
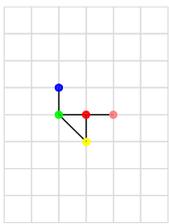
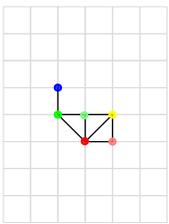
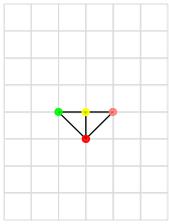
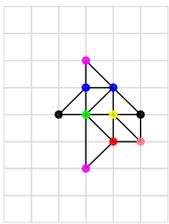
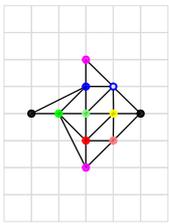
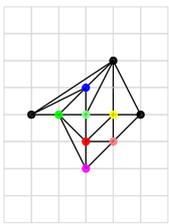
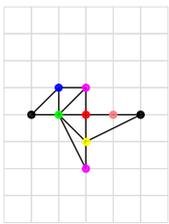
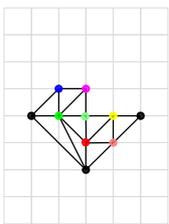
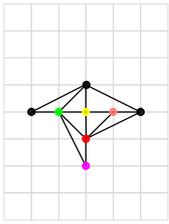
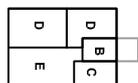
04

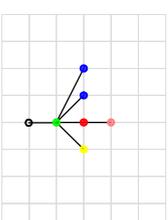
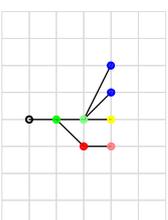
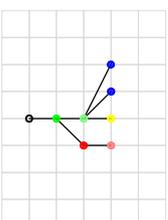
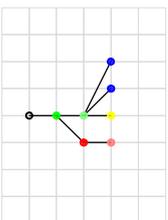
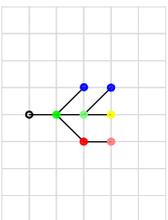
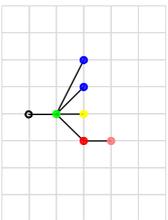
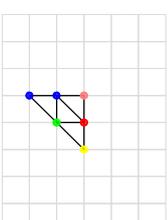
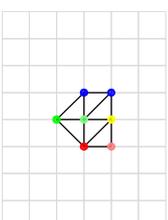
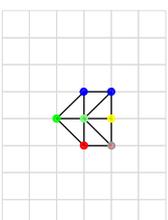
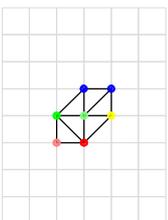
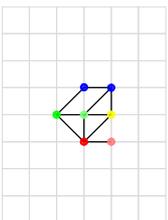
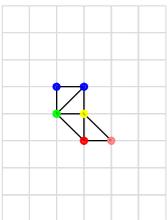
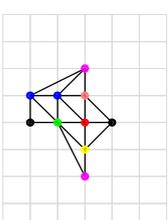
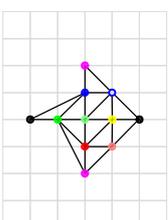
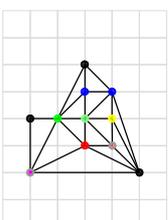
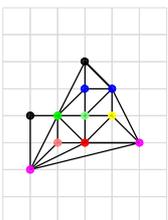
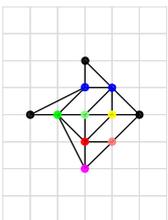
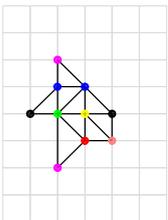
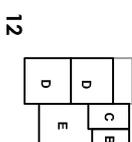
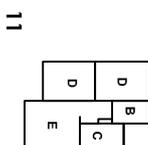
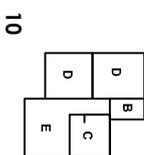
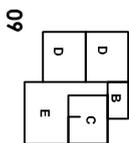
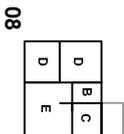
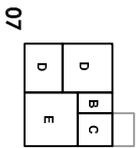


05

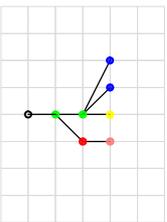
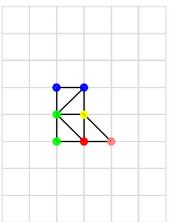
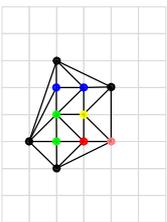
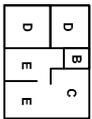


06

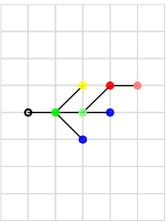
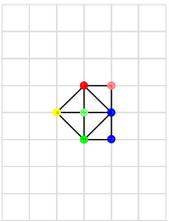
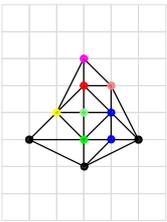
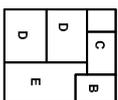




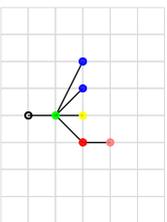
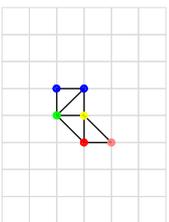
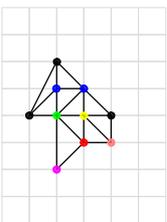
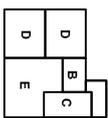
13



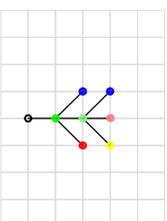
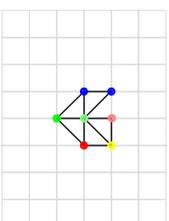
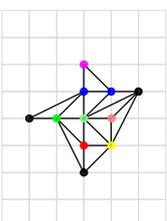
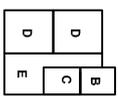
14



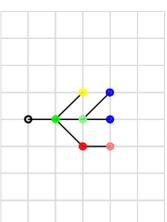
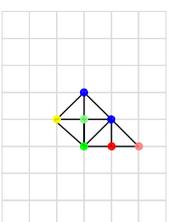
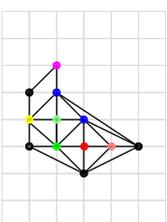
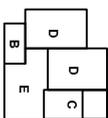
15



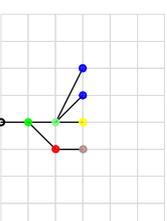
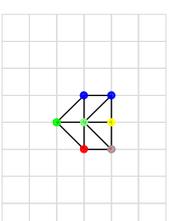
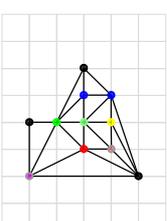
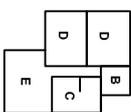
16



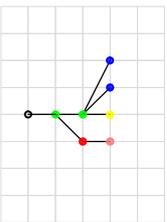
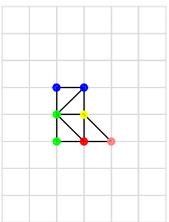
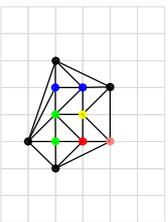
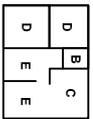
17



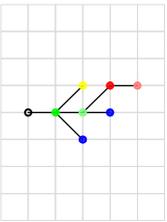
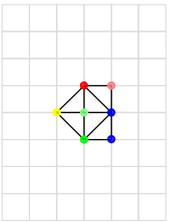
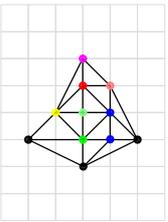
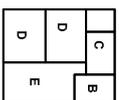
18



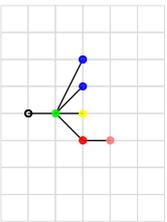
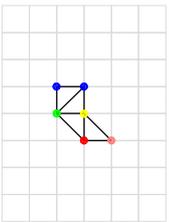
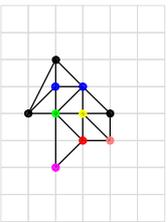
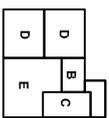
13



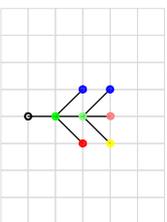
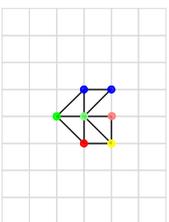
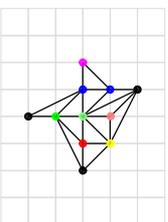
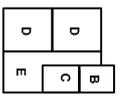
14



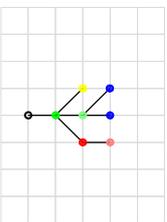
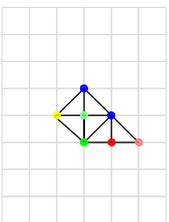
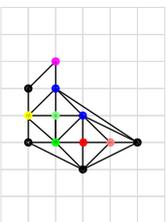
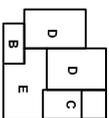
15



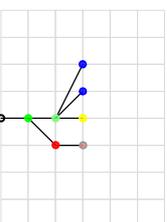
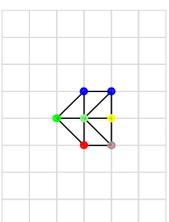
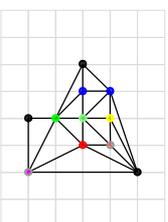
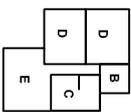
16



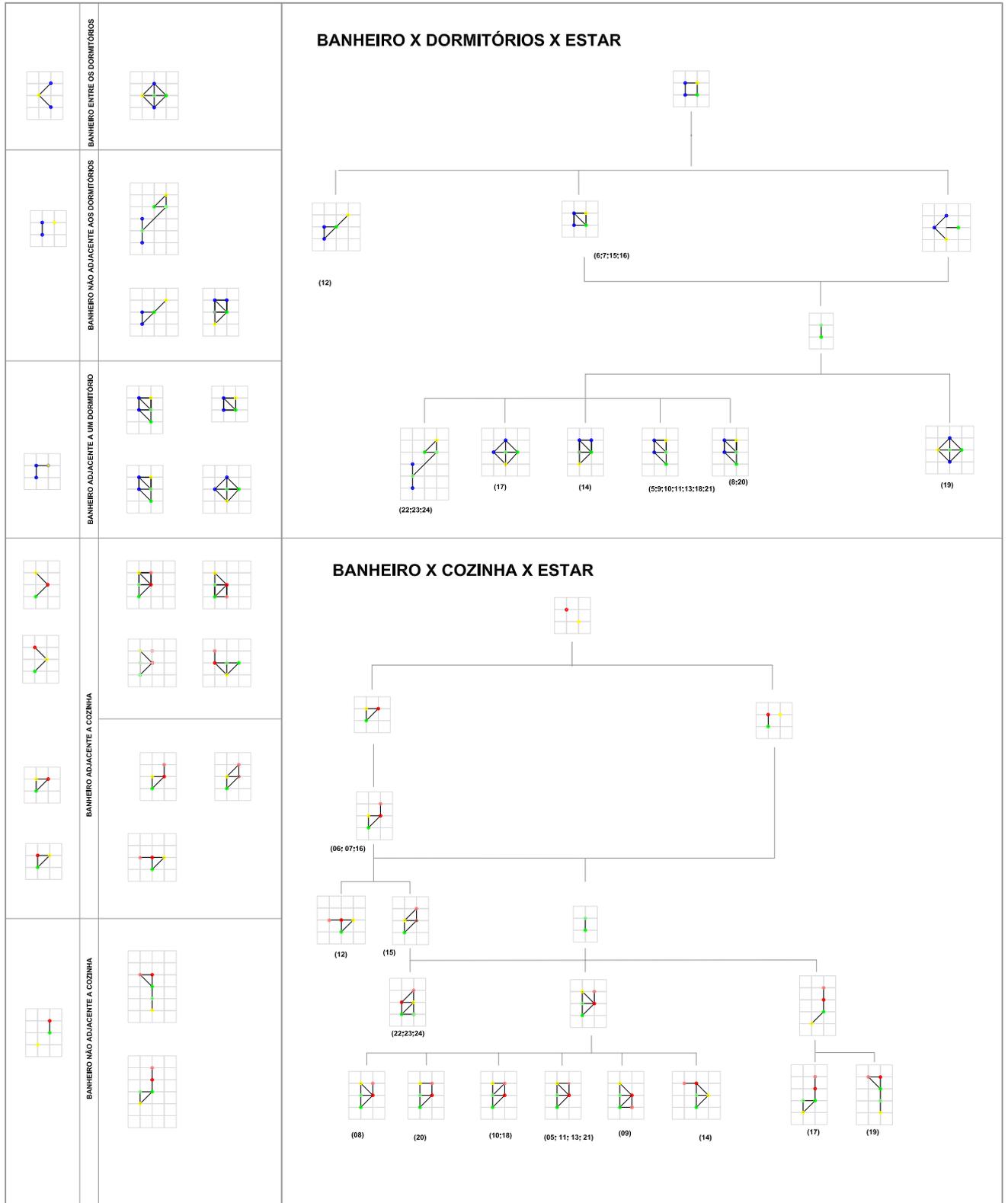
17



18



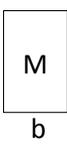
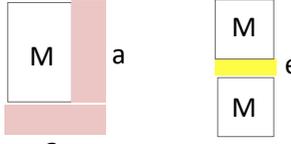
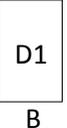
## RELAÇÕES DE ADJACÊNCIA ENTRE CONJUNTOS DE FUNÇÕES









		MOBILIÁRIO									ESPAÇO USO / ci						COMPARTIMENTOS																		
		 DIMENSÕES									 DIMENSÕES						configuração	 comprimento A mínimo						 largura B mínima						 área					
TIPO		Nº		a			b			a			e	b				A			B														
4 a 5 pessoas				min*	reg	otimo	min	reg	otimo	min	reg	otimo		min*	reg	otimo		min*	reg	otimo	min*	reg	otimo	min*	reg	otimo									
		MCMV																																	
<b>D1</b>	dormitorio1																																		
		roupeiro	<b>R</b>	1,60	1,80	2,40	0,50	0,55	0,60	1,60	1,80	2,40	0,05	0,65	0,85	1,05	<b>1</b>	3,05	3,35	3,65	2,60	2,75	2,80	7,93	9,21	10,22									
		mesa cabeceira	<b>m</b>	0,50	0,55	0,60	0,50	0,55	0,60	0,60	0,65	0,75	0,05	0,60	0,65	0,75	<b>2</b>	2,50	2,75	2,90	3,75	4,15	4,45	9,38	11,41	12,91									
		cama casal	<b>C</b>	1,90	1,95	2,00	1,40	1,45	1,60	0,60	0,80	0,90		0,60	0,80	0,90	<b>3</b>	2,50	2,75	2,90	4,20	4,55	5,20	10,50	12,51	15,08									
		porta	<b>P</b>	0,70	0,75	0,80	0,70	0,75	0,80	0,75	0,80	0,90	0,05	0,75	0,80	0,90	<b>4</b>	2,50	2,75	2,90	3,80	3,00	3,08	9,50	8,25	8,92									
		janela	<b>J</b>	1,00	1,20	1,50				1,00	1,20	1,50					<b>5</b>	2,50	2,75	2,90	3,10	3,30	3,40	7,75	9,08	9,86									

compartimento		* B											
A	1	ótimo	0,75	1,60	0,75	3,10							
		reg	0,65	1,45	0,65	2,75							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,60	2,60						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	P
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	R	R
AREA	min.	8,45	reg.	9,08	ótimo	10,85							

\* regra circ. P

		B											
A	1.1	ótimo	0,75	1,60	0,90	3,25							
		reg	0,65	1,45	0,80	2,90							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,75	2,75						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	P
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	R	P
AREA	min	8,25	reg.	9,57	ótimo	11,38							

R	dif. B	P	B2	
min.	1,60	0,40	0,75	2,75
reg.	1,80	0,35	0,75	2,90
ótimo	2,40	0,10	0,75	3,25

		B											
A	1.2	ótimo	0,75	1,60	0,75	3,10							
		reg	0,65	1,45	0,65	2,75							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,60	2,60						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	P
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	ci	R
AREA	min	10,01	reg.	11,69	ótimo	14,57							

\* regra circ. P

		* B													
A	2	ótimo	0,75	1,60	0,75	0,60	0,60	4,30							
		reg	0,65	1,45	0,65	0,60	0,55	3,90							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,60	0,60	0,50	3,70						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m	ci	R				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci	ci	R
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	ci	P	R
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	ci	ci	ci	P	R
AREA	min.	9,25	reg.	10,73	ótimo	12,47									

\*regra menor ci

		B												
A	5	ótimo	0,75	1,60	1,05	0,60	4,00							
		reg	0,65	1,45	0,85	0,55	3,50							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,65	0,50	3,15						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m	R				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci	R
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	P	R
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	R	R	
AREA	min.	8,35	reg.	9,63	ótimo	11,60								

\* regra circ. P

		B												
A	5.1	ótimo	0,60	1,60	1,05	0,60	3,85							
		reg	0,55	1,45	0,85	0,55	3,40							
	ótimo	reg	min	0,50	1,40	0,65	0,50	3,05						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m	R				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci	R
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	ci	P
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	R	R	
AREA	min	8,08	reg.	9,35	ótimo	11,17								

		B											
A	6	ótimo	0,75	1,60	0,75	3,10							
		reg	0,65	1,45	0,65	2,75							
	ótimo	reg	min	0,60	1,40	0,60	2,60						
	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	m	C	m				
	3,30	3,35	3,80	3,40	3,55	3,25	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	C	ci
3,50	3,60	3,90	3,60	3,75	3,40	3,50	3,60	3,75	3,40	3,50	ci	ci	P
3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	R	ci	P
AREA	min.	10,66	reg.	12,51	ótimo	16,43							



	MOBILIÁRIO									ESPACO USO / ci									
	TIPO 4 a 5 pessoas	N°	DIMENSÕES						DIMENSÕES										
			a (l)			b (p)			a			e	b						
			min*	reg	ótimo	min	reg	ótimo	min	reg	ótimo		min*	reg	ótimo				
<b>C</b>	cozinha/serviço	pia +bancada	<b>PB</b>	1,20	1,50	1,80	0,50	0,60	0,70	1,20	1,50	1,80		0,85	0,95	1,05			
		refrigerador	<b>R</b>	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90		0,80	0,90	1,00			
		fogão	<b>F</b>	0,55	0,60	0,70	0,60	0,70	0,80	0,55	0,60	0,70		0,95	1,05	1,15			
		Balcão/mesa aux.	<b>b</b>	0,70	0,80	0,90	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		0,85	0,95	1,05			
		mesa	<b>M</b>	1,20	1,30	1,50	0,80	0,90	1,00	2,70	3,10	3,60		2,20	2,60	3,00			
		cadeiras	<b>c</b>	0,35	0,40	0,50	0,35	0,40	0,50	0,75	0,90	1,05		0,70	0,80	0,90			
		porta	<b>P</b>																
		janela	<b>J</b>																
		lava roupas	<b>L</b>	0,60	0,70	0,80	0,65	0,70	0,80	0,80	0,90	1,00		0,60	0,90	1,00			
		tanque	<b>T</b>	0,52	0,60	0,80	0,53	0,60	0,70	0,85	0,90	1,00		0,60	0,70	0,80			

cozinha		B										B2			
1	ótimo	reg	min	T	1,10	0,70	1,80	2,10	*ótimo	*valor max.	2,40				
					1,00	0,60	1,60								
					0,97	0,53	1,50								
					L	ótimo	1,00					0,80	1,80		
						reg	0,90					0,70	1,60		
						min	0,85					0,65	1,50		
					F	ótimo	1,15					0,70	1,95	1,75	*reg
						reg	1,05					0,60	1,65		
						min	0,95					0,55	1,50		
					PB	ótimo	1,20					0,70	1,90	1,50	*min
						reg	1,10					0,60	1,70		
						min	1,00					0,50	1,50		
R	ótimo	1,20	0,90	2,10	1,50	*menor valor admissível									
	reg	1,10	0,80	1,90											
	min	0,80	0,70	1,50											
A	ótimo	reg	min	ci	T	0,80	0,60	0,52	ÁREA	min.					
					L	0,80	0,80	0,70							
					F	0,80	0,70	0,60							
					PB	0,80	0,70	0,60							
					R	0,90	0,80	0,70							
A2	3,50	3,50	3,00	2,50	3,75	reg.									
A3	5,10	4,30	4,30	3,62	5,43	reg.									
A4	7,90	6,80	5,50	4,80	5,92	7,53	ótimo								
										10,71					

A = coz

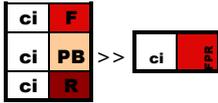
A2 = coz+s

A3 = coz+copa

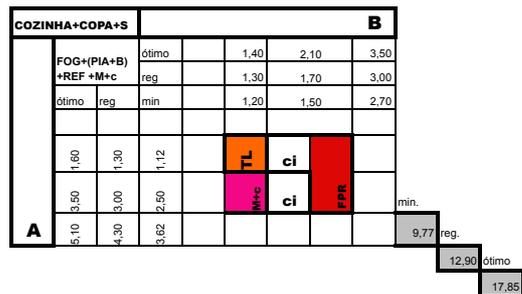
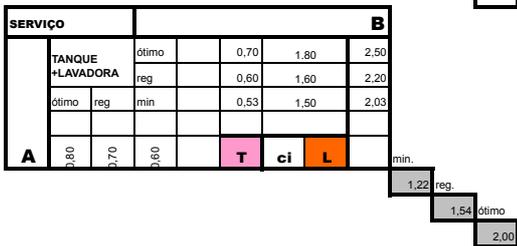
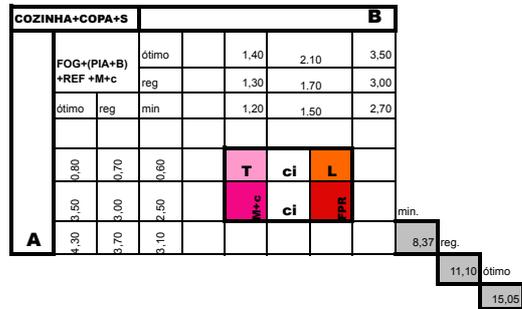
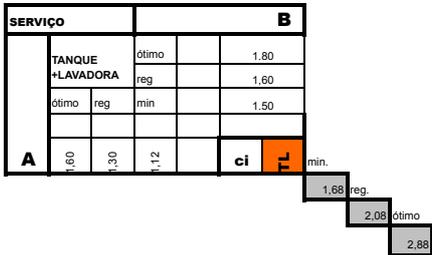
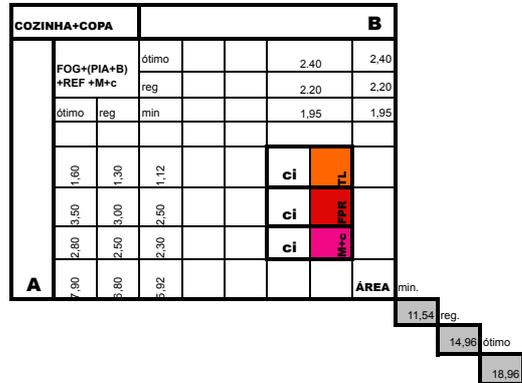
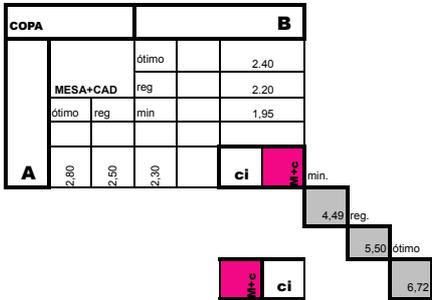
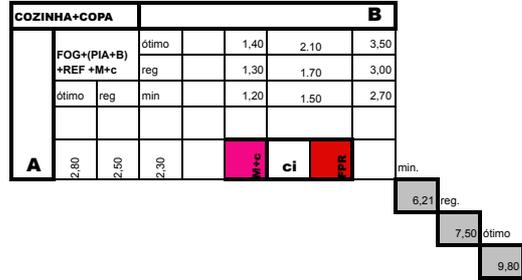
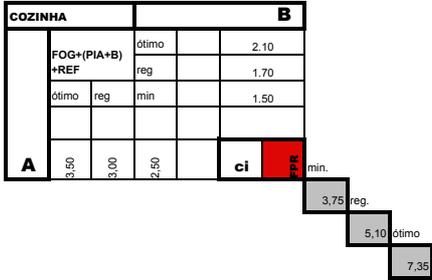
A4 = coz+s+copa

B = coz+ser

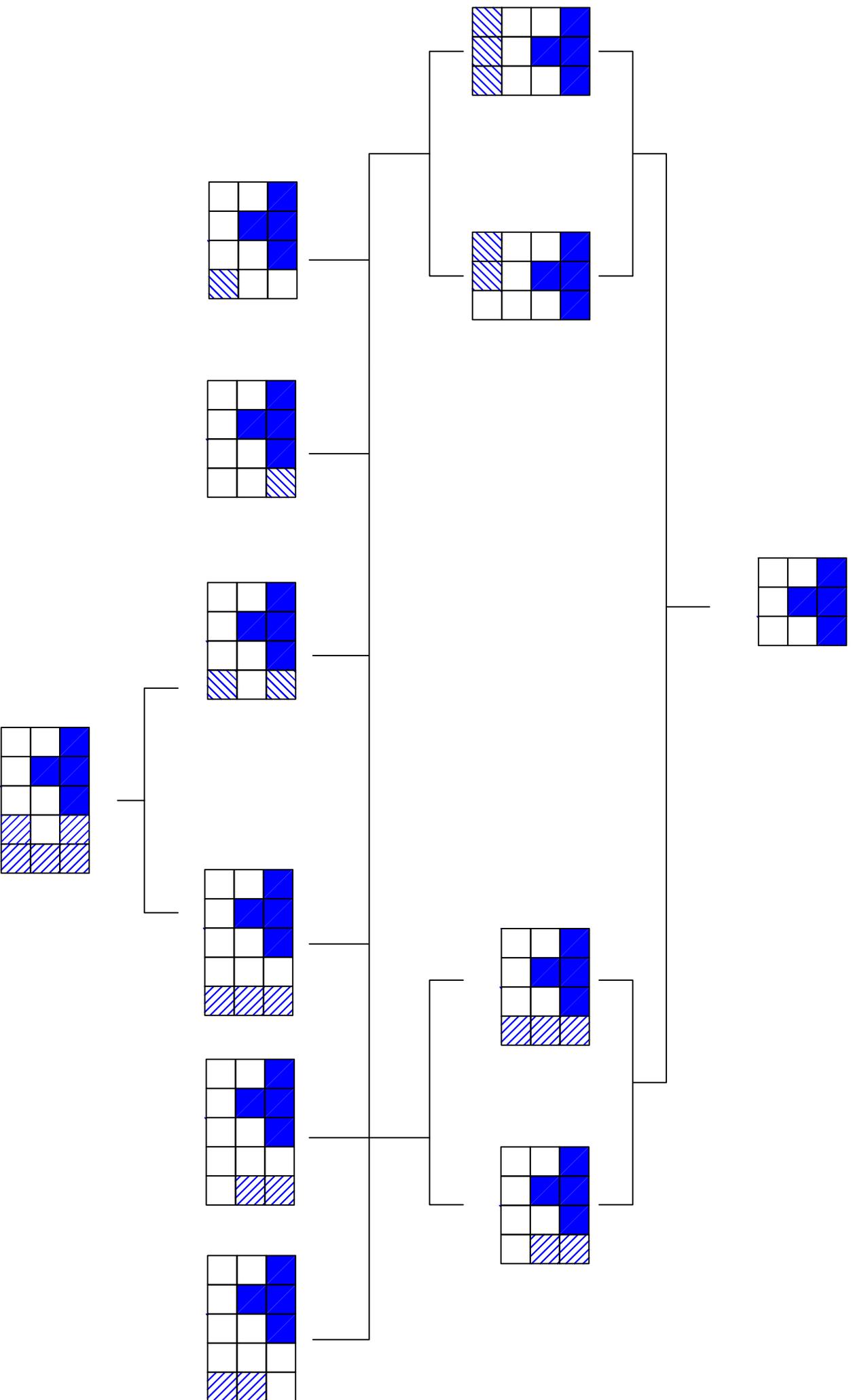
B2 = coz+copa



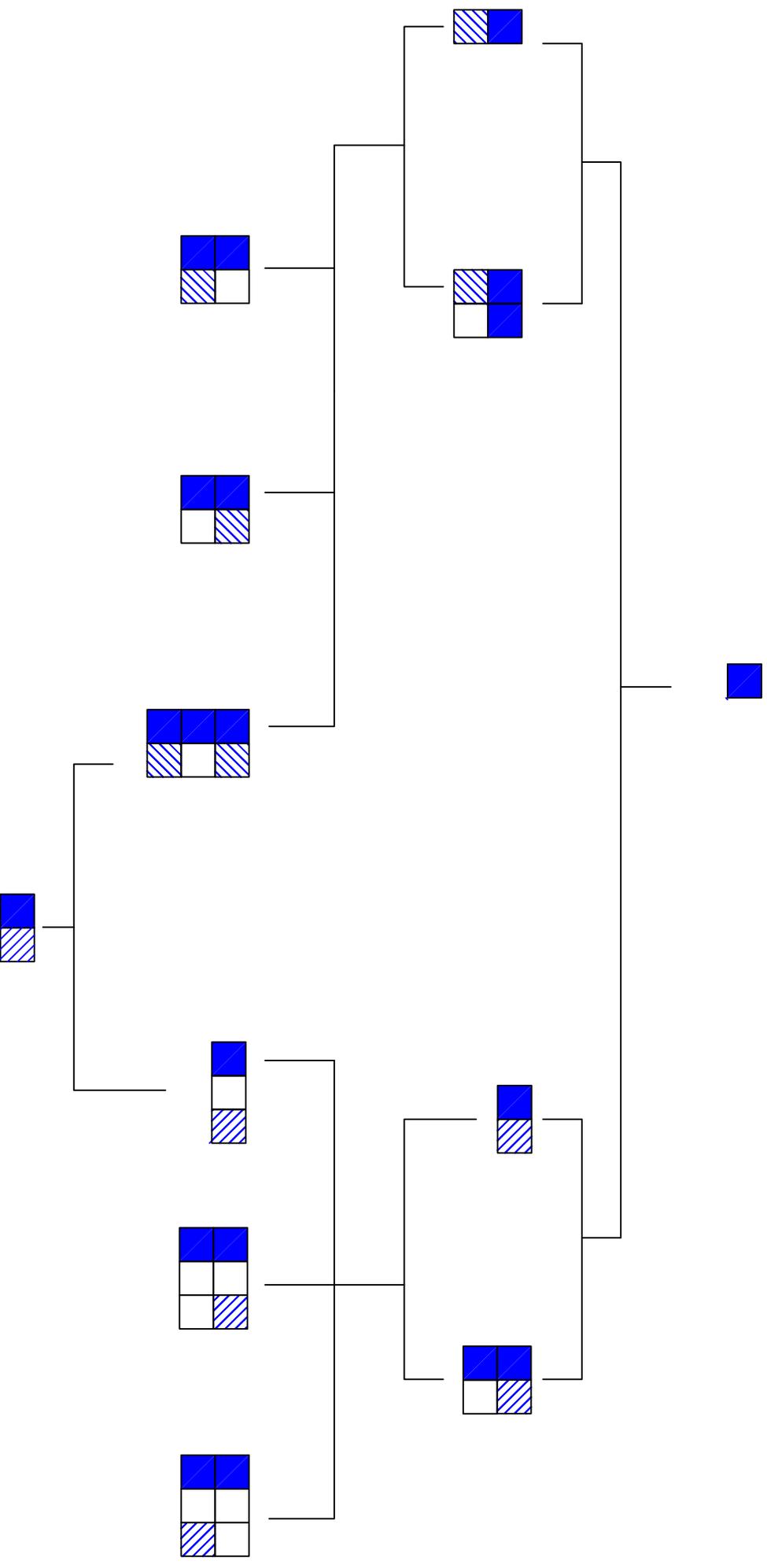
### CONJUNTOS



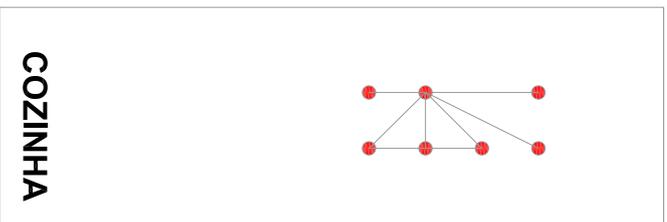
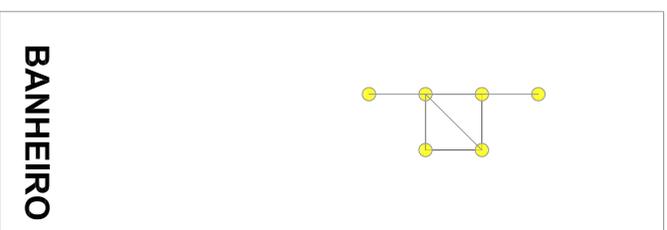
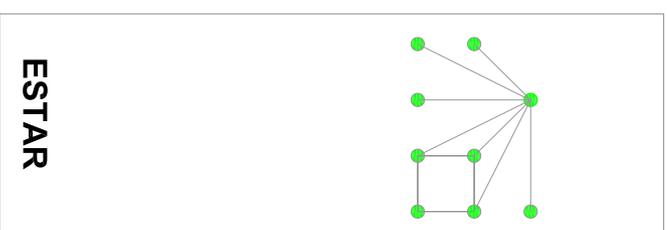
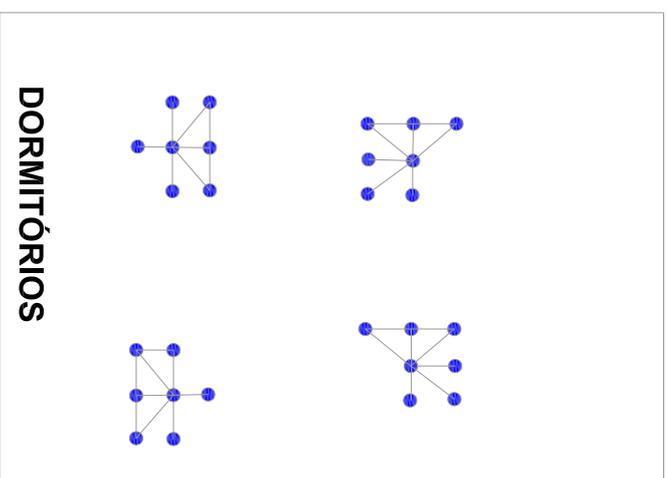
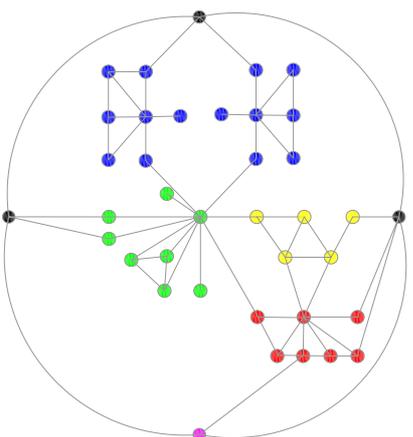
REPRESENTAÇÃO ADIMENSIONAL DO MOBILIÁRIO DO DORMITÓRIO CASAL



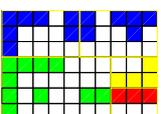
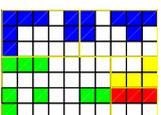
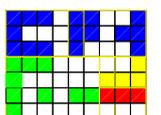
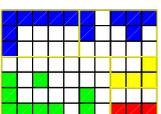
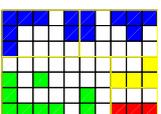
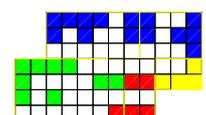
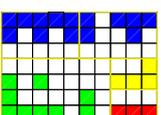
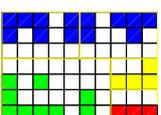
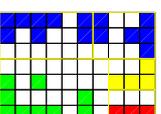
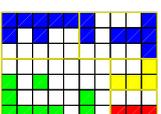
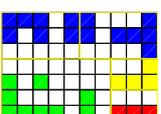
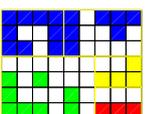
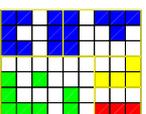
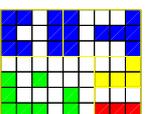
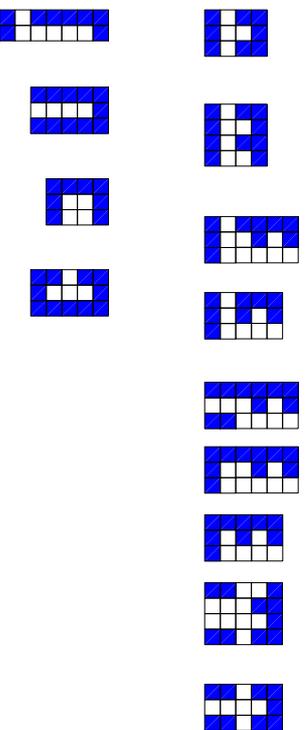
MODELO GEOMÉTRICO DO MOBILIÁRIO DO DORMITÓRIO CASAL

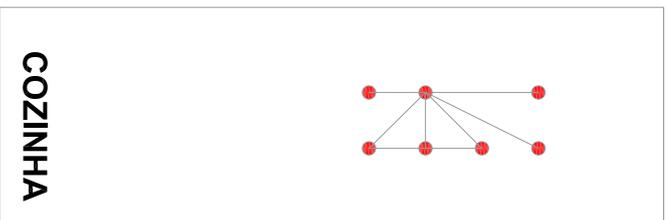
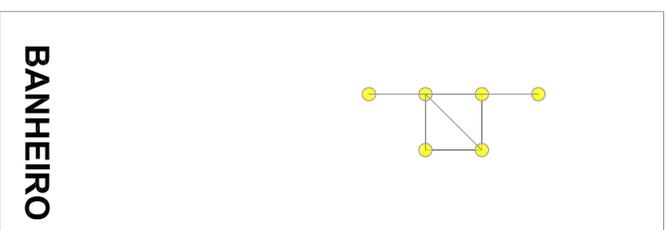
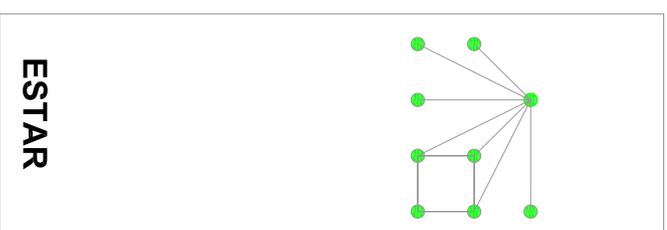
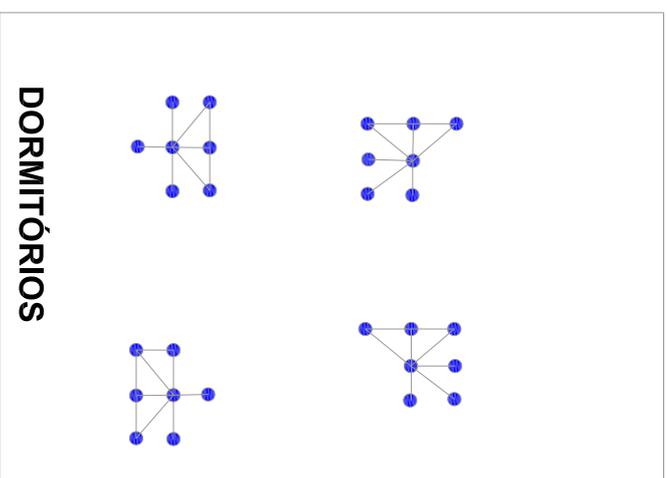
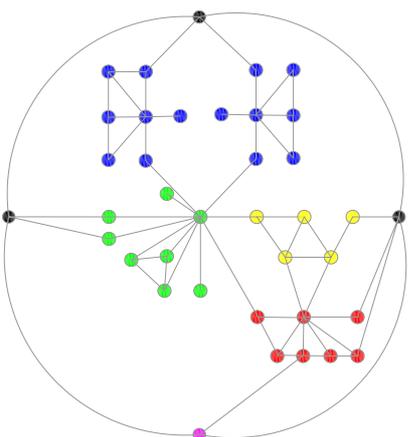






REPRESENTAÇÃO ADIMENSIONAL DO DORMITÓRIO DE SOLTEIRO  
E DO CONJUNTO DOS COMPARTIMENTOS DA UH





### 7.3. DERIVAÇÕES

Foram feitas derivações de amostras de cem exemplares considerando as restrições para geração de unidades de perímetro irregular e para a geração de exemplares com perímetro irregular. Para o perímetro irregular foi testada uma geração em que foram fixadas as dimensões lineares do banheiro em seus valores mínimos.

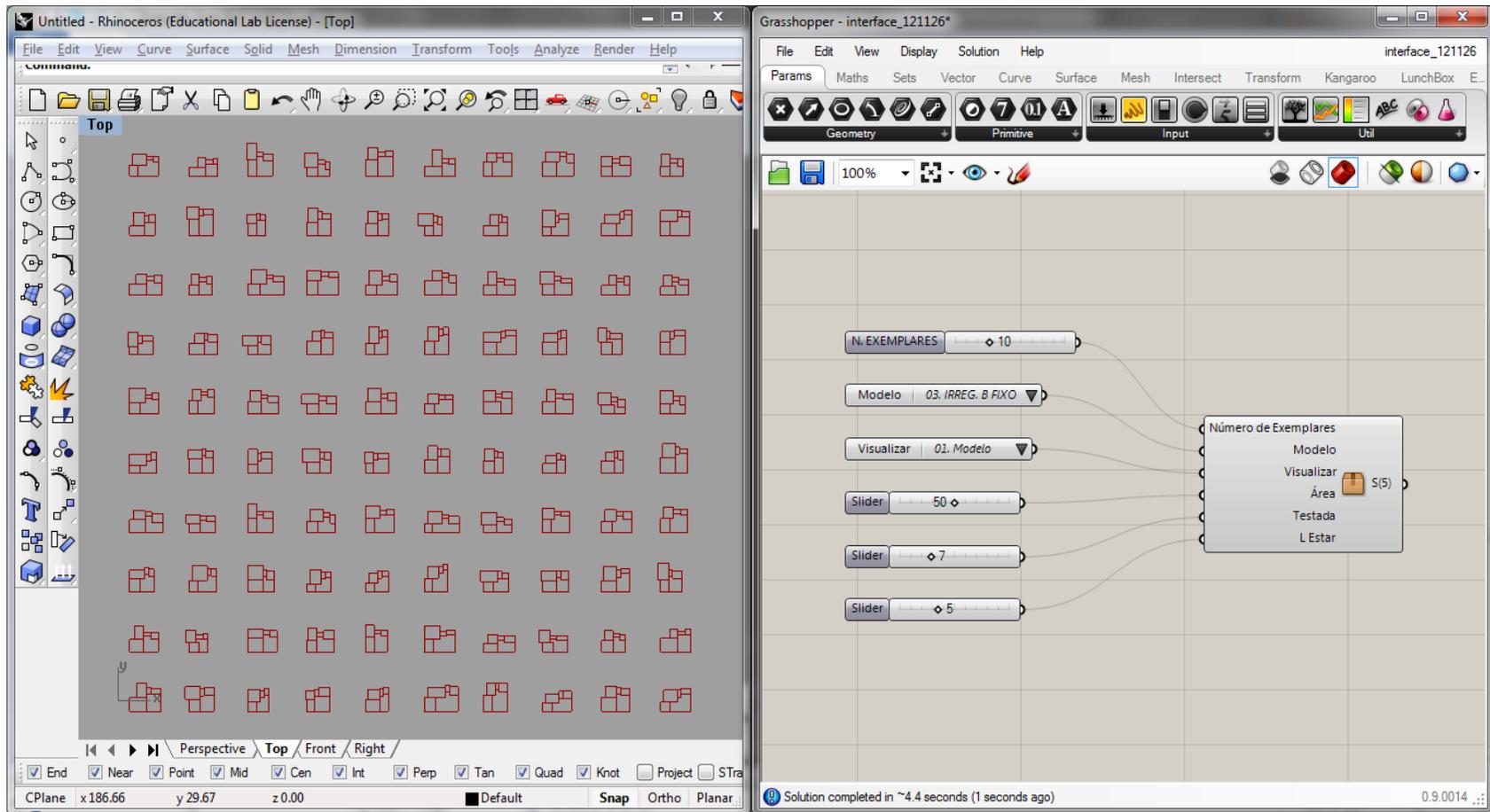
Para cada geração é possível pesquisar e selecionar exemplares que atendam a determinados requisitos, como por exemplo, a dimensão total da testada.

A sequência para simulação e pesquisa passo a passo é a seguinte:

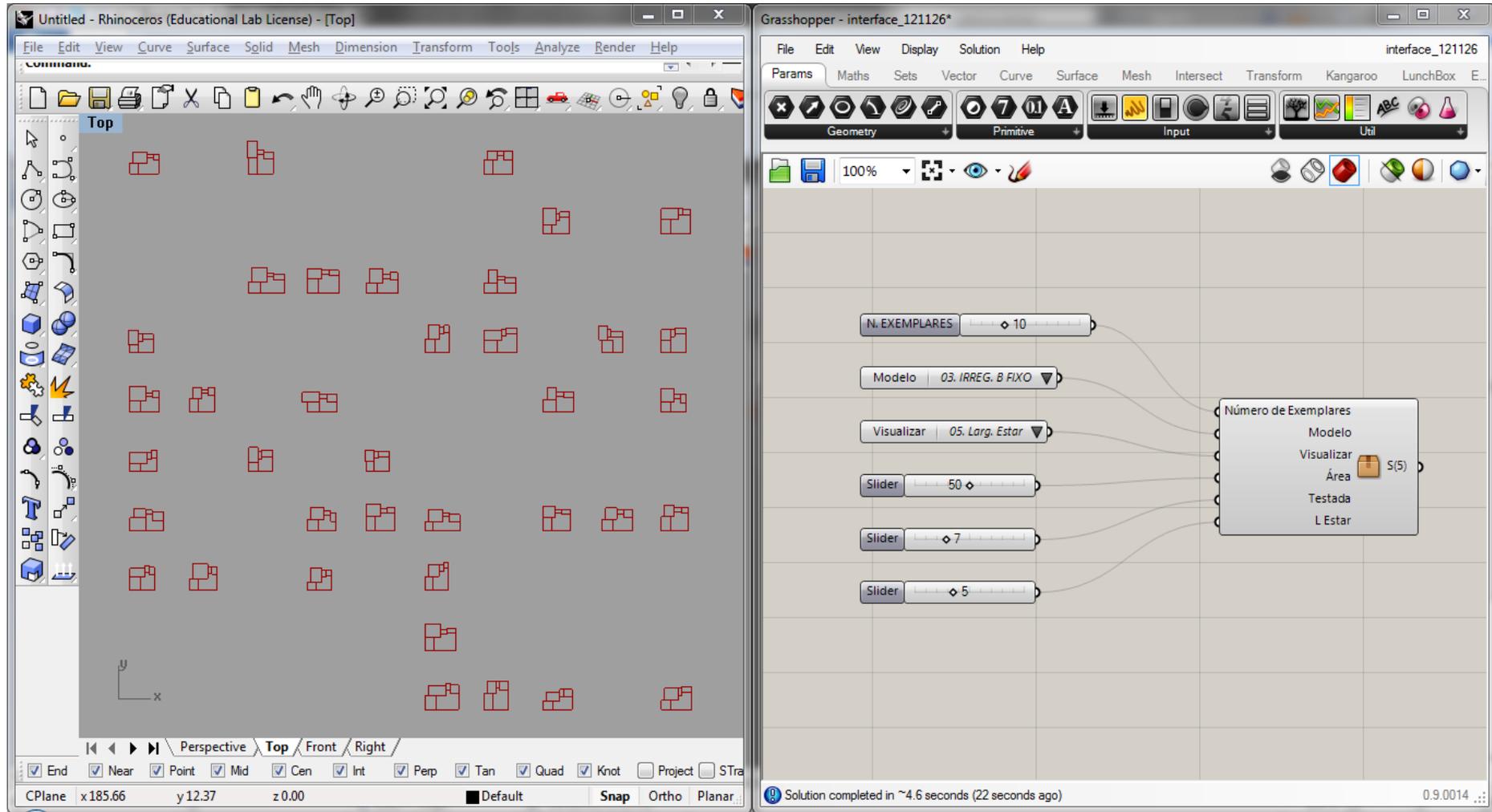
- 1) Escolha do número de exemplares da amostra;
  
- 2) Definição do modelo a ser visualizado: REGULAR, IRREGULAR ou IRREGULAR com o BANHO FIXO;
  
- 3) Visualizar: neste menu estão todas as opções de visualização de cada modelo. Os exemplos de derivação a seguir exemplificam a tela de acesso eo respectivo resultado.
  
- 4) Sliders: eles permitem modificar os parâmetros dentro das avaliações. Pode-se modificar a área, tamanho da fachada (testada) e largura do estar.

Existe a possibilidade do usuário pular etapas e retornar a qualquer hora, modificando de forma dinâmica e em tempo real o que está sendo visualizado.

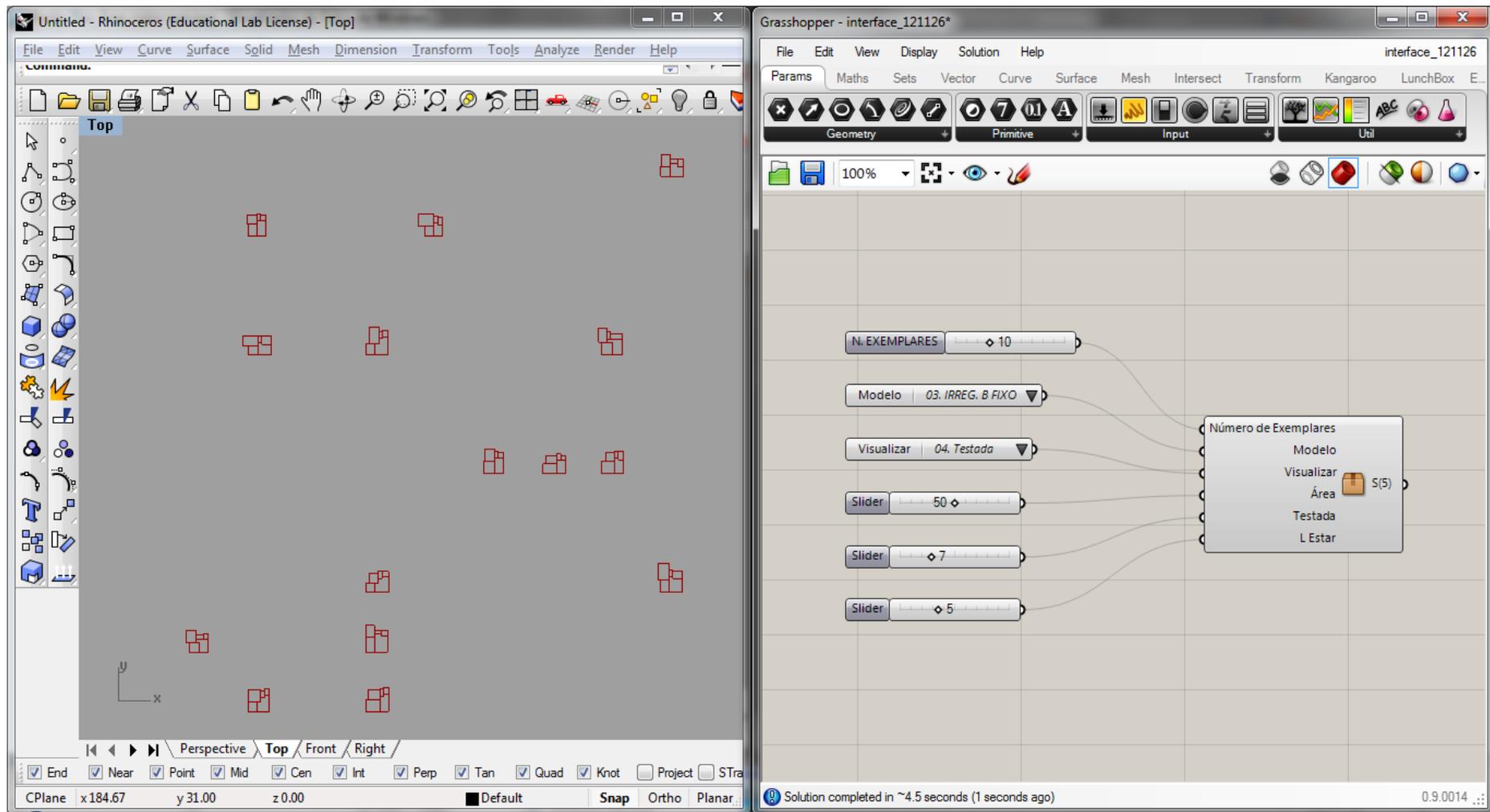
## PERÍMETRO IRREGULAR DERIVAÇÃO 1: DIMENSÕES BANHEIRO FIXAS MÍNIMO - GERAL



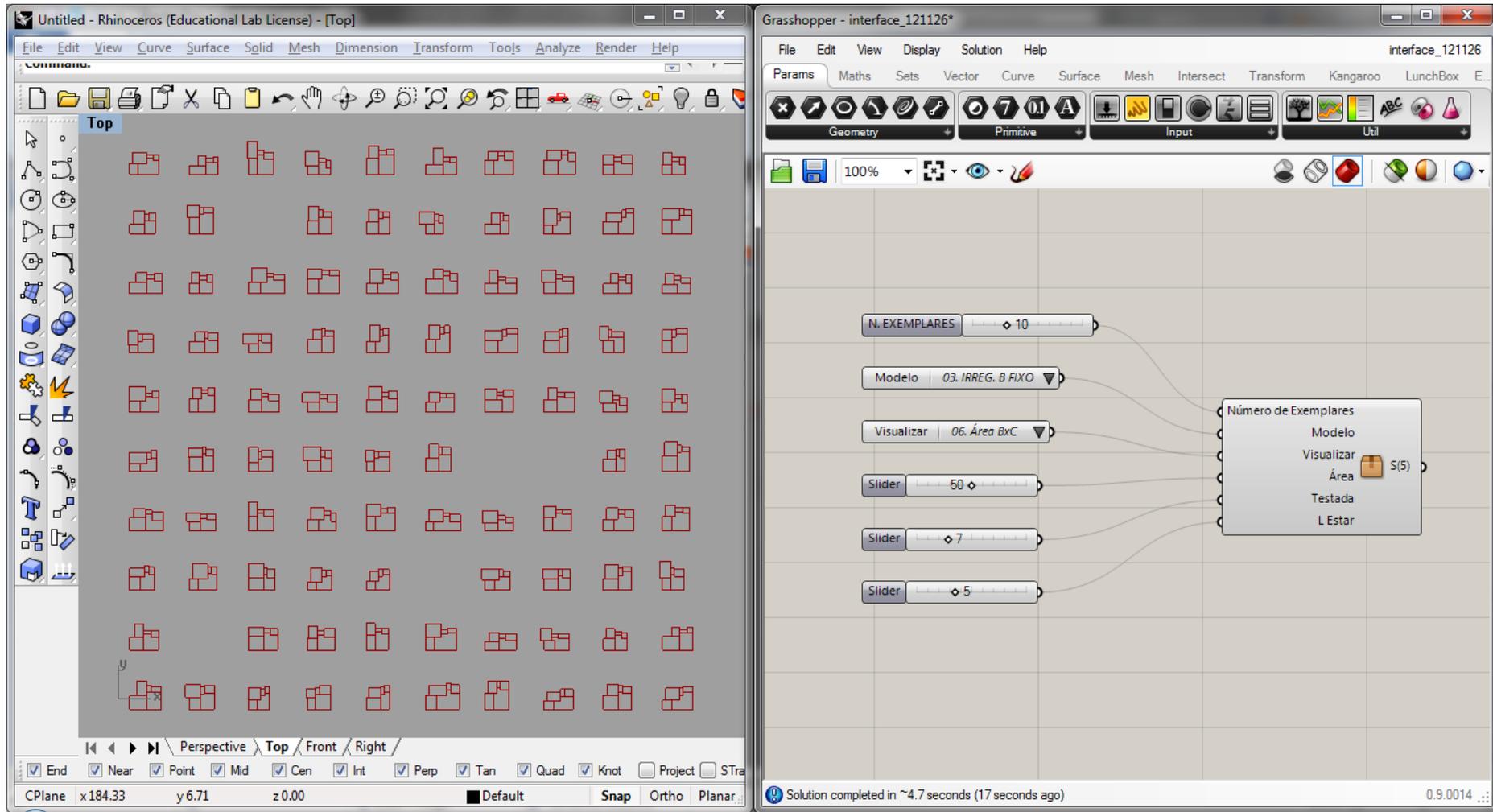
## DERIVAÇÃO 1: SELEÇÃO DIMENSÕES ÁREA ESTAR



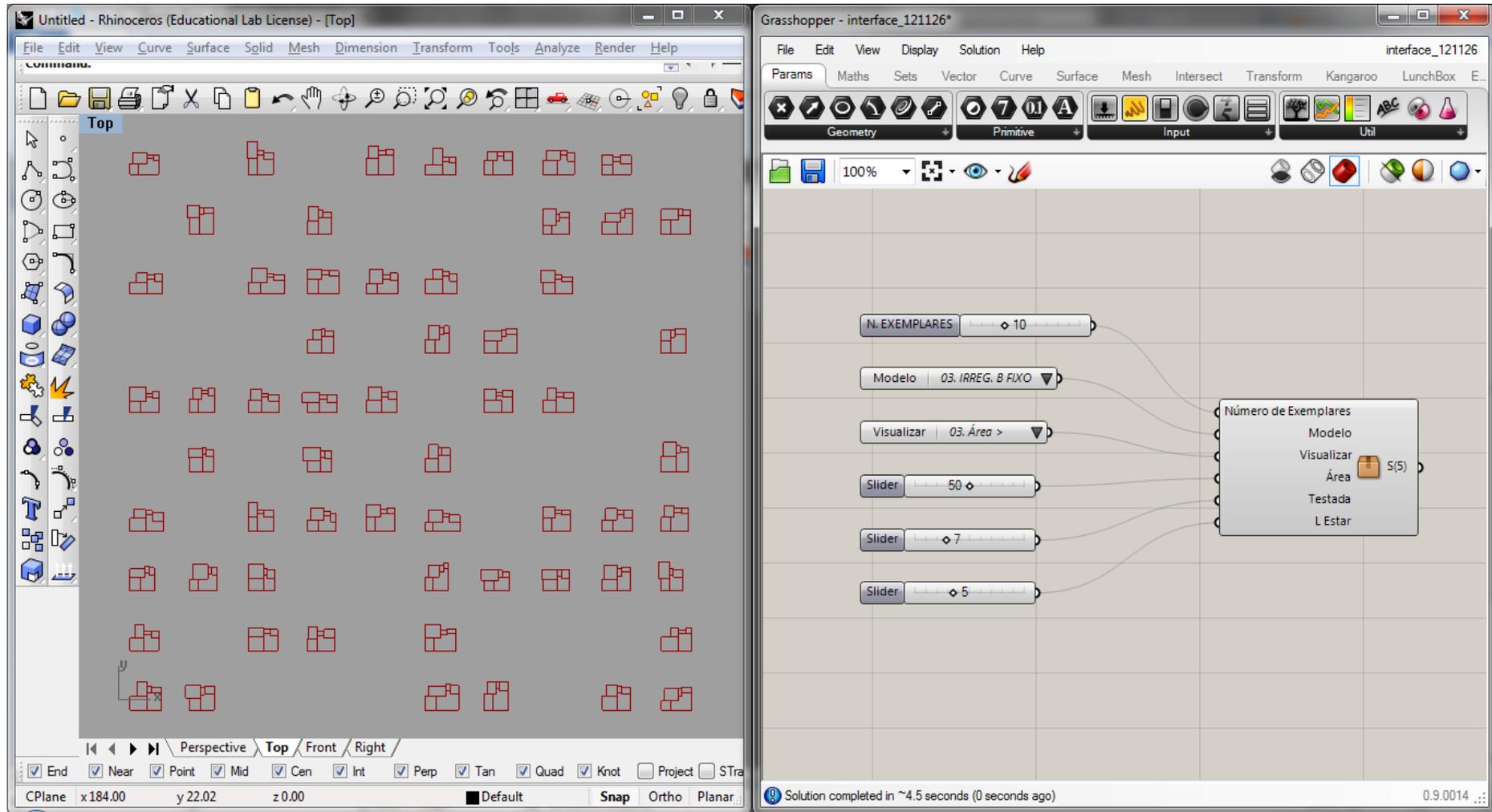
## DERIVAÇÃO 1: SELEÇÃO DIMENSÕES TESTADA



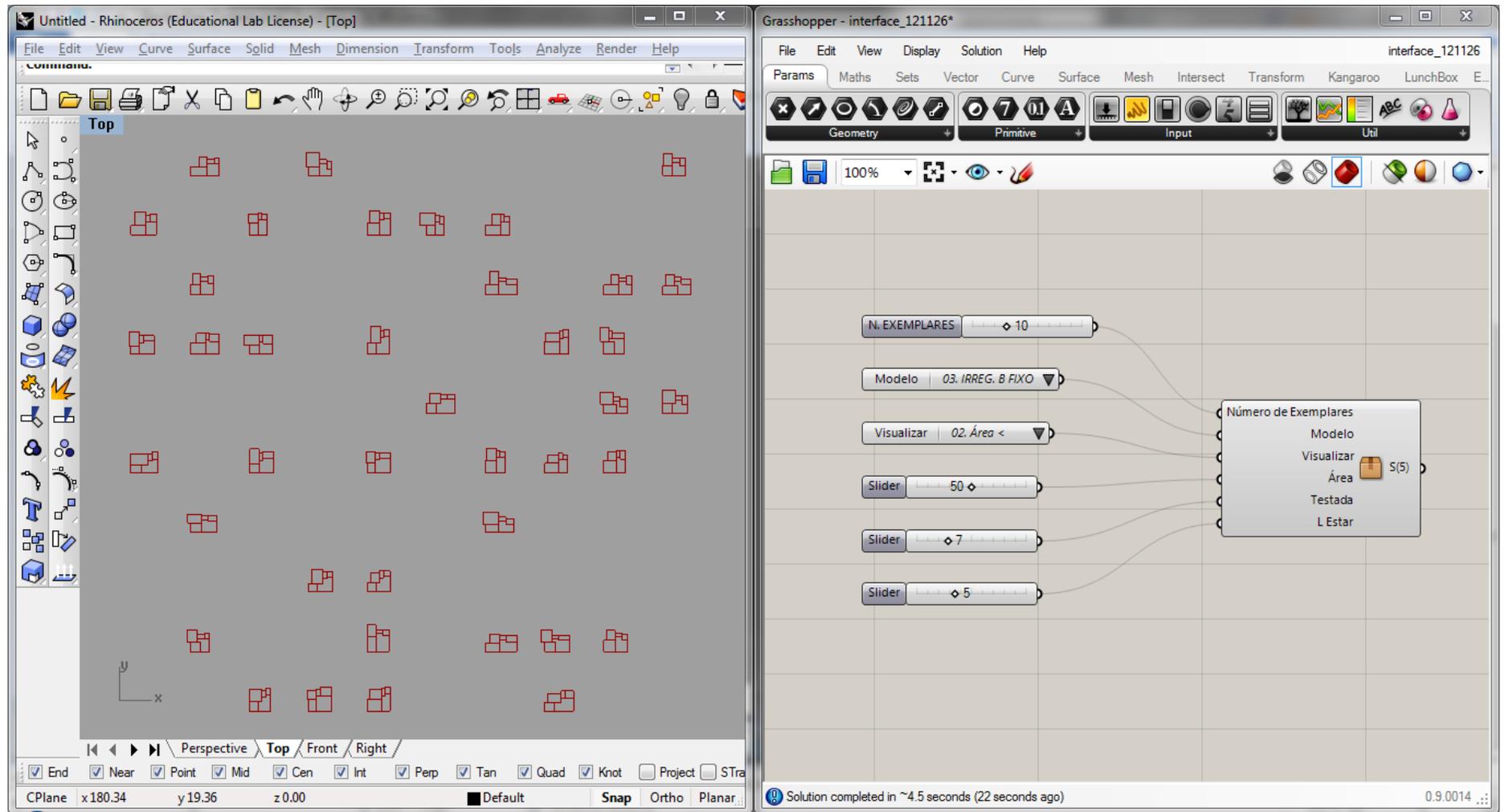
## DERIVAÇÃO 1: SELEÇÃO DIMENSÕES COZINHA



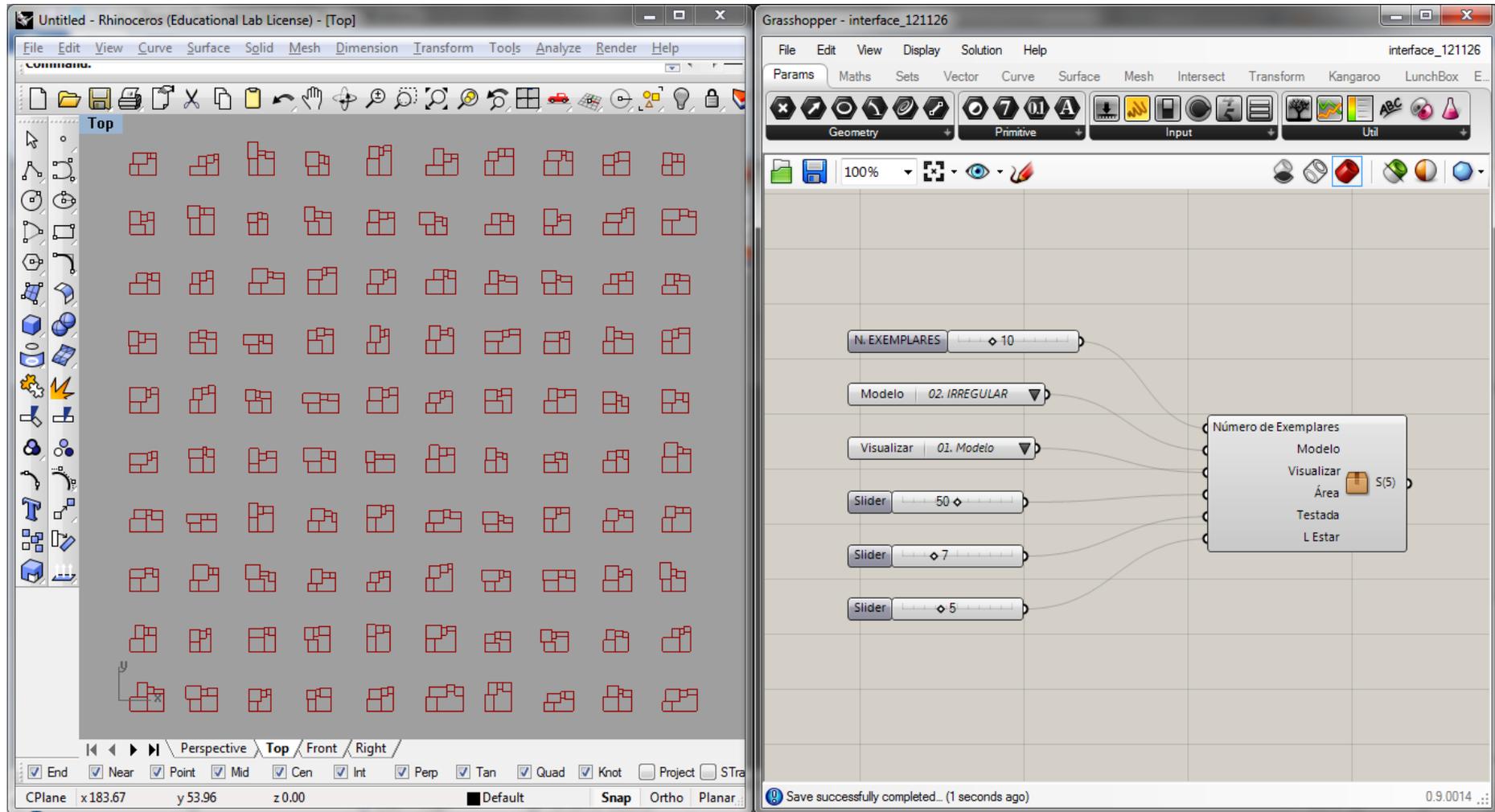
## DERIVAÇÃO 1: SELEÇÃO BASEADA NA ÁREA TOTAL



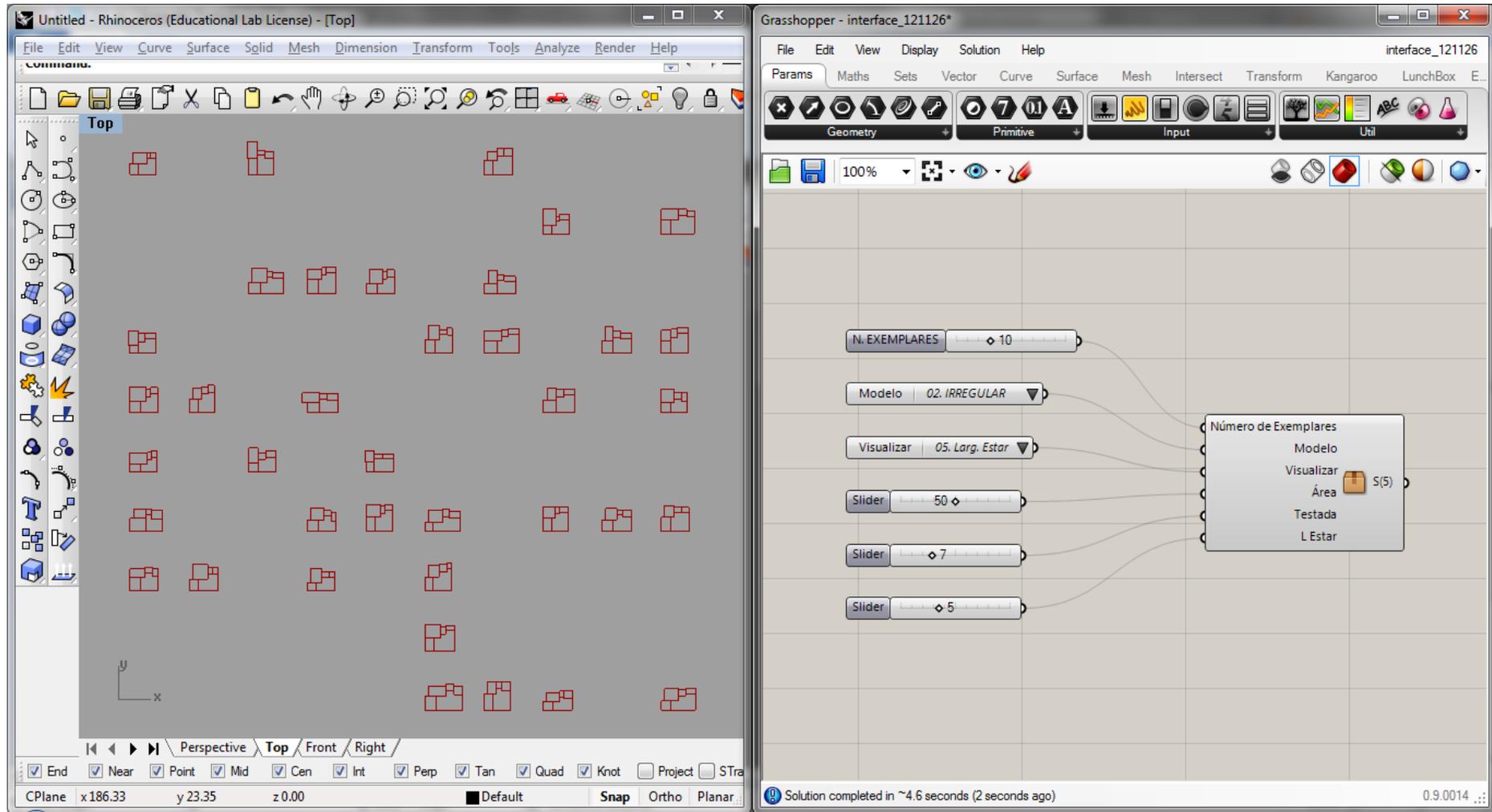
## DERIVAÇÃO 1: SELEÇÃO BASEADA NA ÁREA TOTAL



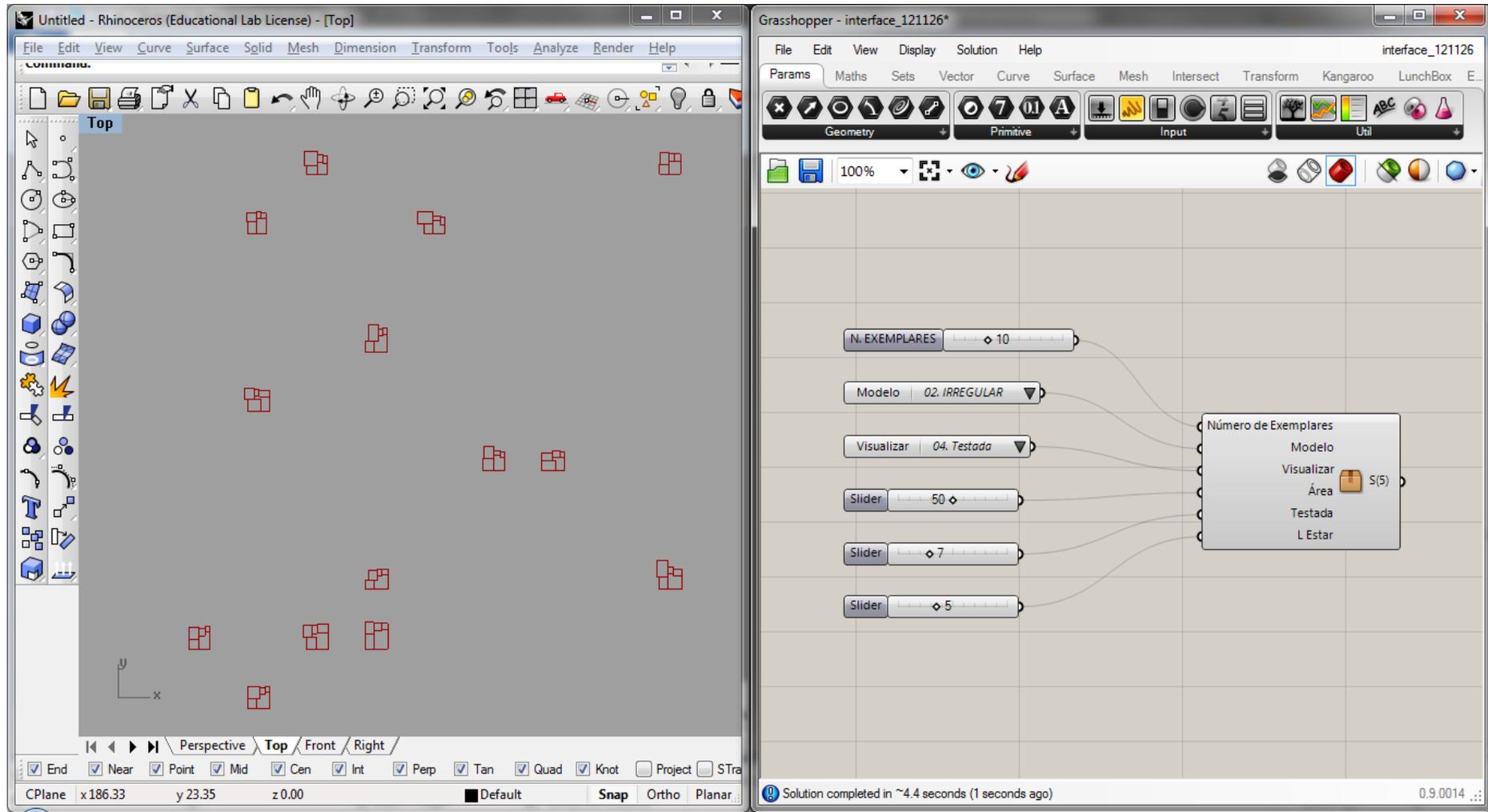
## DERIVAÇÃO 2: PERÍMETRO IRREGULAR



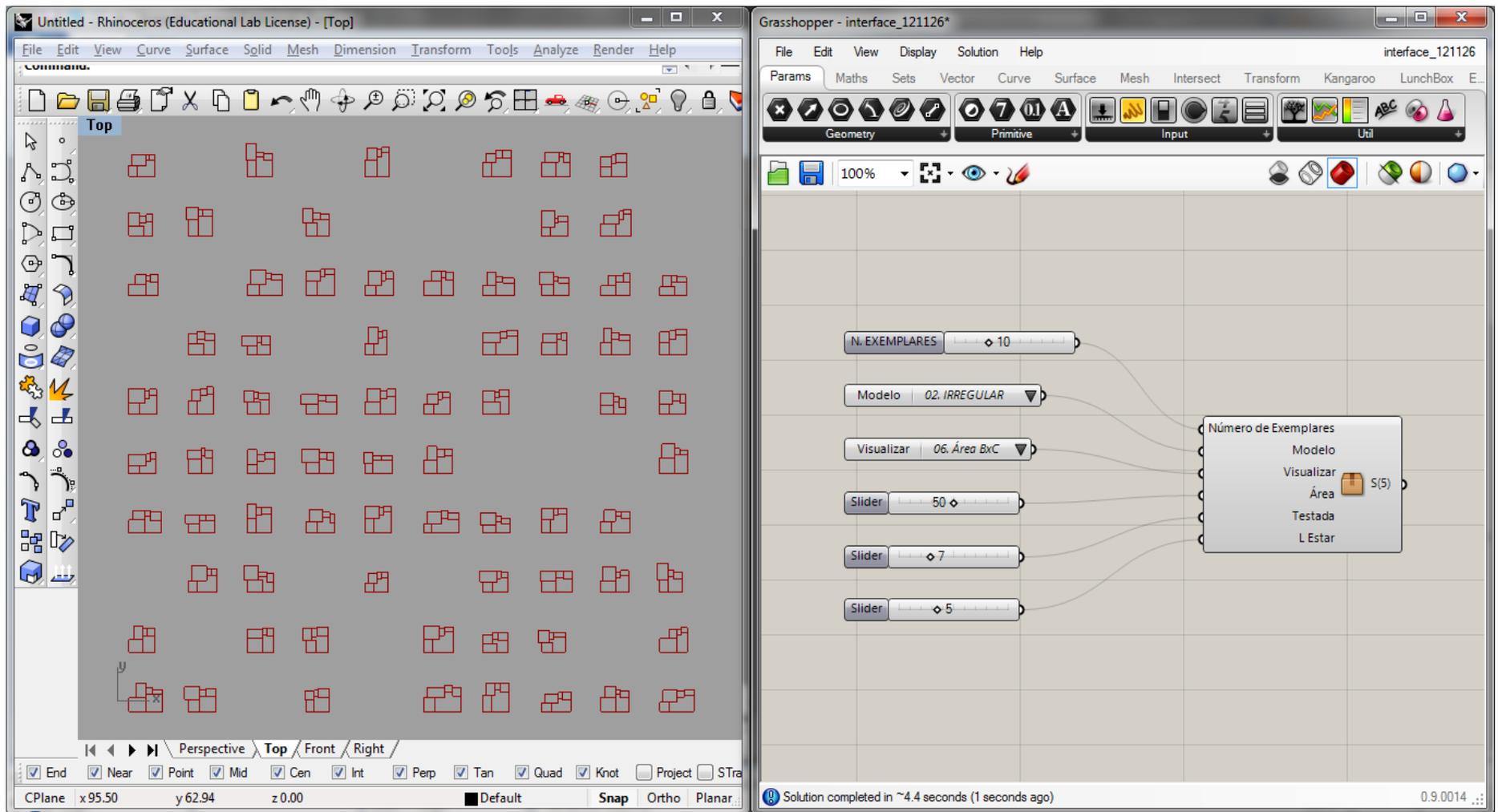
## DERIVAÇÃO 2: SELEÇÃO DIMENSÕES ÁREA ESTAR



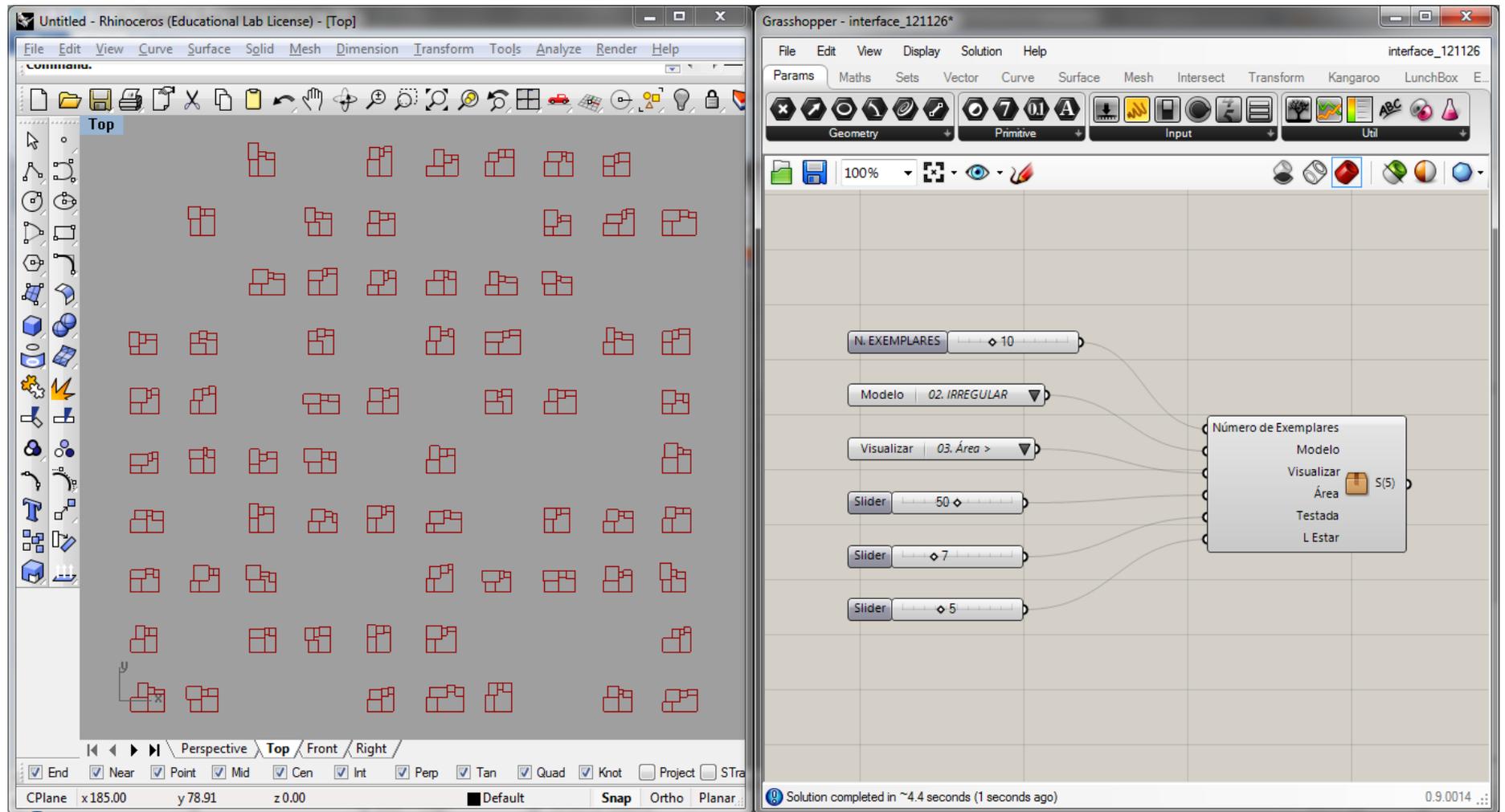
## DERIVAÇÃO 2: SELEÇÃO DIMENSÕES TESTADA



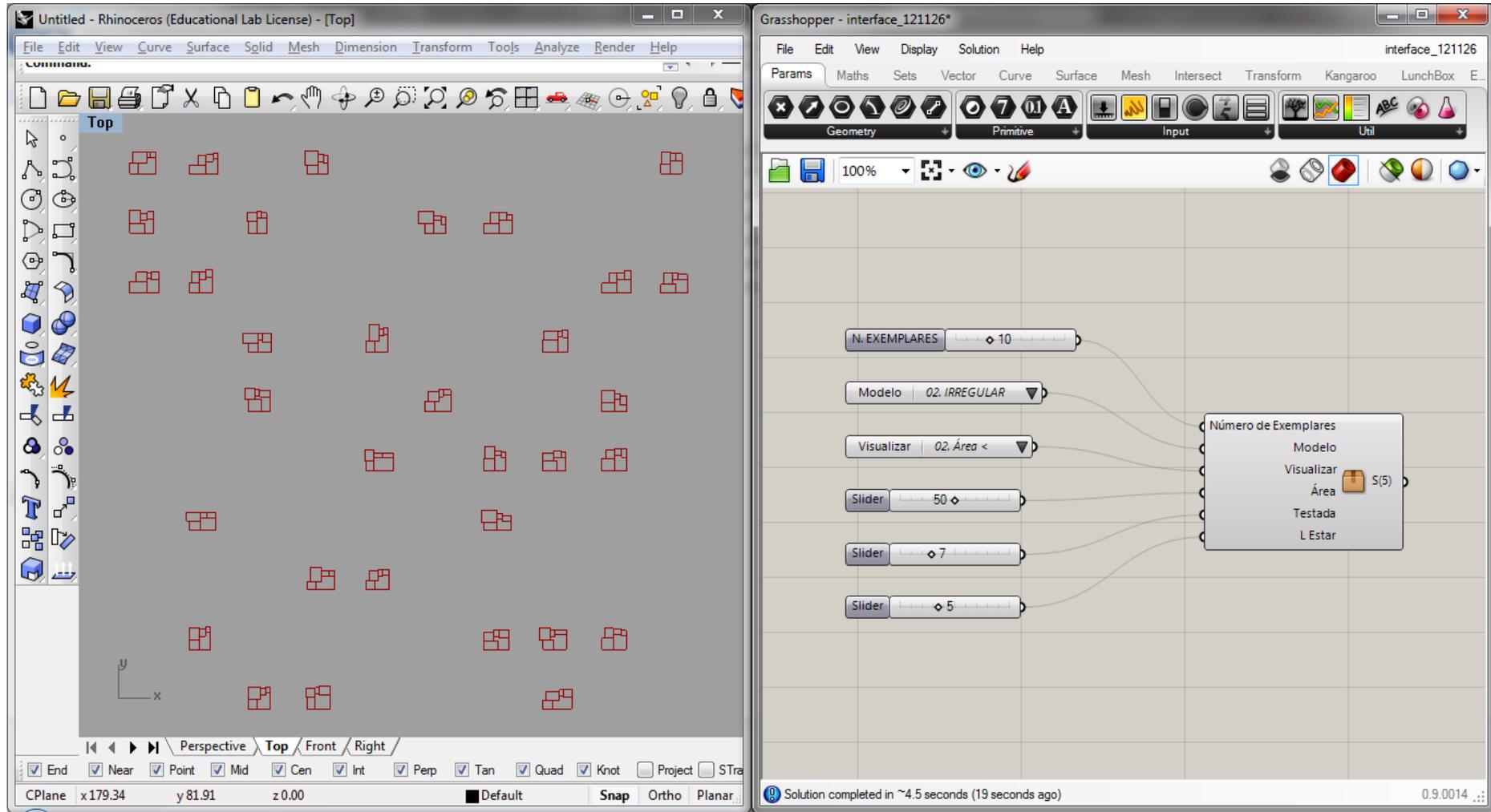
## DERIVAÇÃO 2: SELEÇÃO DIMENSÕES COZINHA



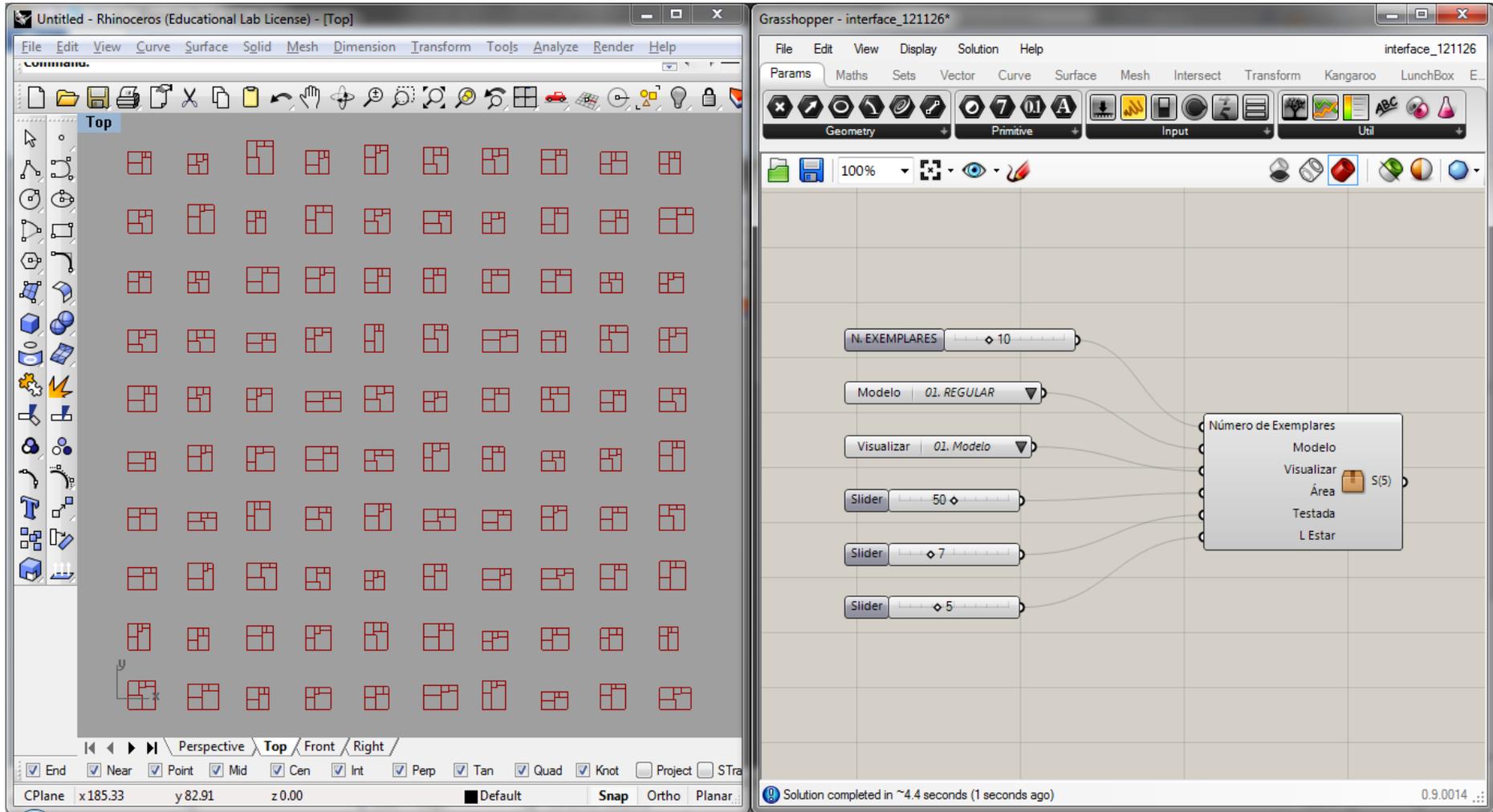
## DERIVAÇÃO 2: SELEÇÃO BASEADA NA ÁREA TOTAL



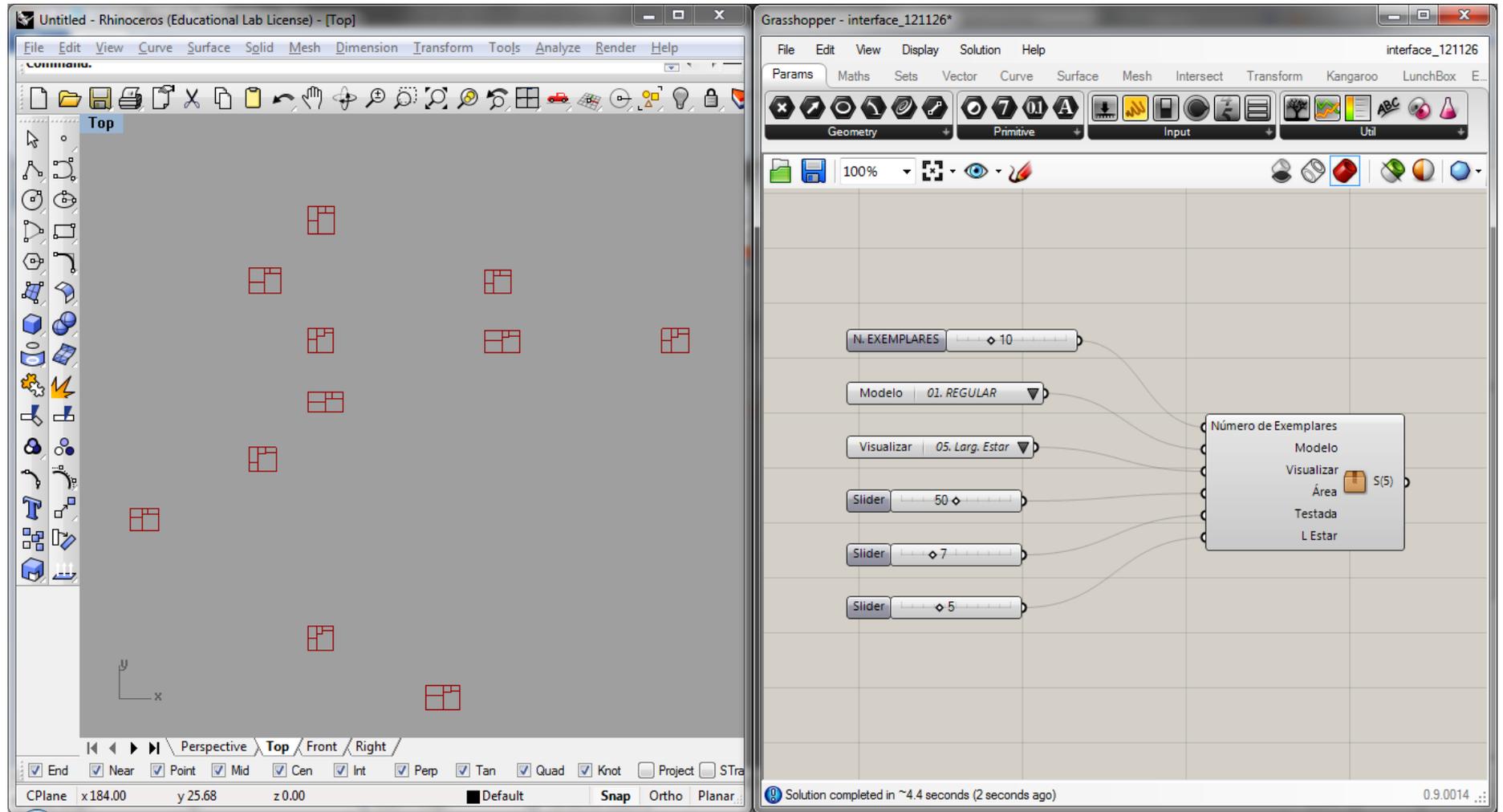
## DERIVAÇÃO 2: SELEÇÃO BASEADA NA ÁREA TOTAL



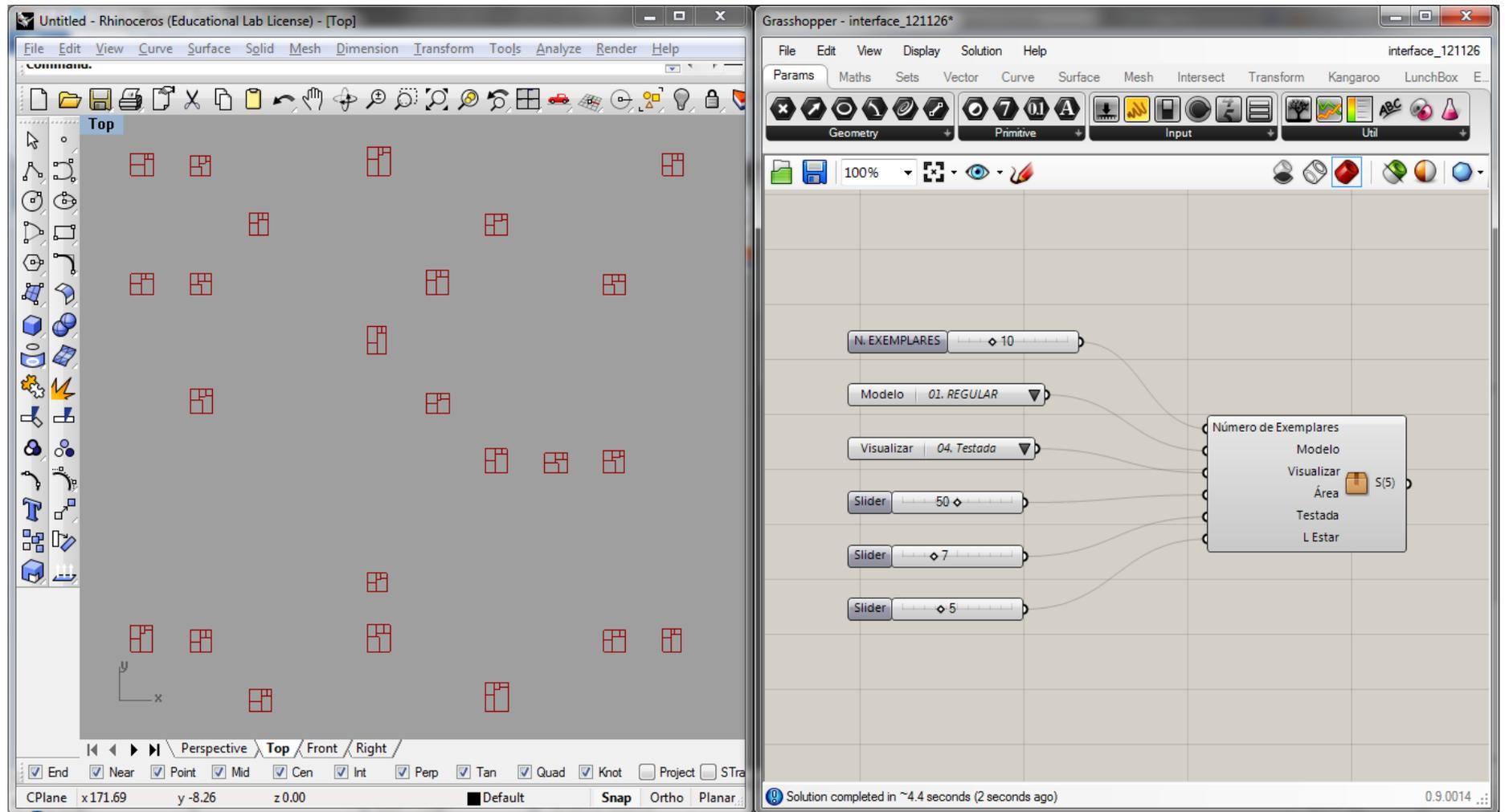
### DERIVAÇÃO 3: PERÍMETRO REGULAR



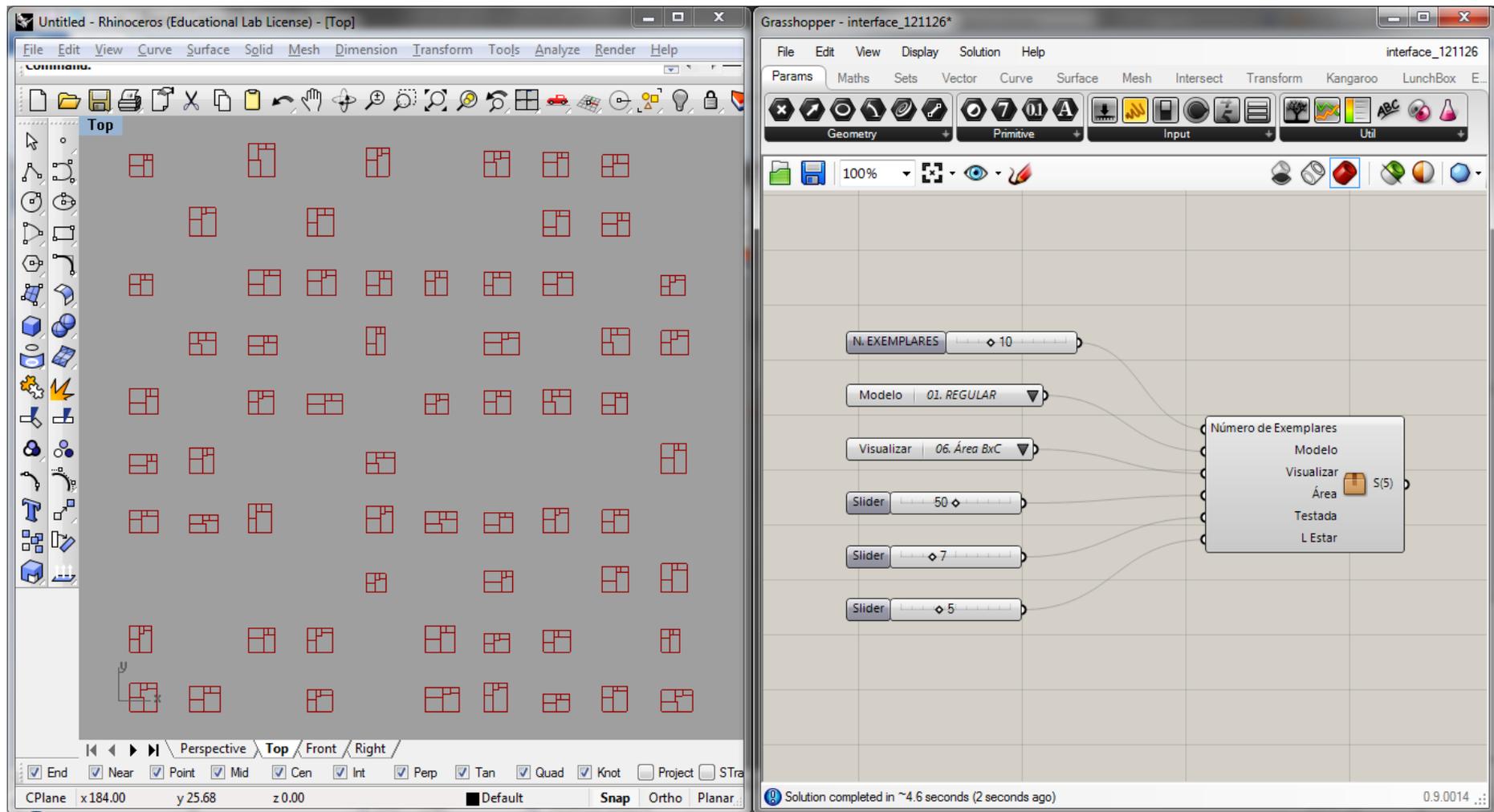
### DERIVAÇÃO 3: SELEÇÃO DIMENSÃO DA ÁREA ESTAR



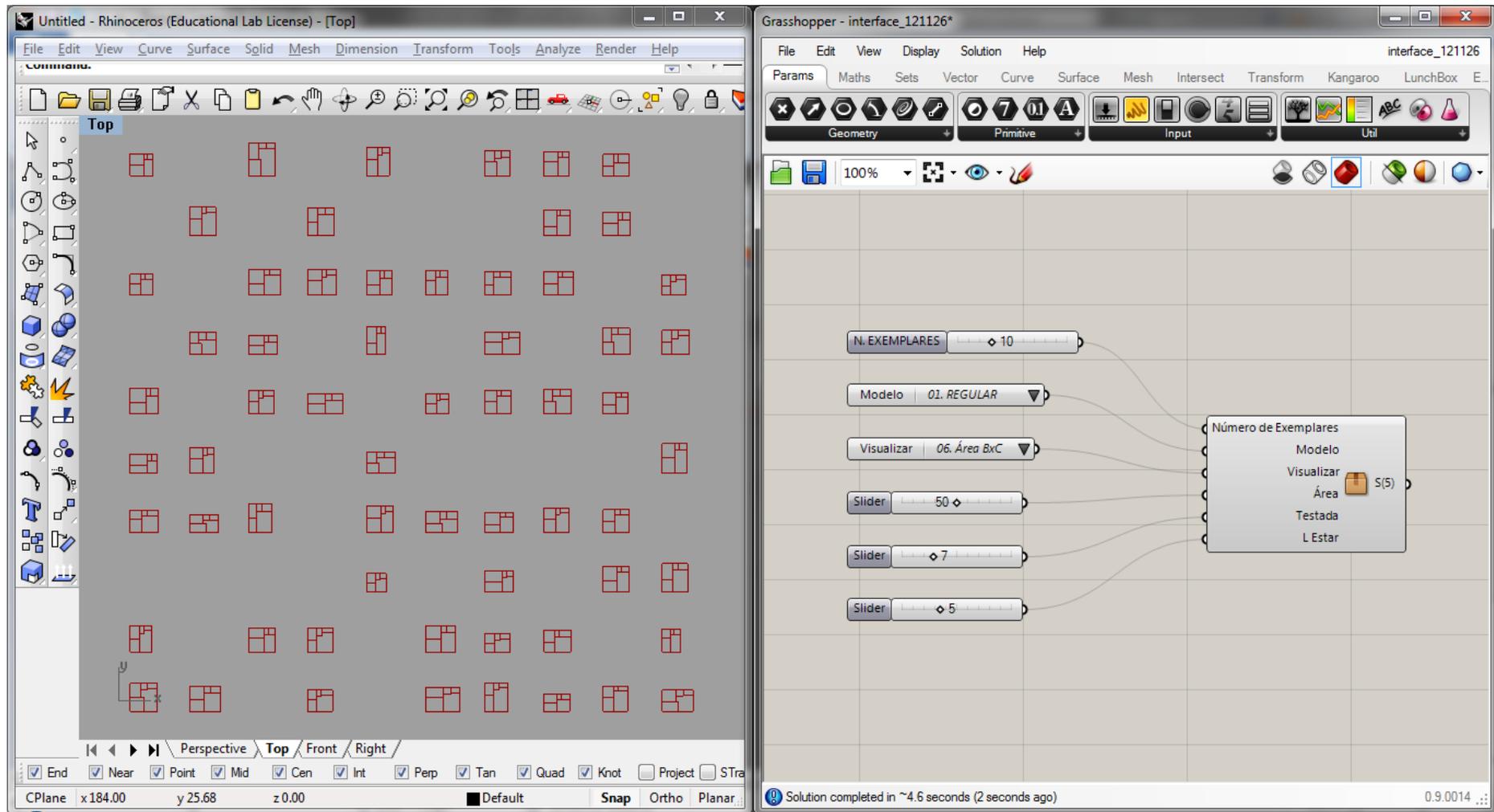
### DERIVAÇÃO 3: SELEÇÃO DIMENSÃO DA TESTADA



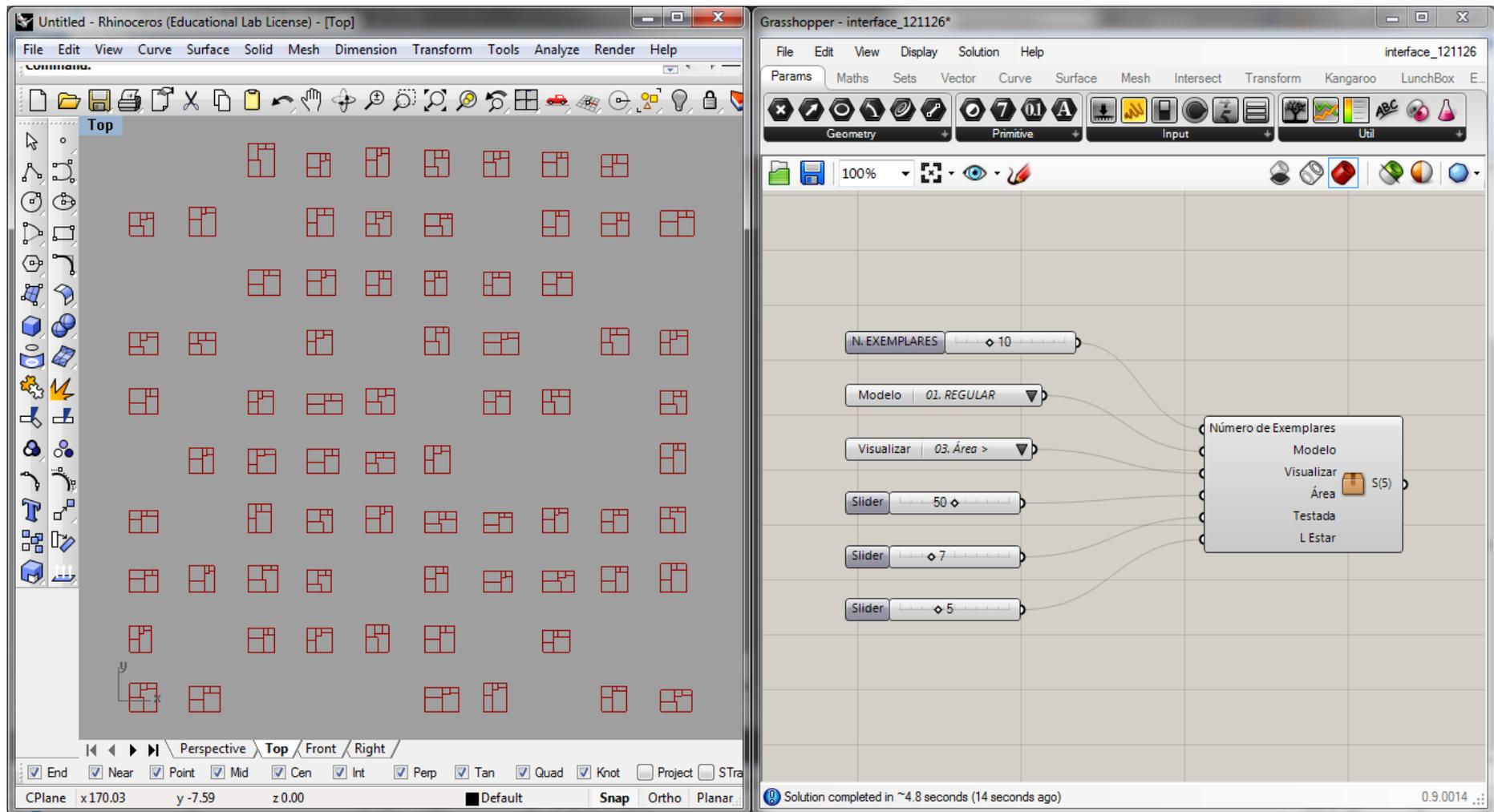
### DERIVAÇÃO 3: SELEÇÃO DIMENSÃO DA ÁREA COZINHA



### DERIVAÇÃO 3: SELEÇÃO BASEADA NA RESTRIÇÃO ÁREA TOTAL



### DERIVAÇÃO 3: SELEÇÃO BASEADA EM RESTRIÇÃO DA ÁREA TOTAL

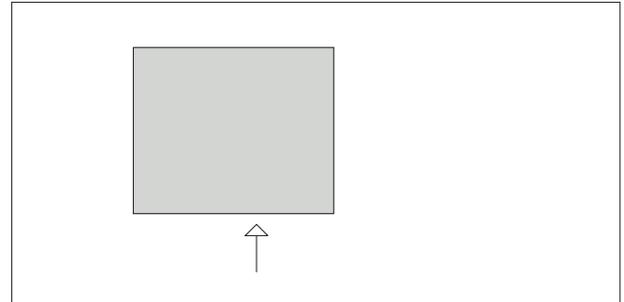
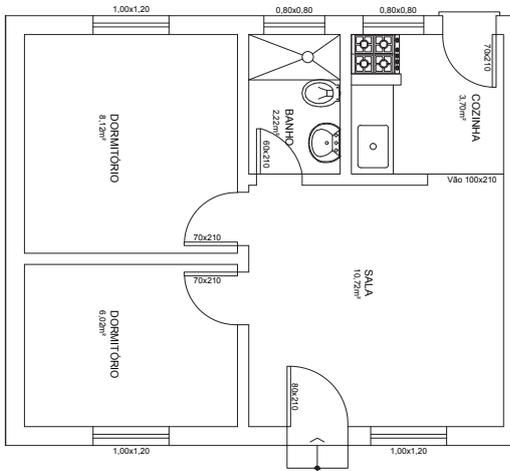


PROJETO:

ENDEREÇO:

**COHAB-RS CASA PADRÃO RS 15-I-2/36**

Conj. Hab. Campo Bom  
Conj. Hab. Cachoeirinha  
COHAB - RS Gravataí

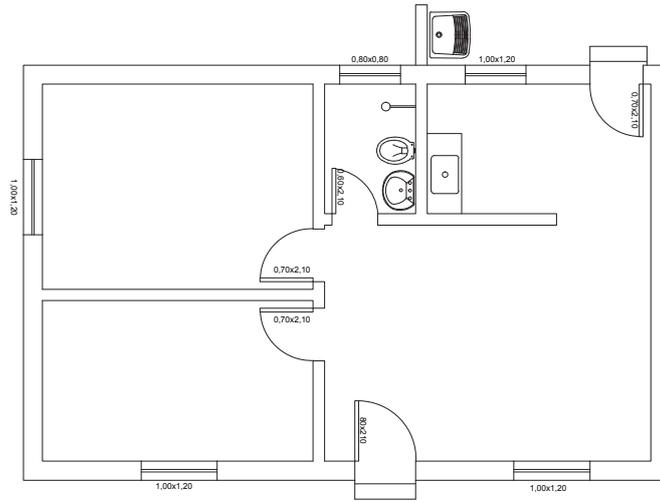


PROJETO:

ENDEREÇO:

**PADRÃO HABITACIONAL TIPO 44-2Q**

Guaíba



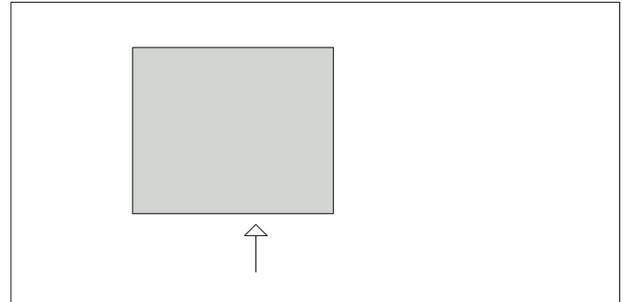
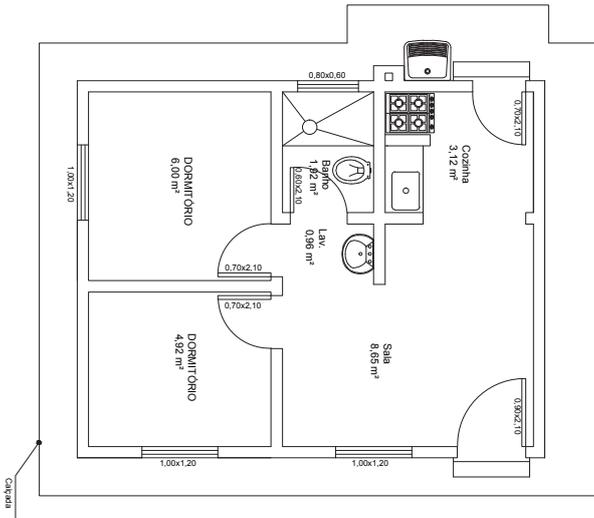


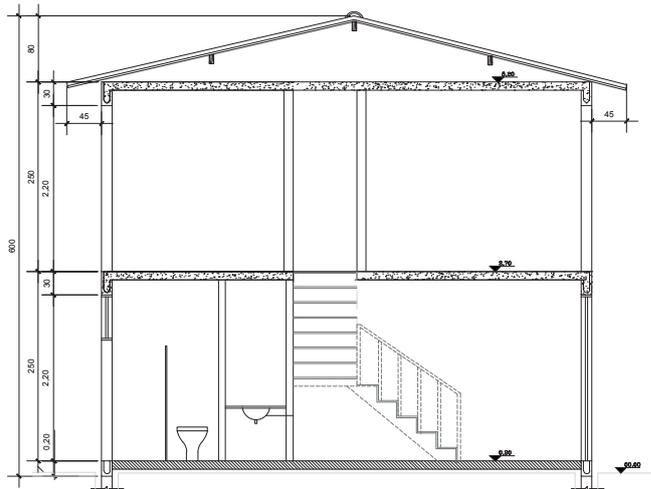
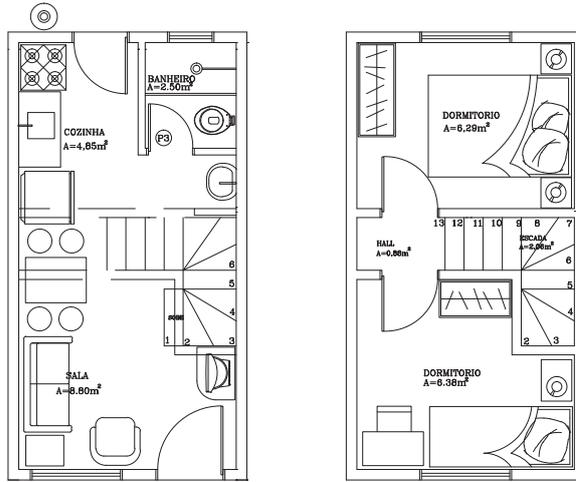
PROJETO:

ENDEREÇO:

**COHAB-RS CASA PADRÃO RS 7-1.2-31**

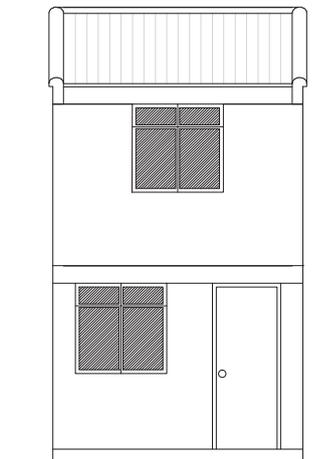
Conj. Hab. Novo Hamburgo  
Conj. Hab. Vila Farrapos  
Conj. Hab. Guaíba





5 CORTE BB'

ESC.:1/50



6 FACHADA FRONTAL

ESC.:1/50

PROJETO:

**UH-002**  
**COND. CAMILA**

ENDEREÇO:

Lot. S. Guilherme  
Estrada João Antônio da Silveira,  
4850, Restinga - Porto Alegre/RS



**Apartamentos de 2 dormitórios em condomínio fechado**

playground   churrasqueiras   guarita   salão de festas   estacionamento

**Minha Casa Minha Vida**

*residencial Camila*  
Rua João Antônio da Silveira, 4850 - Lomba do Pinheiro

Arq. Juliano F. Marin  
CREA-RS 011.957

**SEM ENTRADA   1ª PRESTAÇÃO 30 DIAS APÓS A ENTREGA   100% FINANCIADO**

**Inscrição**  
DEMHAB  
Rua Pe. Cacique, 708 - Menino Deus - Porto Alegre

GERENCIAMENTO: **FARÁ**  
FONES: 32295146 32280460  
END: CASTRONOVES 9103

INSCRIÇÃO: **DEMHAB**  
Rua Pe. Cacique, 708 - Menino Deus - Porto Alegre

CONSTRUTORA: **MANDINHO**

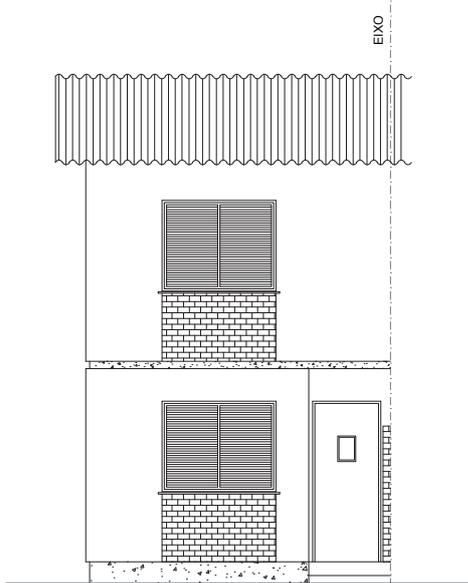
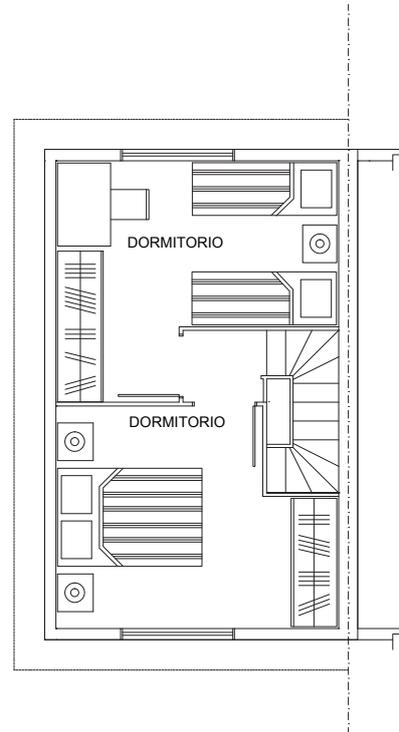
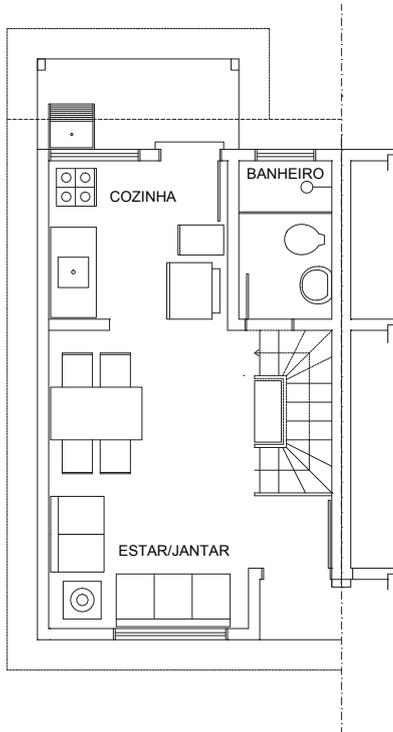
FINANCIAMENTO: **CAIXA**  
Para você. Para todos os brasileiros.

PROJETO:

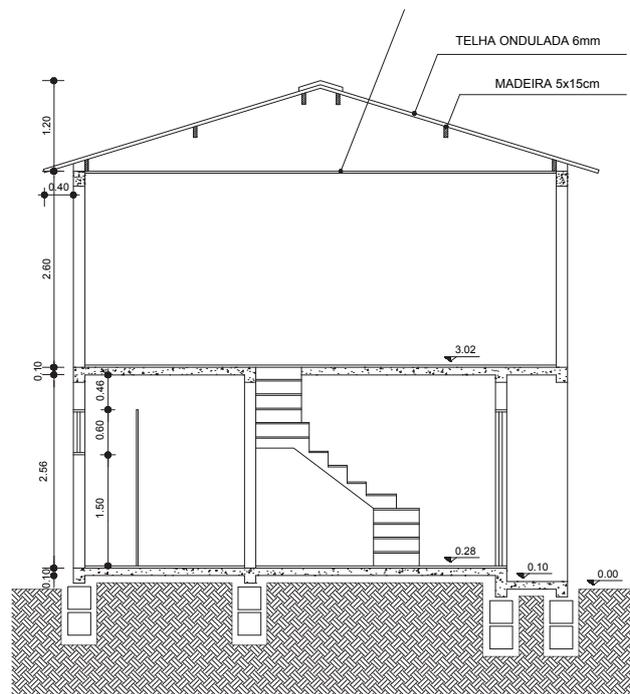
**UH-002**  
**COND. CAMILA**

ENDEREÇO:

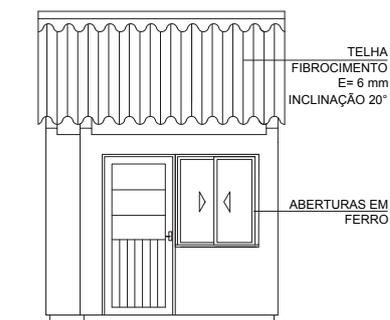
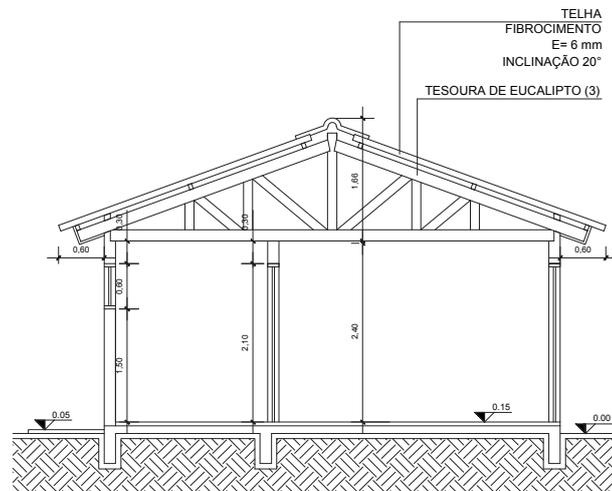
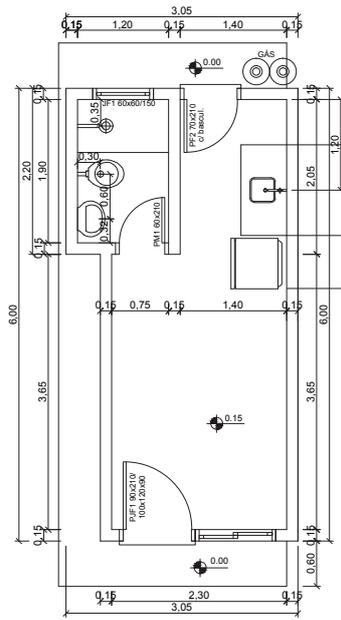
Lot. S. Guilherme  
Estrada João Antônio da Silveira,  
4850, Restinga - Porto Alegre/RS

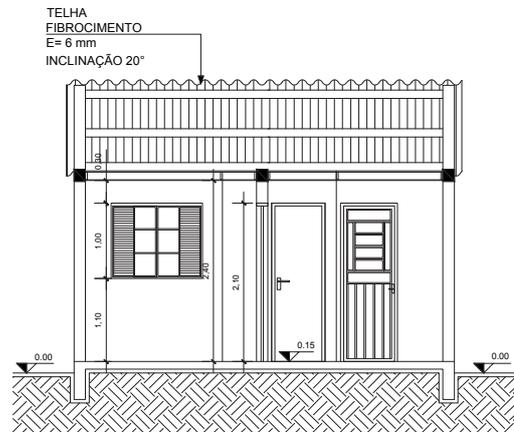
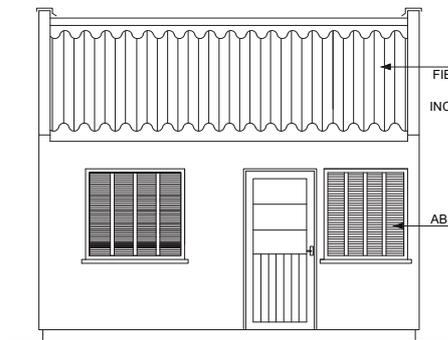
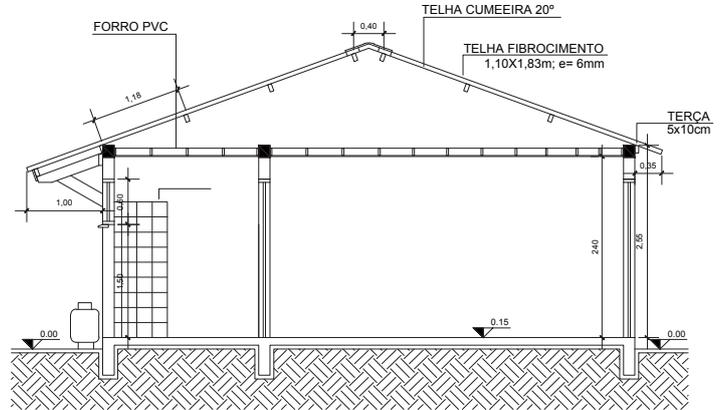
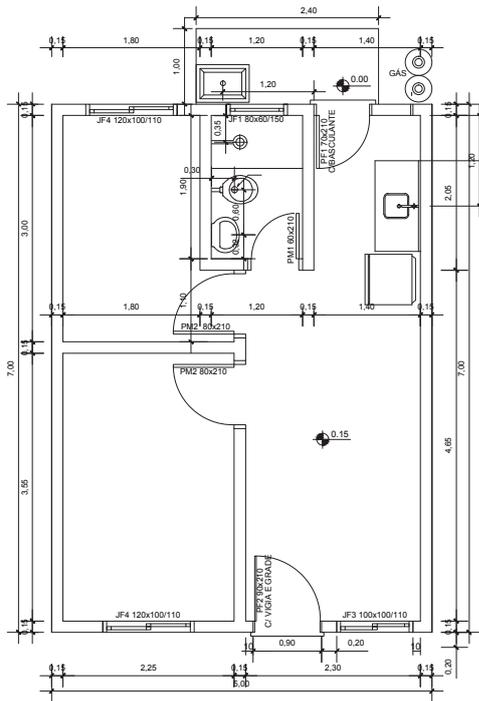


FACHADA PRINCIPAL



UH- H1- JK





**PROJETO:**

**ENDEREÇO:**

- Resid. Nova Maringá**
- Resid. Ilha das Graças**
- Resid. Arlindo Kretz**
- Resid. Don Martin**
- Resid. S. Guilherme**
- Resid. Ana Paula**

- Av. Silveira Martins, 170, Passo das Figueiras, Alvorada/RS
- Rua Machadinho, 1707, Fátima - Canoas/RS
- Rua Machadinho, 1807, Fátima - Canoas/RS
- Rua Adão Fogues, 2345 - Guaíba/RS
- Est. João Antônio da Silveira, 4680, Restinga - Porto Alegre/RS
- Est. João Antônio da Silveira, 4760, Restinga - Porto Alegre/RS

Apartmentos de 2 dormitórios em condomínio fechado

playground quadra esportiva churrasqueira guarita salão de festas estacionamento

**residencial Ana Paula**

Rua Machadinho nº 1707 - Bairro Fátima - Canoas

Arq. Romi Borsari CREA 51.737

**OS INSCRITOS SERÃO SELECIONADOS PELA PREFEITURA**

PLANTA DECORADA

IMPLANTAÇÃO

GERENCIAMENTO: **FARÁ** FONES: 30299146 30299147 END: CASTRO AGUIAR 937

INSCRIÇÃO: **PORTO ALEGRE** DREMIAS

CONSTRUTORA: **MANDINHO**

FINANCIAMENTO: **CAIXA**

playground churrasqueiras guarita salão de festas estacionamento

**residencial Ilha das Graças**

Rua Machadinho nº 1707 - Bairro Fátima - Canoas

Arq. Romi Borsari CREA 51.737

**OS INSCRITOS SERÃO SELECIONADOS PELA PREFEITURA**

PLANTA DECORADA

IMPLANTAÇÃO

GERENCIAMENTO: **FARÁ** FONES: 30299146 30299147 END: CASTRO AGUIAR 937

INSCRIÇÃO: **PORTO ALEGRE** DREMIAS

CONSTRUTORA: **CONTERRA**

FINANCIAMENTO: **CAIXA**

Apartmentos de 2 dormitórios em condomínio fechado

playground quiosques quadras esportivas guarita salão de festas estacionamento

**RESIDENCIAL NOVA MARINGÁ**

Av. Silveira Martins, 170 - Passo das Figueiras - Alvorada

Arq. Jayro Amorim Castro Jr. CREA-RS 74.611

**SEM ENTRADA 100% FINANCIADO**

**1ª PRESTAÇÃO 30 DIAS APÓS A ENTREGA**

Inscrição: **SPH** - Secretaria Municipal de Planejamento Urbanístico e Habitação, Rua Mari e Barros, 322 - São Caetano - Alvorada

GERENCIAMENTO: **FARÁ** FONES: 30299146 30299147 END: CASTRO AGUIAR 937

INSCRIÇÃO: **ALVORADA** DREMIAS

CONSTRUTORA: **MéricaBrasil**

FINANCIAMENTO: **CAIXA**

Apartmentos de 2 dormitórios em condomínio fechado

playground quadra esportiva churrasqueira guarita salão de festas estacionamento

**residencial São Guilherme**

Est. João Antônio da Silveira nº 4680

Arq. Miliano Z. Marin CREA-RS 011-937

**OS INSCRITOS SERÃO SELECIONADOS PELA PREFEITURA**

PLANTA DECORADA

IMPLANTAÇÃO

GERENCIAMENTO: **FARÁ** FONES: 30299146 30299147 END: CASTRO AGUIAR 937

INSCRIÇÃO: **PORTO ALEGRE** DREMIAS

CONSTRUTORA: **CONTERRA**

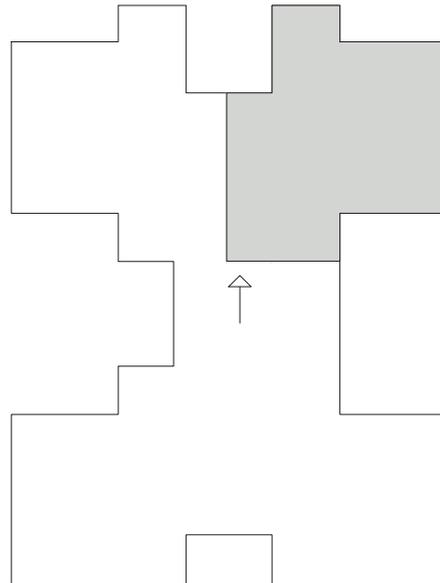
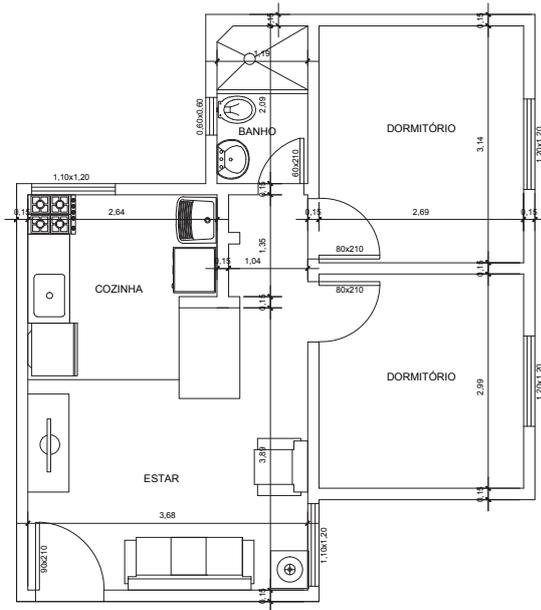
FINANCIAMENTO: **CAIXA**

**PROJETO:**

**Resid. Nova Maringá**  
**Resid. Ilha das Graças**  
**Resid. Arlindo Kretz**  
**Resid. Don Martin**  
**Resid. S. Guilherme**  
**Resid. Ana Paula**

**ENDEREÇO:**

Av. Silveira Martins, 170, Passo das Figueiras, Alvorada/RS  
Rua Machadinha, 1707, Fátima - Canoas/RS  
Rua Machadinha, 1807, Fátima - Canoas/RS  
Rua Adão Fogues, 2345 - Guaíba/RS  
Est. João Antônio da Silveira, 4680, Restinga - Porto Alegre/RS  
Est. João Antônio da Silveira, 4760, Restinga - Porto Alegre/RS



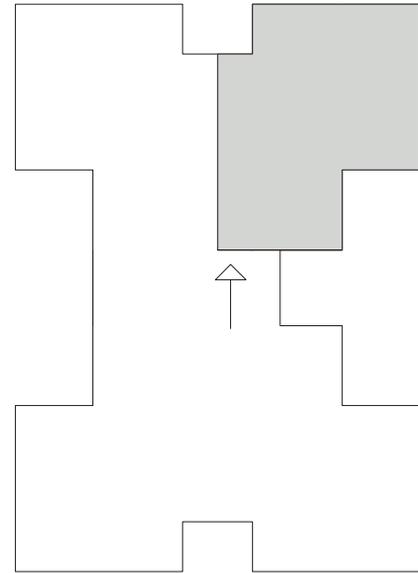
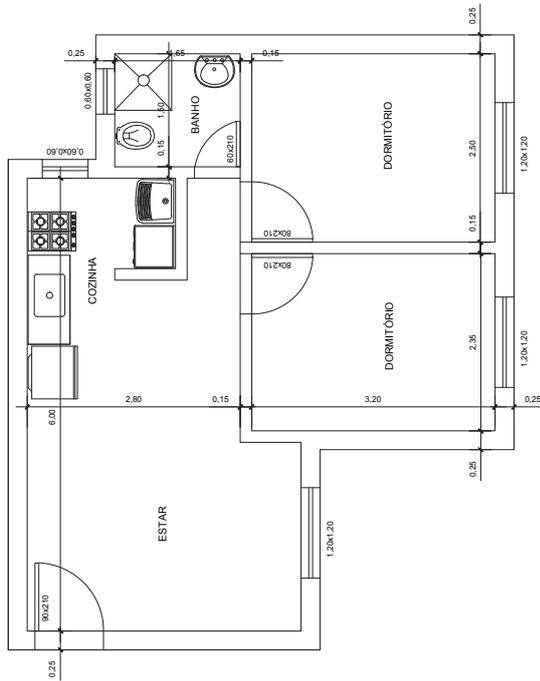


PROJETO:

ENDEREÇO:

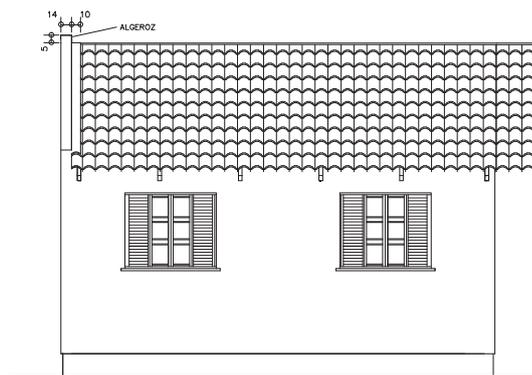
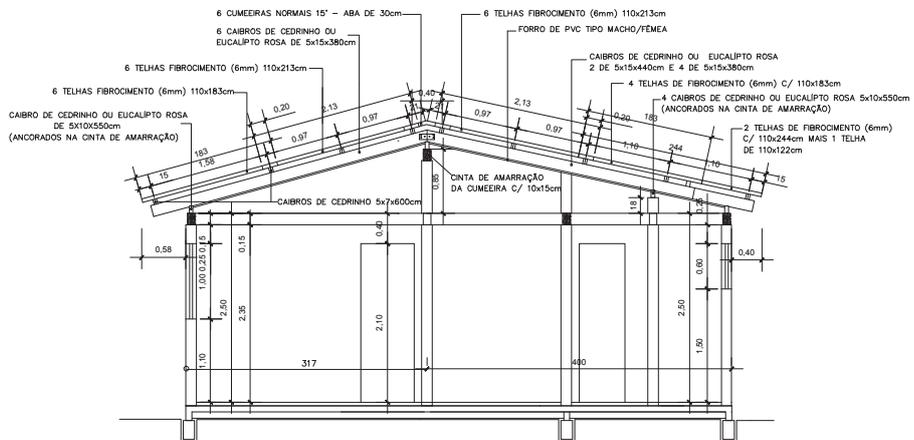
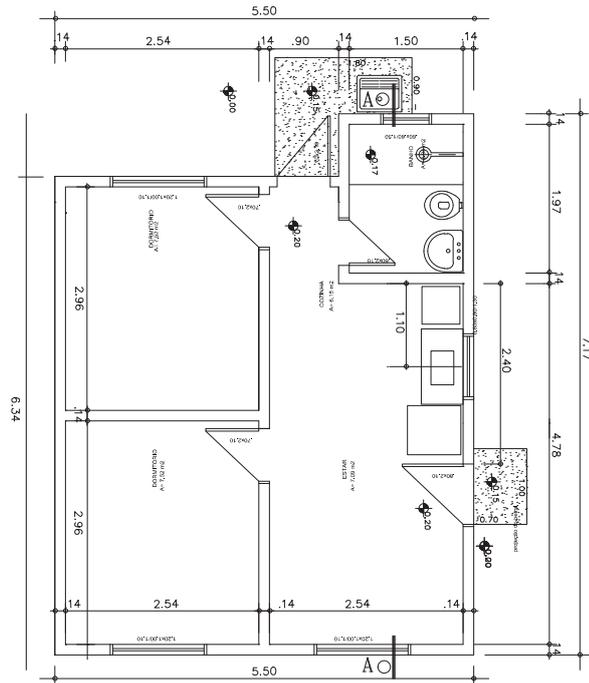
# RESID. REPOUSO DO GUERREIRO

Est. Edgar Pires de Castro,  
4880 - Porto Alegre/RS





**SEHADUR**



FACHADA

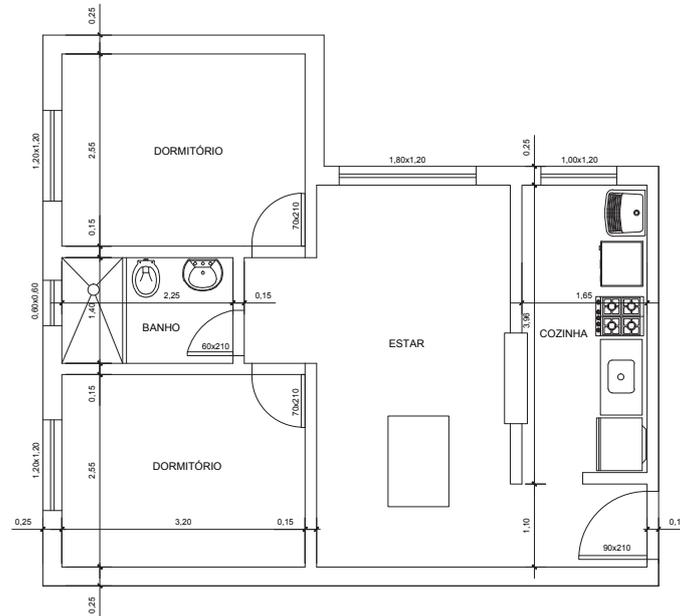
PROJETO:

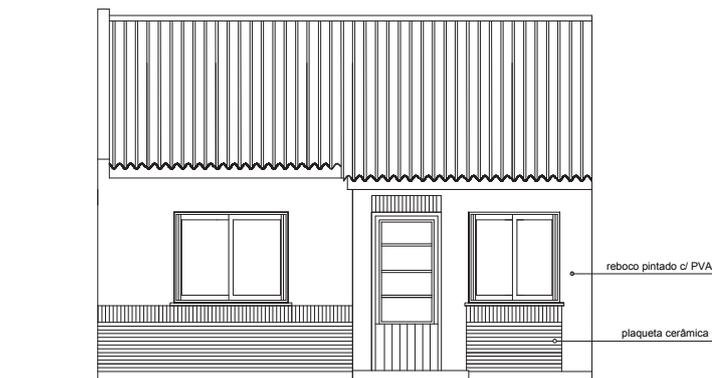
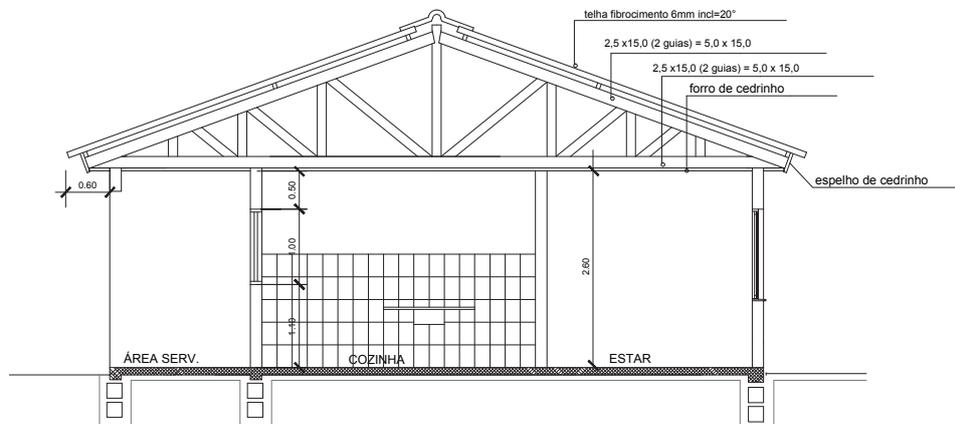
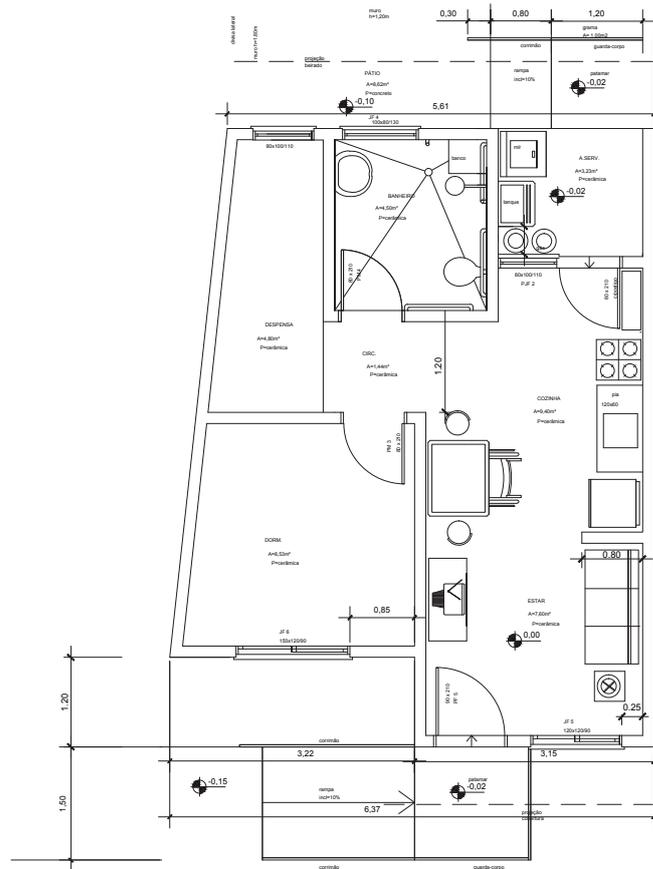
ENDEREÇO:

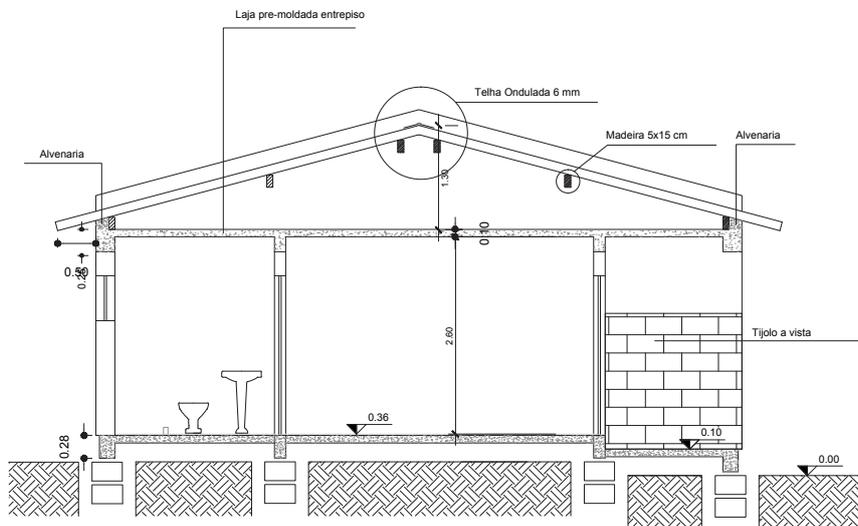
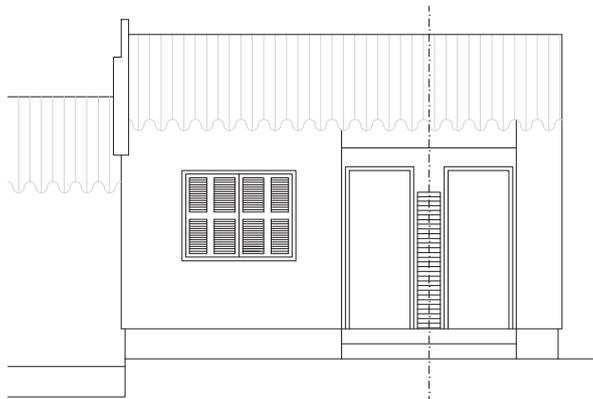
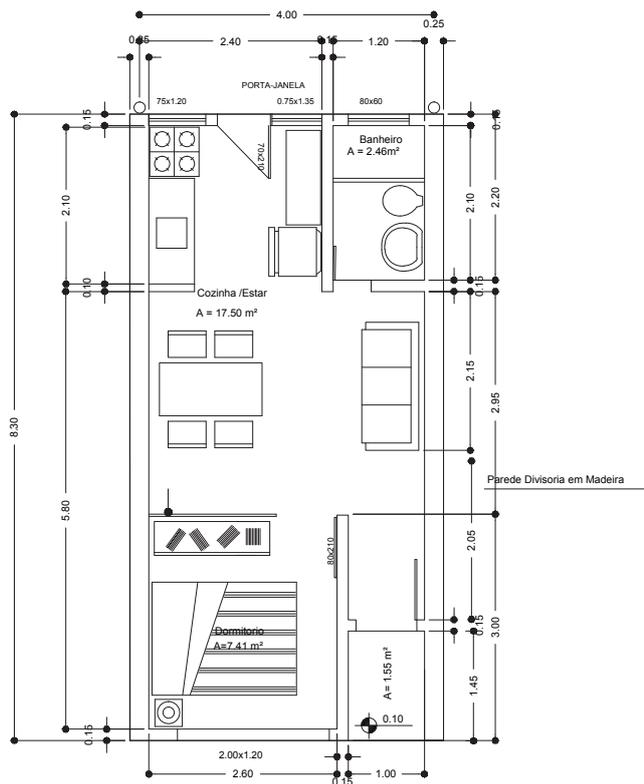
**SPAZIO PORTO GUAÍBA**  
**SPAZIO PORTO PLANALTO**

Av. Baltazar de Oliveira Garcia, 2396,  
Jardim Leopoldina - Porto Alegre/RS

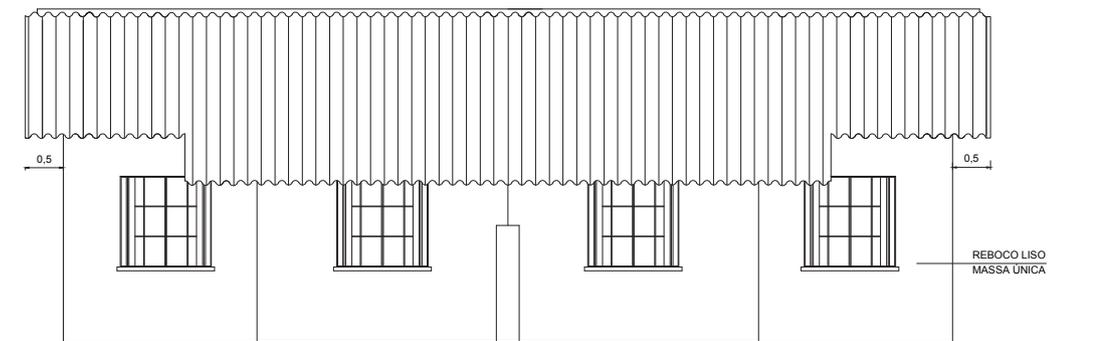
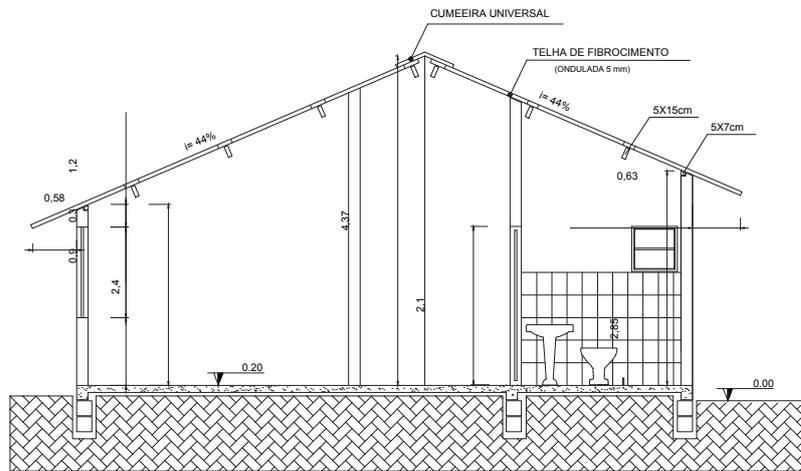
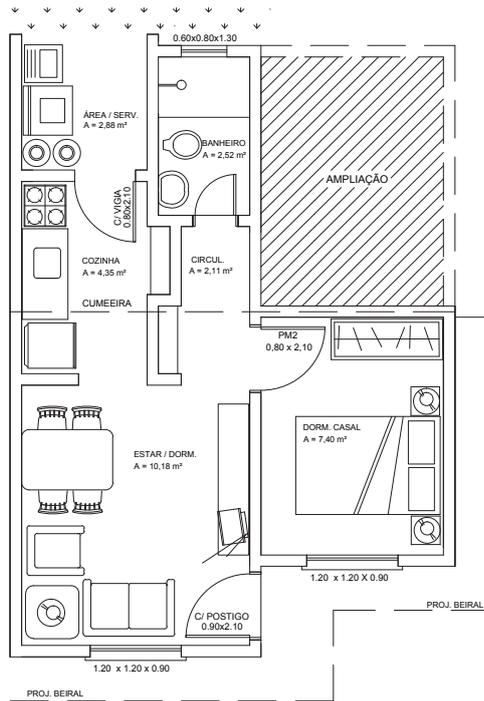
R. Tenente Ary Tarrago, 2080, Reg.  
Jardim Planalto - Porto Alegre/RS











PROJETO:

**UH-011**  
**UH-014**  
**UH-018**

ENDEREÇO:

Lot. S. Guilherme  
Lot. J A Silveira, 1300  
Av. Mil Novecentos e Trinta e Sete, 360

