

Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva

Quality evaluation of flat layouts based on morphological, topological and geometric attributes that have implications in construction rationalization

Douglas Queiroz Brandão

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de um estudo cujo objetivo é desenvolver um método para avaliar os arranjos espaciais de apartamentos, contemplando diferentes atributos relacionados tanto às necessidades dos usuários como às questões de racionalização construtiva. Este estudo se justifica na medida em que grande parte das plantas consideradas típicas não configura arranjos com os melhores índices de conforto e qualidade para o morador, nem tampouco proporcionam melhores níveis de construtibilidade. O enfoque é dado às variáveis relacionadas com os planos verticais, que normalmente equivalem a aproximadamente 45% dos custos do edifício. Inclui a análise de três atributos que interferem na facilidade de construir: a densidade de paredes; o número de segmentos de paredes; e o número de junções duplas entre esses segmentos. Para tanto, utilizou-se uma amostra composta de 83 plantas com área em torno de 90 m², oriundas de 27 cidades brasileiras. Foram também levantadas as características arquitetônicas básicas e analisados atributos morfológicos e topológicos, buscando avaliar sua influência na economia de materiais e na racionalização construtiva. Constatou-se que arranjos com simplicidade geométrico-construtiva também constituem soluções de qualidade no âmbito das necessidades de conforto e funcionalidade.

Palavras-chave: qualidade do projeto; índices geométricos; construtibilidade; paredes de alvenaria; morfologia habitacional; edifícios residenciais

Abstract

This article presents the results of a research study which aimed to devise a method for assessing spatial arrangements of flats, considering attributes related both to the user needs and to construction rationalization. This study can be justified by the fact that most typical flat layouts do not offer a high level of comfort and quality for the final user, neither result in high degree of constructability. The variables related to the vertical plans, which correspond to 45% of building costs, were emphasized. This included the analysis of three attributes that affect the construction rationality: wall density, number of wall segments, and number of wall double junctions. A sample of 83 flat layouts with private areas of roughly 90 square metres (968.75 square feet), from 27 different Brazilian towns, was analysed. Some basic architectural characteristics were collected as well as some morphological and topological attributes, aiming to assess their impact on the use of materials and on construction rationalization. In conclusion, the study revealed that simple layouts that result in easier and faster site construction can also provide fairly comfortable and functional arrangements.

Douglas Queiroz Brandão
Departamento de Engenharia
Civil
Universidade Federal de Mato
Grosso
Av. Fernando Correa da Costa,
s.n.
Conjunto FAET/ICET, Bloco B
Cuiabá - MT - Brasil
CEP 78060-900
Tel.: (65) 3615-8972
Fax: (65) 3615-8711
E-mail: dbrandao@ufmt.br

Recebido em 11/04/06
Aceito em 29/08/06

Keywords: design quality; geometric indices; constructability; brick walls; housing morphology; residential buildings.

Introdução

De acordo com Altas e Özsoy (1998), a satisfação em relação aos espaços da moradia é função de três grupos de variáveis: a) características do usuário; b) atributos físicos dos espaços; e c) crenças e percepções do usuário sobre a vivência ou uso desses espaços. O presente trabalho, em sua investigação prática, prende-se ao segundo grupo.

A avaliação de projetos arquitetônicos pode ser focada em diversos aspectos qualitativos: a estética, a geometria funcional, a geometria morfológica, a construtibilidade e a racionalidade (HEINECK; FERNANDEZ, 2004). Um bom projeto deve atender ao compromisso entre custo e qualidade, buscando o equilíbrio entre todos esses aspectos.

Segundo Mascaró (1998), embora geralmente se conheça pouco a respeito das relações entre as decisões de projeto e o custo total do edifício, elas existem e são muito claras. Os produtos devem ser reavaliados sob diversos pontos de vista, tornando-se indispensável analisar os aspectos econômicos das decisões arquitetônicas. Cada decisão tomada pelo arquiteto ou pelo engenheiro em seu projeto significa uma opção para solucionar um dos vários aspectos da obra. São decisões que condicionam, de alguma maneira, o comportamento e o desempenho de todo o edifício, tanto funcional quanto economicamente.

Este estudo traz alguns dos resultados do projeto intitulado *Desenvolvimento de método de avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseado em atributos quantitativos e qualitativos*, realizado na Universidade Federal de Mato Grosso (BRANDÃO, 2003). São enfocadas as variáveis relacionadas com os planos verticais, ou seja, as paredes e as vedações. Inclui o levantamento de perímetros e densidade de paredes, além da verificação de configurações geométricas que afetam aspectos construtivos como o número de segmentos de paredes e de junções entre esses mesmos segmentos. São variáveis que, entre outras, podem indicar maior ou menor racionalização construtiva do projeto.

A questão básica é: que formatos ou arranjos espaciais de apartamentos possibilitam maior grau de construtibilidade e economia de materiais? Normalmente, é costume entender que projetos que atendem à construtibilidade (simplicidade construtiva) e à racionalização sejam pouco funcionais e esteticamente desagradáveis para o morador. Esse pensamento se origina da própria história da construção, quando, por razões de economia e rapidez (casos dos pós-guerras, por

exemplo) foram produzidas habitações com projetos simplificados, repetitivos e monótonos.

Este estudo mostra, no entanto, que existe a possibilidade de integrar ambos os aspectos, tanto a perspectiva da produção quanto o atendimento de itens de conforto e satisfação do usuário, incrementando qualidade de forma mais ampla.

Outros levantamentos e análises precederam à avaliação dos atributos que diretamente influenciam no processo construtivo. Inicialmente foram levantadas as características arquitetônicas básicas relacionadas à funcionalidade dos ambientes. Em seguida foram analisadas as interconexões entre os ambientes, de forma a complementar a análise morfológica. Esses procedimentos prévios visaram tipificar e classificar as plantas, além de fornecer dados para auxiliar a análise posterior de outras variáveis.

Caracterização morfológica e topológica

Morfologia

Nos apartamentos oferecidos no Brasil, dizer que há três setores funcionais significa dizer também que a divisão é física: três setores são traduzidos como três blocos distintos, uma configuração que costuma ser seguida também pelas habitações térreas unifamiliares. Essa disposição foi trazida da residência européia burguesa do século XIX e acabou sendo buscada quase sempre mesmo nas residências de menor tamanho. Independentemente do número de quartos ou do tamanho dos apartamentos, observa-se que as formas de organização, baseadas nesses três setores distintos, são recorrentes com ligeiras variações (TRAMONTANO, 2000; BRANDÃO, 2002).

No caso brasileiro, os quartos raramente constituem dois blocos ou setores separados, como já ocorre em casas e apartamentos nos EUA. A Figura 1 mostra um exemplo de apartamento americano com dois banheiros e dois quartos, onde não existe a preocupação com a separação setorial. A planta mostra a separação ou a independência dos quartos, e a sala de estar, mais centralizada, é concebida mais como espaço de vivência íntima da família (*family room*). É interessante notar também que é comum um dos quartos (e também um banheiro) localizar-se próximo ao hall de entrada ou vestíbulo do apartamento (BRANDÃO, 2002).

É importante destacar ainda que os projetos de apartamentos no Brasil são voltados para a família nuclear tradicional e se caracterizam pela alta

hierarquia no que se refere aos dormitórios. É comum o estabelecimento de áreas diferentes para os cômodos, em geral com destaque para a suíte principal. De forma contrária, arranjos com dormitórios equivalentes em área são atípicos nos desenhos habitacionais brasileiros (BRANDÃO, 2002).

Plantas com sala de estar central, onde a sala exerce também a função de circulação e distribuição, com acessos diretamente aos quartos, não são também comuns no Brasil. É interessante citar o caso da Coréia do Sul, onde os projetos contemporâneos seguem o esquema da sala de estar central (Figura 2). Choi (1999) explica que o desenho desses apartamentos acompanha o partido das casas térreas tradicionais, onde um pátio central funciona como um centro distribuidor para todos os demais cômodos da moradia.

A eliminação de corredores, os quais podem ser considerados como desperdício de área (que poderia ser usada para aumento dos próprios cômodos principais), traz a vantagem da economia e da otimização espacial, mas a possível perda de privacidade, uma preocupação sempre presente, com certeza explica a pouca utilização da planta com sala de estar central nos projetos brasileiros de apartamentos (BRANDÃO, 2002). Plantas com a eliminação do corredor e também com a possibilidade de circuito são casos raros na oferta imobiliária nacional. Conforme a classificação de Schneider (1998), existem oito tipos de planta de apartamentos, sendo relevante estabelecer comentários sobre as possibilidades de uso nos projetos brasileiros (ver Quadro 1).

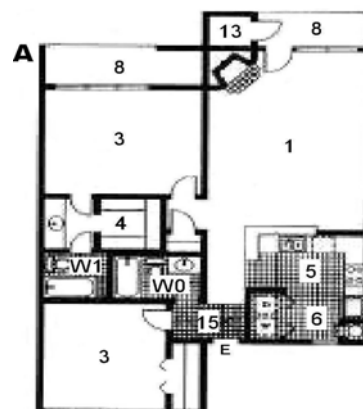
Se a classificação das tipologias for feita com base nas oito possibilidades de concepção apresentadas por Schneider (1998), não é difícil afirmar que a diversidade tipológica das plantas brasileiras é restrita. A literatura apresenta um rol variado de partidos arquitetônicos, mas muito pouco dessas alternativas é explorado nos projetos brasileiros, evidenciando, assim, um desafio aos novos desenhos para o espaço doméstico. Esse quadro reitera a existência de um campo vasto de pesquisa ante os novos hábitos, modos de vida, costumes e necessidades, que surgem e se modificam a cada dia (BRANDÃO, 2002). Por outro lado, pode ser considerada diversa se os critérios de análise se fixarem tão-somente no programa de necessidades (cômodos). Brandão (2002) levanta 82 tipologias caracterizando diversidade.

Topologia

A topologia proporciona a compreensão das interconexões dos cômodos ou ambientes distintos de uma planta ou arranjo espacial de uma

habitação. Complementa os estudos de morfologia. Como referência, para análise dessas interconexões, são considerados os extremos mundiais: de um lado, a estrutura topológica de casas tradicionais muçulmanas, cujo esquema topológico é de alta profundidade; de outro lado, as casas tradicionais japonesas, com grande número de ciclos e, portanto, maior flexibilidade espacial (ver Figura 3). Estudos feitos por pesquisadores portugueses mostram que o aumento das aberturas e acessos internos, com a formação de ciclos, resulta em baixa hierarquia entre os cômodos, multifuncionalidade e, portanto, maior flexibilidade espacial (ver Figura 4). É fácil visualizar nessa planta que os cômodos possuem pouca diferença em suas áreas úteis e que existem conexões internas adicionais.

A topologia constitui método que possibilita caracterizar a rede de acessos, sua forma e sua seqüência, mostrando o grau de relacionamento entre os cômodos da habitação pela forma das interconexões. Tem, portanto, estreita ligação com a morfologia da habitação.



Nota: os quartos não constituem um bloco íntimo único com um único acesso

Fonte: www.apartment.com

Figura 1 - **Planta de apartamento americana, tipo 2.0/210, Dallas, Texas**



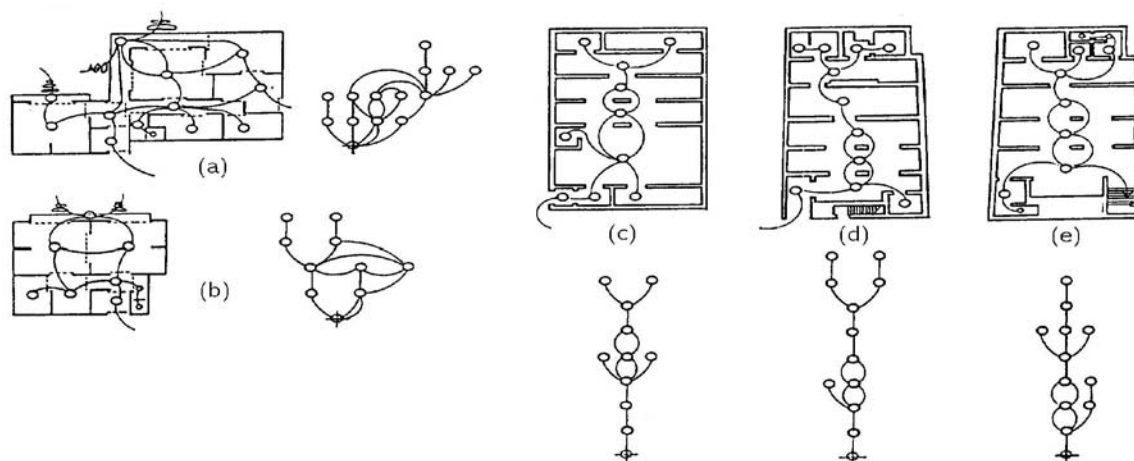
Nota: desenho compacto onde os quartos se comunicam diretamente com a sala e a cozinha ao centro

Fonte: Choi (1999, p. 69)

Figura 2 - **Apartamento do tipo 1.0/300 oriundo da Coréia do Sul**

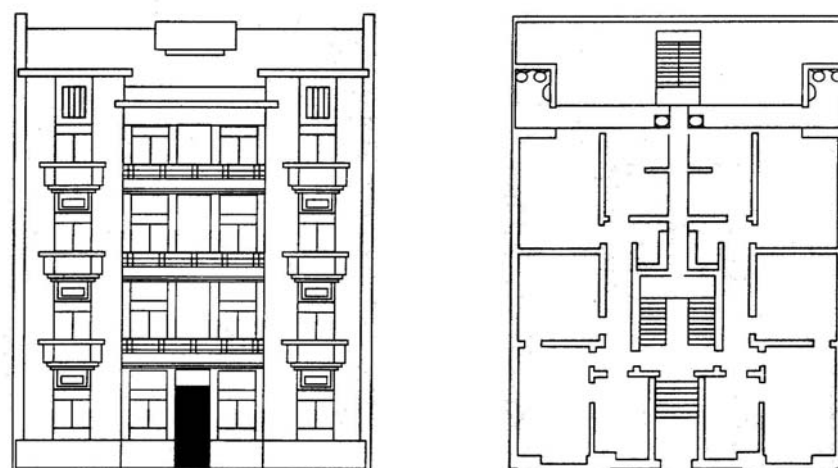
Tipos de plantas e sua caracterização (SCHNEIDER, 1998)	Ocorrência e aplicação nos projetos brasileiros
Planta do tipo corredor : organiza-se segundo um eixo ao longo do qual se dispõe a moradia, a um ou a ambos os lados desse eixo.	Ocorrem mais por necessidade de adequação em edifícios implantados em terrenos estreitos, ou seja, muito mais por força da geometria do lote e do prédio do que propriamente por opção arquitetônica. As plantas estreitas tendem a dificultar a flexibilidade e a simplicidade da construção com o aumento de perímetros.
Planta do tipo caixa inserida ou com <i>core central</i> : a moradia é interpretada visualmente como um amplo espaço aberto, com um cubo (ou com paredes) inserido em seu interior.	Podem ocorrer em apartamentos pequenos, mas não são comuns, uma vez que a preferência está, na medida do possível, na locação perimetral das cozinhas e banheiros, possibilitando ventilação e iluminação naturais.
Planta com sala de estar central : o desenho da moradia que favorece a comunicação, desenvolvendo-se em torno da sala de estar, que também funciona como distribuidora.	Não são também comuns no Brasil. São mais comuns em habitações mais simples no meio rural (VERÍSSIMO; BITTAR, 1999). São vantajosas pela simplicidade construtiva.
Planta com separação das áreas funcionais : as diferentes áreas funcionais da moradia são claramente separadas. Neste tipo de planta existe a zona diurna, com sala de estar, jantar ou copa, e cozinha, e a zona noturna, formada pelos dormitórios. O objetivo deste tipo de planta é permitir um desenvolvimento fluido e sem interferências das funções individuais.	Constitui-se o desenho predominante no país, porém com algumas diferenças. O critério brasileiro majoritário não é exatamente o da separação em zonas noturna e diurna, até porque, atualmente, os dormitórios não são mais ambientes exclusivos para dormir. No Brasil as zonas invariavelmente são: social, íntima e de serviços. A fixação de setores pode auxiliar na colocação de pisos, por exemplo.
Planta orgânica : o arranjo da residência se baseia no estudo das circulações dos usuários durante suas diversas atividades. As paredes se localizam no contorno das zonas onde se concentram os deslocamentos, e os espaços se desenvolvem em concordância com estas. Nesta planta, o ângulo reto é só mais um entre todos os possíveis, e os corredores se reduzem ao mínimo necessário.	Por sua natureza, pode ser considerada atípica, mesmo fora do Brasil. Neste caso, ao se buscar a otimização das circulações internas diante das atividades previstas, são deixados de lado os aspectos de custo e racionalização construtiva, sem falar nas dificuldades de mobiliamento quando se foge da ortogonalidade típica entre as paredes.
Planta fluida : pode ser considerada uma variante da planta orgânica. Não se caracteriza por nenhuma posição particular das paredes, mas sim por sua omissão. As peças raramente estão separadas da zona de circulação e apresentam somente uma ligeira separação entre elas.	O costume ou tradição brasileira por uma maior compartimentação da residência, ressaltando o uso de paredes com alvenaria de tijolos em detrimento a painéis leves (fixos, removíveis ou móveis), não privilegia também as plantas mais abertas como as do tipo fluido. Pode ser econômica na medida em que reduz vedações.
Planta flexível : corresponde geralmente à situação conhecida de apartamento cujo arranjo físico prevê um núcleo fixo de instalações, liberando os demais espaços para divisões e utilizações variadas.	No Brasil, normalmente as obras são entregues completas em termos do arranjo. A distinção entre área molhada e seca, além da entrega da moradia com área livre para posterior término do usuário, resulta em racionalização.
Planta circuito : a ênfase neste tipo de arranjo está nas circulações com a criação de um maior número possível de relações funcionais e espaciais entre os vários cômodos. O acesso aos cômodos pode ser realizado por mais de um caminho.	Também são raras no Brasil, seguindo as mesmas razões com relação às plantas fluida e flexível. A preocupação com a garantia da intimidade e da privacidade, sobretudo das peças íntimas, mantém as aberturas e acessos na quantidade mínima necessária.

Quadro 1 - Tipos de plantas e comentários sobre sua aplicação no Brasil



Fonte: Shoul (1993, p. 38)

Figura 3 - Alguns tipos morfológicos: (a) e (b) tipos tradicionais japoneses; (c), (d) e (e) tipos oriundos da tradição islâmica



Fonte: Callado (1989)

Figura 4 - Residencial Avenidas Novas, Lisboa, Portugal: elevação e planta de baixa hierarquia

Área privativa (m ²)	Ótimo	Bom	Ruim
70 a 100	até 0,15	0,15 a 0,19	acima de 0,19
100 a 140	até 0,15	0,15 a 0,18	acima de 0,18
140 a 180	até 0,15	0,15 a 0,18	acima de 0,18
180 a 250	até 0,14	0,14 a 0,17	acima de 0,17
250 a 400	Até 0,13	0,13 a 0,16	acima de 0,16

Fonte: Oliveira et al. (1995)

Tabela 1 - Valores comparativos para a densidade de parede

O estudo permite verificar a organização do espaço não somente pelo lado das regras de sua própria configuração espacial, mas também pela perspectiva das regras que emergem das relações sociais (regras mais claras) e por aquelas que estabelecem um campo de probabilidades para o

estabelecimento de novas práticas sociais (AMORIM, 2001).

Os procedimentos analíticos são simples, fundamentados na teoria da lógica social do espaço. A leitura dos padrões espaciais é feita através de ferramentas de representação topológica: a *axialidade*, linhas que estabelecem as

conexões, e a *convexidade*, que constitui propriedade bidimensional, pontos envolvidos pelo perímetro entre pares de ambientes, ou seja, as adjacências (AMORIM, 2001)

Os grafos, ou gráficos justificados, são os diagramas usados para avaliar os acessos: os nós representam cada ambiente, e as linhas, a conexão entre esses cômodos, através de portas ou outras aberturas. Já o mapa de decomposição convexa é uma simplificação do arranjo, sendo composto do menor número de maiores unidades, o que permite o levantamento e a análise das adjacências (AMORIM, 2001).

Essas duas ferramentas, o grafo justificado e o mapa convexo, permitem estudar várias variáveis como a profundidade, ou seja, o grau de distância que cada cômodo apresenta da porta de entrada, a existência de ciclos (pouco utilizados nas habitações brasileiras), além da quantidade de adjacências, uma característica indicadora do potencial de flexibilidade espacial.

A análise do espaço arquitetônico com tais ferramentas é designada de sintaxe espacial (HILLIER; HANSON, 1994). A vantagem desse método, como explicam Monteiro e outros (2002), está na possibilidade de comparar estruturas de espaços que parecem ser bastante diferentes. Esses autores explicam ainda que a sintaxe espacial estabelece medidas que permitem comparar os graus de integração global, controle e profundidade das moradias, e, por conseguinte, poder descrever e classificar as diferentes tipologias arquitetônicas, inclusive quando a habitação passa por transformações, isto é, reformas. Pode-se, assim, avaliar se ocorreram reais alterações na estrutura das moradias.

Arranjos espaciais e racionalização construtiva

Importância dos planos verticais

Segundo Mascaró (1998), o custo total do edifício pode ser dividido em: planos horizontais (25%), planos verticais (45%), instalações em geral (25%) e canteiro de obras e outros trabalhos (5%). O valor de 45% do custo total referente aos planos verticais é um valor médio, e depende basicamente:

- (a) dos materiais, componentes e sistemas construtivos empregados na construção, aumentando o custo do metro quadrado da parede;
- (b) do tamanho médio dos locais, o que determina a quantidade média das paredes por metro quadrado construído; e

(c) da forma dos compartimentos e do edifício, ou seja, do grau de compactidade, que influi decisivamente na quantidade média de paredes por metro quadrado construído.

Para o êxito da composição arquitetural, deve existir uma valorização individual do papel exercido pelos planos horizontais e verticais, bem como o estabelecimento de um diálogo entre eles. A questão do diálogo, ou seja, a relação existente entre os planos precisa de características que tornem determinados arranjos geométricos preferenciais para a composição arquitetônica, e destacam propriedades de eficiência do projeto, as quais podem ser captadas, segundo Martins (1999), por uma relação entre o perímetro e a área da figura.

A relação entre perímetro e área é apresentada por Mascaró (1998) e pelo Manual de Projetos da Encol (1990) como um dos fatores geométricos essenciais para a tipificação dos edifícios, e determinantes do custo da solução do arranjo físico de uma habitação. A relação descreve para Mascaró uma lei de formação dos ambientes, cujas paredes assumem o principal fator definidor da funcionalidade arquitetônica dos ambientes. A solução geométrica obtida pelo arranjo físico representa, por outro lado, um dos fatores influenciadores do custo da edificação, uma vez que a formação de determinado ambiente e da própria habitação é processada a partir do enclausuramento da área por meio das paredes, as quais formam figuras geométricas com diferentes relações entre perímetro e área.

O custo da edificação é influenciado por essa relação em função da forma resultante da figura, a qual implica diferentes comprimentos do perímetro, conseqüentemente de paredes e de componentes determinantes do plano vertical (portas, janelas, revestimentos e acabamentos). Mascaró (1998) avalia que existem poucas alternativas de otimização do custo da edificação a partir do plano horizontal, devido ao fato de que cerca de dois terços do seu custo são definidos pela estrutura de concreto. O plano vertical, por outro lado, indica inúmeras alternativas de composição do arranjo físico, estabelecendo variações significativas na quantidade e, conseqüentemente, no custo dos elementos determinantes das paredes, principalmente no que diz respeito a revestimentos (interno e externo).

Segundo Martins (1999), um dos problemas na definição do arranjo físico do projeto de uma habitação, é que comporta um grande número de soluções satisfatórias e hoje representa um dos grandes temas de pesquisa na área na busca de metodologias que permitam o desenvolvimento de

múltiplas opções de projeto e, principalmente, da eficiência geométrica do arranjo físico.

Densidade, segmentos e junções de paredes

Densidade de paredes

Segundo Oliveira et al. (1995), esta variável é definida como a divisão da área das paredes apoiadas sobre uma laje-tipo pela área desta laje, ou seja, a área de projeção das paredes. Os valores podem ser apresentados em porcentagem da área total. A Tabela 1 mostra um estudo realizado por uma empresa privada que serve de parâmetro para a análise dessa variável.

O Manual de Projeto da Construtora Encol (1995) apresenta uma outra forma de cálculo da densidade de paredes. O cálculo, nesse caso, é feito considerando não a área de projeção das paredes, mas sim a área dos planos verticais formados pela totalidade das paredes (igual ao somatório dos comprimentos das linhas de eixo das paredes multiplicado pelo pé-direito, ou ainda pelas diferentes alturas correspondentes das paredes, altas e baixas). Tem-se, portanto, m^2/m^2 como unidade dessa variável. Para apartamentos com área em torno de 90 m^2 , o referido manual traz como parâmetro de qualidade o valor limite de 2,5 m^2 de parede por unidade de área construída. Acima disso o projeto é considerado ruim.

Número de segmentos de parede

A Figura 5 ilustra os segmentos de parede. Brown e Steadman (1991) definem como segmento de parede de alvenaria ou outro tipo de vedação o trecho entre junções subsequentes (triplas ou duplas).

Número de junções duplas

O encontro entre duas ou mais paredes forma uma junção (Figura 1). Junções de triplo encontro de paredes (junções do tipo “3-way”) não representam problemas e aparecem em maior quantidade nos projetos mais simplificados. Por sua vez, as junções do tipo duplo (junções do tipo “2-way”), ou seja, aquelas que formam “esquina” implicam maior dificuldade construtiva. O próprio custo de revestimento é aumentado, pois os pedreiros cobram adicionais em metro linear para o acabamento (reboco) dessa aresta. Além disso, há casos de projetos mais exigentes nos quais se utiliza um perfil metálico para reforçar essa aresta, que fica sujeita a pancadas e, em decorrência, quebras do reboco ou outro revestimento. Essa variável não encontra parâmetros comparativos na literatura especializada, sendo Brown e Steadman (1991) os únicos autores que conceituam e

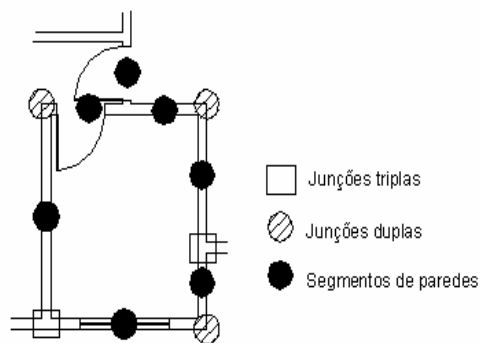
ressaltam a importância das junções no custo dos arranjos geométricos. As junções duplas nesse levantamento foram localizadas e demarcadas somente nas paredes internas das plantas da amostra.

Método

Projeto de pesquisa e grupos de variáveis

Brandão (2002) define extensa lista de variáveis para tipificação e caracterização dos arranjos espaciais. A partir da listagem do referido autor foram acrescentados outros atributos de avaliação obtidos na literatura especializada, compondo então o projeto de pesquisa, do qual este estudo faz parte (BRANDÃO, 2003). Neste são definidos sete grupos de variáveis que se referem ou que caracterizam:

- (a) a quantidade de cômodos e outros elementos do apartamento;
- (b) o tamanho do apartamento e de suas partes;
- (c) a existência de cômodos específicos e outros elementos;
- (d) a proporção de áreas;
- (e) o conforto espacial do apartamento;
- (f) a estrutura topológica do apartamento; e
- (g) a forma do apartamento e de suas partes.



Fonte: Moraes (2005)

Figura 5 - Esquema explicativo de junções triplas, junções duplas e segmentos de paredes

A identificação das variáveis é feita por meio de exaustiva revisão da literatura nacional, partindo-se do princípio de que, sendo os atributos de alguma forma comentados no país, merecem, portanto, ser cadastrados. Trabalhos portugueses na área da habitabilidade da habitação são também utilizados nesta fase, tais como os trabalhos de Sousa (1994) e Portas (1996). O objetivo é

desenvolver um método de avaliação que possa compreender um maior número de exigências, de concepção genérica, possível de ser adaptado, por meio de diferentes pesos e pontuações, para qualquer região do país e para diferentes circunstâncias de projeto.

Análise morfotopológica e de variáveis indicadoras de racionalização construtiva

Amostra

O objeto de estudo é o apartamento, a unidade habitacional. O apartamento e seu arranjo interno, o apartamento como produto final, sim, é o objeto de análise. São, portanto, analisados tão-somente os arranjos da parte privativa.

A análise das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico dos apartamentos foi realizada para uma amostra contendo 83 plantas de apartamentos residenciais com áreas que variam de 87,50 m² a 92,50 m² (faixa em torno de 90 m²) e com número de cômodos variando de 7 a 12. Essas plantas são oriundas de material de propaganda referentes a apartamentos ofertados a partir de 1995 em 27 cidades brasileiras. A Tabela 2 apresenta as tipologias básicas que correspondem à faixa de área referida com as correspondentes quantidades de casos.

Caracterização arquitetônico-funcional e análise topológica preliminar

Para cada uma das 83 plantas da amostra foi montada uma ficha eletrônica para organizar os dados levantados: planta baixa, decomposição convexa e gráficos justificados, um com a identificação das peças e outro com a separação por setores (íntimo, social e de serviço). Os ambientes mostrados no mapa convexo recebem cores de acordo com a convenção dada a cada um dos três setores. Essas mesmas cores são usadas no gráfico justificado por setores.

Outras informações arquitetônicas que chamaram a atenção em termos positivos (incluindo vantagens e diferenciais considerados no mercado imobiliário) e em termos negativos foram também registradas. Para o levantamento dessas informações genéricas, cada planta foi mostrada e avaliada por cinco especialistas, arquitetos e engenheiros. Foram consideradas as possibilidades de disposição de mobília, áreas e formas dos cômodos, posição de aparelhos, forma geral do apartamento, posição de aberturas, potencial para ventilação cruzada e outras características levantadas de forma livre e subjetiva.

Conforme método empregado por Brown e Steadman (1991), os gráficos justificados devem ser analisados e comparados para os casos com o mesmo número de peças. No caso em estudo a análise foi realizada para seis situações diferentes: 7, 8, 9, até 12 peças. A Figura 6 apresenta todos os diagramas encontrados para as plantas com 10 peças.

Resultados e discussões

Análise preliminar: as interconexões e sua influência na construtibilidade

A Figura 6 mostra uma grande diversidade de formas de interconexão, considerando que foram detectados 19 diagramas diferentes. Em uma primeira análise já se verifica que os casos com ciclos ocorrem com muito pouca frequência, o que já era de se esperar de acordo com a bibliografia. Também se observa que em todos existe um corredor no setor íntimo para distribuição dos quartos e banheiros, uma configuração que também é típica em nosso país.

Na Figura 6 verifica-se também que a disposição dos diagramas segue a ordem dos casos de maior profundidade e menor largura para os casos de menor profundidade e maior largura. Tentou-se também organizá-los numa sequência que começa com gráficos sem ciclos, indo até aqueles com essa característica, seguindo o método utilizado por Brown e Steadman (1991).

Analisando as informações que a Figura 6 nos fornece, verifica-se que o método utilizado mostra diferenças da estrutura espacial que de outra forma não seria visível. Ao se observarem as plantas simplesmente pelo seu aspecto morfológico (ou seja, número de peças, formas e dimensões), pode-se facilmente tomar como equivalentes plantas com ambientes parecidos, porém com interconexões muito diferentes.

Um outro aspecto que se deve ter em mente neste estudo está em que a maioria dos arranjos segue esquema típico. Uma minoria das plantas traz desenho atípico, o que pode significar: a) projeto estranho aos hábitos conhecidos, podendo ser considerado anômalo, direcionado ao rol de possíveis erros arquitetônicos; e b) projeto estranho em princípio, podendo ser estudado como desenho alternativo, com novas abordagens no seu uso e nas relações de interdependência dos ambientes. Ambos os casos interessam ao estudo.

Tipologia 2Q	Quantidade	Tipologia 3Q	Quantidade
1.0/200	01	2.0/300	03
2.0/200	01	2.0/310	30
2.0/201	02	2.5/310	03
2.0/210	06	3.0/310	16
2.5/210	01	3.0/311	11
3.0/210	03	3.5/310	01
3.0/211	03	3.5/311	01
		4.0/321	01
Total	17	Total	66

Tabela 2 - Número de plantas por número de dormitórios e tipologia básica¹

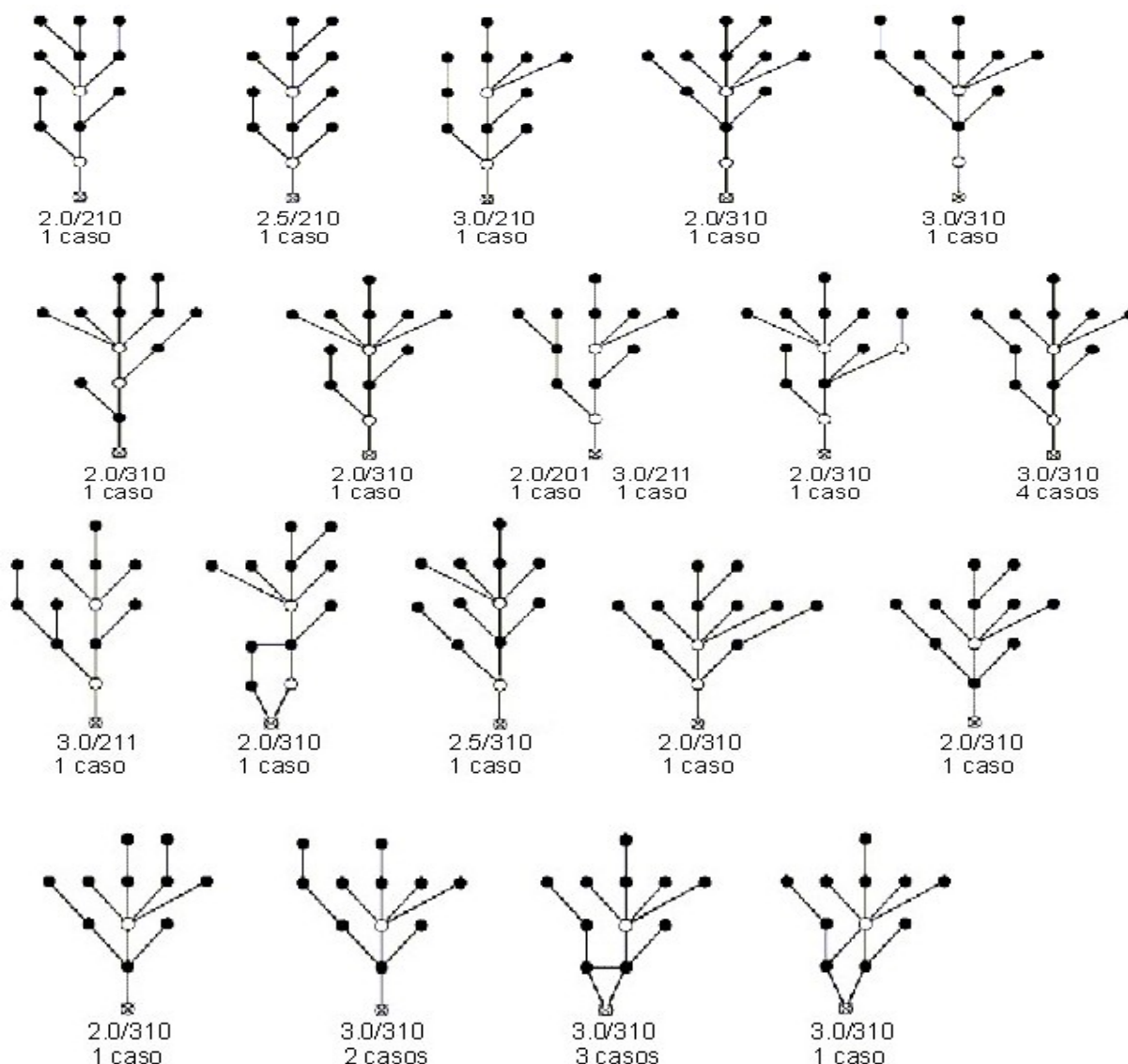


Figura 6 - Diagramas detectados para as plantas de 10 cômodos

¹ No método estabelecido por Brandão (2002) adotou-se uma convenção numérica para identificação das tipologias, iniciando-se pelo número de banheiros. Arbitrou-se também que os lavabos são caracterizados por "0.5", ou seja, meio banheiro. Assim, por exemplo, uma tipologia identificada como "3.5/311" deve ser lida como sendo um apartamento de três banheiros mais um lavabo, com três dormitórios, sendo um suite, existindo dependência completa de serviço.

De modo geral, a maioria das plantas (65,4%) possui um pequeno hall de entrada e mais da metade delas (53,8%) possui nessa circulação a porta de acesso à cozinha. Essa configuração é típica em apartamentos pequenos e médios, principalmente naqueles onde não existe a segunda porta de entrada do apartamento pelo setor de serviço. Normalmente tenta-se evitar uma comunicação direta entre a sala e a cozinha.

Outro aspecto que se observa como típico é o acesso ao setor íntimo, pois invariavelmente existe a necessidade de se atravessar a sala de estar para se chegar aos quartos. A parte íntima nunca possui possibilidade de acesso direto ao exterior do apartamento (como em projetos oriundos de alguns países); normalmente vem sempre protegida pelos ambientes de serviço e social.

Ao estudar particularmente as plantas de 10 peças, foram encontrados casos atípicos. Numa das plantas o acesso ao apartamento se dá diretamente pela sala e em seguida há dois halls em sequência: um para adentrar a cozinha e outro para os dormitórios. Em outra planta o acesso aos quartos não se dá atravessando a sala de estar. E, num terceiro projeto, a cozinha está conectada ao corredor íntimo, e não à sala de estar, criando uma ligação do tipo serviço-íntimo, que só se encontra em grandes apartamentos.

É importante comentar que a tendência pelo hall de entrada, mesmo em apartamentos de pequeno porte, se explica muito provavelmente pela tentativa de aumentar a privacidade e de tentar criar algo o mais parecido com o vestíbulo, característico das residências de luxo. O uso de halls e corredores íntimos tão desejados em termos

psicológico-culturais acaba por onerar as construções na medida em que não constituem espaços habitáveis e aumentam o perímetro e o número segmentos e junções de paredes. Por apresentarem índices de compacidade mais elevados, acabam se constituindo, como explicado por Mascaró (1998), nos cômodos de maior custo por unidade de área.

Gráficos com ciclos

Os ciclos foram encontrados em menos que 30% dos casos. Casos com 1 ciclo aparecem em 22 plantas (26,2%) e com 3 ciclos em apenas 2 plantas (2,4%). Não foram encontrados casos com 2 ciclos. A Figura 7 mostra alguns dos poucos casos com ciclos destacando os esquemas mais interessantes. Além de pouco utilizados nos projetos, cabe comentar que estão ainda longe de auxiliar na ampliação da flexibilidade espacial dos arranjos dos apartamentos. Isso porque são ainda limitados aos arranjos feitos com sacadas (ver Figura 8) e aos arranjos nos quais se utiliza duas portas de acesso ao apartamento. A exploração de ciclos como feita no projeto do apartamento em Portugal (Figura 4) é muito rara no Brasil.

Arranjos com ciclos implicam aumento de acessos e aberturas, o que pode resultar no acréscimo de esquadrias e, por conseguinte, em aumento no custo total da unidade. Ao construtor, uma porta a mais em uma unidade resulta em custo adicional considerável em se tratando de edifícios multifamiliares. Mas pode-se perceber que o projeto de habitações no Brasil praticamente não utiliza ciclos, muito mais por questões de costume e cultura do que propriamente devido à elevação de custos.

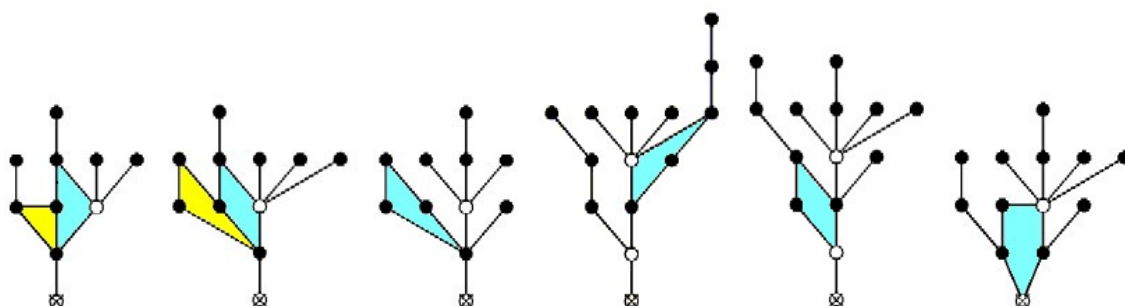
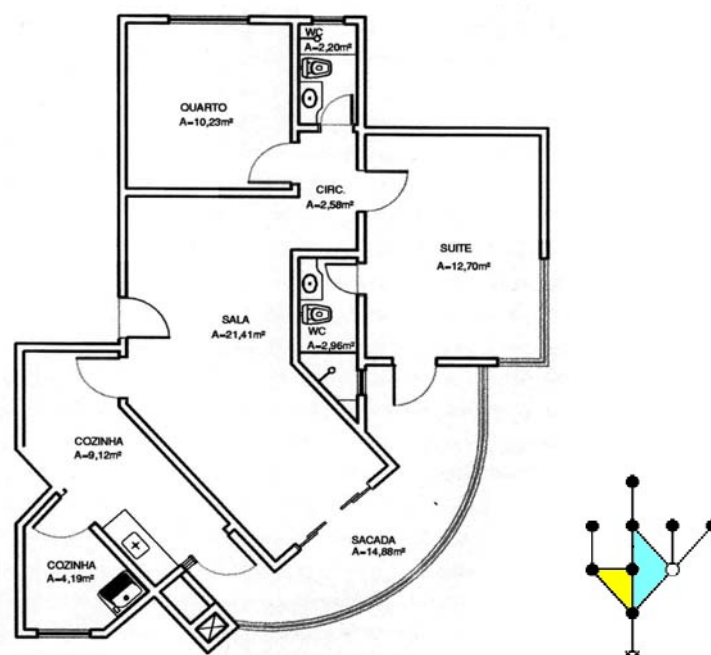


Figura 7 - Gráficos justificados contendo ciclos: alguns dos poucos casos encontrados na amostra



Nota: gráfico justificado com 3 ciclos; neste caso ocorrem por meio das sacadas, sobretudo em edifícios situados em regiões de praia
 Figura 8 - **Residencial Rossini, de Balneário Camboriú, Santa Catarina**

Densidade de paredes e definição de parâmetros de qualidade

A densidade de paredes foi determinada pelos dois métodos: o apresentado pelo Manual da Encol (1995) e o apresentado no Manual do Sebrae-RS (OLIVEIRA et al., 1995). Pelo método da Encol a maioria das plantas pode ser reprovada: apenas 32 casos (39% da amostra) se manteve dentro do limite de 2,5 m² de parede por metro quadrado de área construída (Figura 9). Já o método de cálculo do Manual do Sebrae-RS é bem menos exigente, uma vez que nenhuma planta é considerada ruim (ver Tabela 2). Segundo estes parâmetros, 73 plantas (88%) apresentam densidade em nível ótimo, e o restante das plantas, 10 casos (12%) apresentam densidade considerada em nível bom (Figura 10).

Uma comparação rápida entre os dois métodos indica que o primeiro (Encol) se mostra mais coerente. O método do Sebrae-RS, por sua vez, gera dúvidas acerca dos parâmetros de qualidade, pois é difícil aceitar como boa uma densidade de 19%, ou seja, que praticamente 1/5 da área privativa do apartamento seja ocupada por paredes. Considerando que ambas as variáveis são bem correlacionadas e estabelecendo um modelo de regressão linear simples cuja densidade pelo método do Sebrae-RS seja a variável dependente, chegou-se a uma predição com valores mais coerentes. Nesta análise verificou-se que o valor da

densidade (pela fórmula do Sebrae-RS) correspondente ao limite de 2,5 m²/m² (fórmula da Encol) estaria situado entre 13,6 e 13,9 (valores probabilísticos mínimo e máximo, considerando um intervalo de confiança de 95%). Se considerarmos que densidades de parede acima de 13,9% sejam desaconselháveis, teríamos ainda 50 casos (60%) aprovados, frequência superior quando comparada ao método da Encol.

Número de segmentos e número de junções duplas

Os valores levantados de segmentos de parede por metro quadrado foram: mínimo de 0,158, máximo de 0,423, média de 0,279 e mediana de 0,269 segmentos/m². Se for considerado o valor absoluto dos segmentos, os resultados obtidos foram: mínimo de 14, máximo de 39, média em torno de 25 e mediana no valor de 25 segmentos.

Uma vez que a literatura não apresenta valores-limite que sirvam de parâmetros de qualidade, procurou-se defini-los a partir do conhecimento de que densidade e número de segmentos de parede apresentam correlação. Estabelecendo um modelo de regressão linear simples, em que o número de segmentos por metro quadrado é a variável dependente, verificou-se que o valor correspondente ao limite de 2,5 m²/m² (densidade pelo método da Encol) estaria situado entre 0,258 e 0,282 (valores probabilísticos mínimo e máximo,

considerando um intervalo de confiança de 95%). Se considerarmos que valores acima de 0,28 segmentos de parede por metro quadrado (equivalente a 25 segmentos em apartamentos de 90 m²) são desaconselháveis, teríamos 35 casos (42%) reprovados.

O atributo número de junções duplas por metro quadrado de área privativa apresentou, por sua vez, os seguintes resultados: zero como valor mínimo, máximo de 0,1194, média 0,058 e mediana 0,055 junções por metro quadrado. Considerando os valores absolutos, os resultados foram: mínimo de zero, máximo de 11, média em torno de 5 e mediana igual a 5 junções. Por regressão, desta vez sendo a variável dependente o número de segmentos por metro quadrado com valor limite de 0,28 segmentos/m², chegou-se à predição de 5 e 6 junções como valores mínimo e máximo, respectivamente. Se for considerado que 6 junções seja o máximo aconselhável, teríamos 23 plantas reprovadas (28% dos casos da amostra).

Análise comparativa dos projetos e principais conclusões

A partir da obtenção dos valores para as três variáveis e sendo definidos os valores-limite que qualificam cada arranjo espacial, foi possível

estabelecer o ordenamento das plantas das melhores às piores em termos de simplicidade construtiva. Tomando como exemplos os residenciais Portal do Água Verde (de Curitiba, Figura 11) e Batel (de Florianópolis, Figura 12), pode-se estabelecer uma comparação entre concepções espaciais diferentes.

O Residencial Portal do Água Verde, com 92,09 m², caracteriza caso no qual, além de apresentar diversos pontos positivos pelo lado da geometria funcional, possui também aprovação em todos os índices levantados: densidade pelo método da Encol, 2,4; densidade pelo método do Sebrae-RS, 13,01%; número de segmentos/m², 0,239 (22 segmentos); e, finalmente, junções/m², 0,033 (apenas 3 junções duplas).

Foram considerados pontos positivos no Residencial Portal do Água Verde: duas portas de entrada; área de serviço grande; janela sobre a pia exclusiva para a cozinha; estar/jantar em L; estar ao canto; jantar próximo da churrasqueira; sacada projetada; espaço para instalar banheira no banheiro da suíte; não há banheiros confinados; ventilação cruzada; possibilidade de instalar porta no corredor íntimo. Em termos de pontos negativos, nenhum foi relatado.

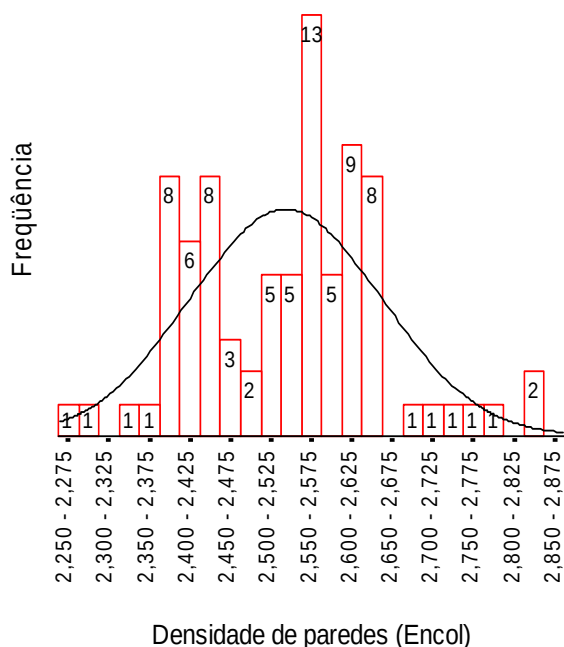


Figura 9 - Histograma para a variável densidade de paredes pelo método do Manual da Encol

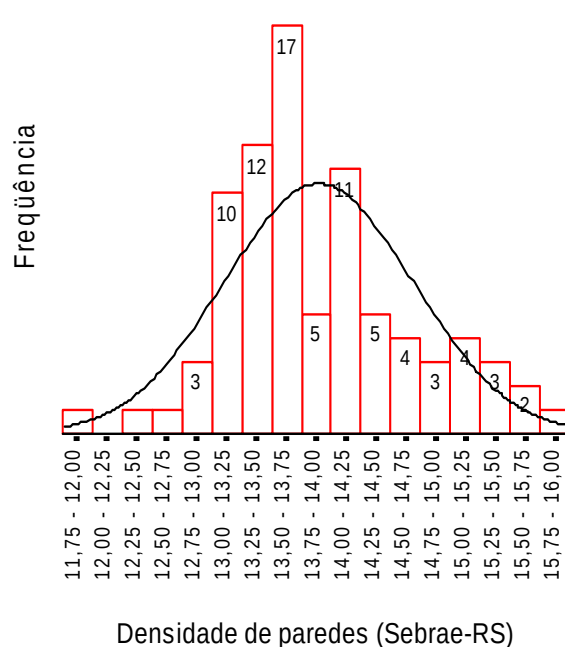
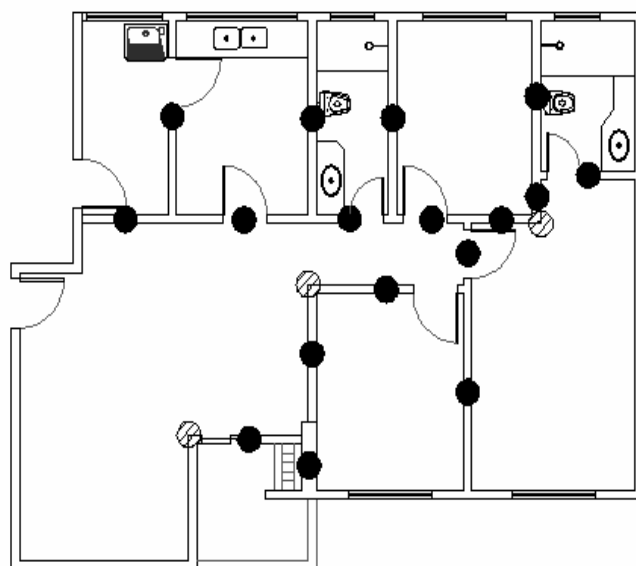
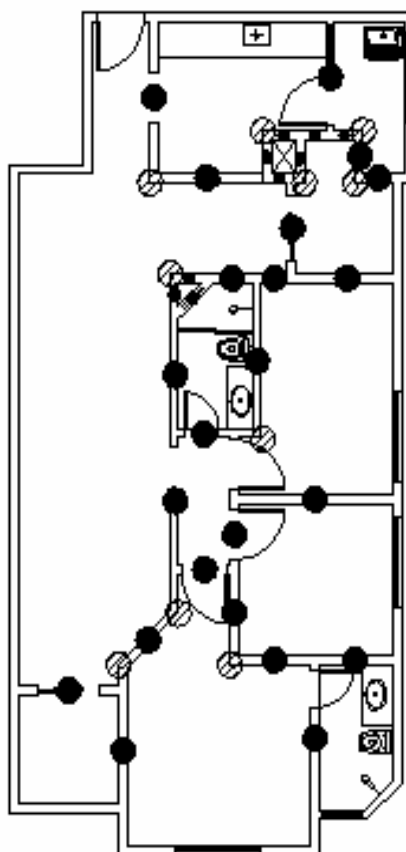


Figura 10 - Histograma para a variável de paredes pelo método do Manual do Sebrae-RS



Nota: tipologia 2.0/310, com 9 peças e 92,09 m², profundidade do gráfico justificado igual a 4
 Figura 11 - **Residencial Portal do Água Verde, em Curitiba**



Nota: tipologia 2.0/310, com 10 peças e 90,21 m², profundidade do gráfico justificado igual a 5
 Figura 12 - **Residencial Batel, em Florianópolis**

Já o Residencial Batel (Figura 12), com o mesmo programa habitacional, com área de 90,21 m², caracteriza caso no qual, além de receber algumas críticas pelo lado da geometria funcional, possui também reprovação em todos os índices levantados: densidade pelo método da Encol, 2,62; densidade pelo método do Sebrae-RS, 14,05% (considerando 13,9% como limite aconselhável); 0,410 segmentos/m² (37 segmentos); e, finalmente, 0,111 junções/m² (10 junções duplas).

O ponto positivo do Residencial Batel é: área separada para a churrasqueira, próxima da sala de jantar. E como pontos negativos foram relatados os seguintes itens: uma só porta de entrada; área de serviço pequena; cozinha confinada; sacada recuada; nenhum banheiro permite instalar banheira; um dos banheiros é confinado.

A diferença de área das duas plantas, 1,88 m², não justifica as diferenças de qualidade dos arranjos. A tipologia é 2.0/310, ou seja, o programa básico é o mesmo. Essas diferenças se originam da própria concepção. No Residencial Batel observa-se a criação de uma sacada adicional para a churrasqueira (que em projetos melhores seria interligada à área de serviço ou cozinha). Adicionais desse tipo, muitas vezes provenientes de pressões da especulação imobiliária, acabam contribuindo para a geração de plantas muito compactadas, com índices geométricos (densidade, segmentos e junções) acima dos valores máximos de referência.

No Residencial Portal do Água Verde é possível ter havido maior liberdade espacial para o projetista, o que se observa pela planta menos alongada, com menos paredes confinadas, mais perímetro voltado para o exterior e, por decorrência, um melhor posicionamento das janelas, promovendo ventilação cruzada. Para o Residencial Batel, as restrições e condicionantes apresentados ao arquiteto podem ter contribuído para a geração de um arranjo de menor qualidade de modo geral.

Outras constatações dizem respeito à morfologia e à topologia. Pode-se verificar que a planta de melhor qualidade (Portal do Água Verde) possui melhor relação de área por número de cômodos e apresenta maior potencial para interconexões e ciclos, além de apresentar menor profundidade do gráfico justificado. Já o Residencial Batel apresenta resultados opostos em todas essas características.

Conclusões

A grande constatação deste estudo, que incentiva a sua continuidade na busca de um método de

avaliação global do arranjo, está na existência de projetos que conciliam o conforto e a funcionalidade com aspectos de racionalização construtiva. Em outras palavras, arranjos fáceis de construir podem ser também arranjos bem adequados e interessantes ao morador. A comparação feita entre os exemplos apresentados, projetos de apartamentos-tipo do Residencial Portal do Água Verde e do Residencial Batel e seus respectivos resultados, atesta essa principal conclusão.

É interessante também verificar que as caracterizações morfológica e topológica (geralmente avaliadas por arquitetos) trazem indicações práticas quanto ao grau de racionalização construtiva e economia de materiais (geralmente avaliados por engenheiros). Embora sejam necessários mais estudos, com a análise de mais variáveis e validação através de um estudo estatístico mais rigoroso, as observações aqui realizadas mostram a correlação entre esses dois grupos distintos de atributos.

Os estudos necessitam de continuidade com o objetivo de identificar e determinar graus de importância de cada variável na direção de um método que possibilite avaliar a qualidade do arranjo espacial como um todo, ou pelo menos em seus principais grupos de atributos.

Referências

AMORIM, L. E. Flexibilidade espacial: entre o princípio e o mito. In: SEMINÁRIO DOCOMOMO-BRASIL, 4., 2001, Viçosa, Cataguases. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2001.

ALTAS, N. E.; ÖZSOY, A. Spatial adaptability and flexibility as parameters of user satisfaction for quality housing. **Building and Environment**, v. 33, n. 5, p. 315-323, 1998.

BRANDÃO, D. Q. **Desenvolvimento de método de avaliação da qualidade do arranjo espacial de apartamentos baseado em atributos quantitativos e qualitativos**. Cuiabá: UFMT, 2003. 44 p. Projeto de Pesquisa 125/CAP/Propeq/2003, Grupo Multidisciplinar de Estudos da Habitação.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: uma análise do produto imobiliário brasileiro**. 443 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BROWN, F. E.; STEADMAN, J. P. The morphology of British housing: an empirical basis for policy and research. Part 2: topological characteristics. **Environment and Planning B: Planning and Design**, 1991, v. 18, p. 385-415.

CALLADO, J. The architect's perspective. **Urban Studies**, v. 32, n. 10, p. 1665-1677, 1995.

CHOI, J. The traditional characteristics reflected in the plan of modern apartment houses in Korea. **The Journal of Architectural and Planning Research**, Chicago, v. 16, n. 1, p. 65-77, Spring 1999.

ENCOL. **Arquitetura empresarial**. Brasília: Encol, Diretoria de Produto, 1990. 65 p.

HEINECK, L. F. M.; FERNANDEZ, J. A. C. G. **Modelo para avaliação qualitativa de projetos arquitetônicos, sob a ótica do usuário**. Florianópolis, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.sinduscon-fpolis.org.br/artigosCientificos>>.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

MARTÍNEZ, A. C. **Ensaio sobre projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000. 198 p.

MARTINS, D. N. **Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

MONTEIRO, C. M. G.; CARVALHO, E. S.; SILVA, R. C. Adaptando espaços: análise das transformações em habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu, Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu: UNIOESTE, UEL, UFPR, ANTAC, 2002. 1 CD-ROM.

MORAES, E. C. S. **Avaliação do grau de construtibilidade e racionalização de arranjos espaciais na avaliação da qualidade do projeto habitacional: estudo em apartamentos de 90 metros quadrados**. 45 f. Trabalho de Graduação (Curso de Engenharia Civil) - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia,

Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T. **Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: manual de utilização**. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

PORTAS, N. **Funções exigidas de áreas da habitação**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1996. 86 p.

SCHNEIDER, F. (Ed.). **Atlas de Plantas: viviendas**. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 224 p.

SHOUL, M. The spatial arrangements of ordinary English houses. **Environment and Behavior**, v. 25, n. 1, p. 22-69, jan. 1993.

SOUSA, M. J. C. N. C. **Aplicação do Método SEL a projectos de edifícios de habitação elaborados em Portugal: habitabilidade da habitação**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Seção de Construções Cívicas, Portugal, 1994.

TRAMONTANO, M. **Evolução recente da habitação contemporânea na cidade de São Paulo**. São Carlos: USP/NOMADS, 2000. 54 p. Relatório Técnico do Programa CNPq/PIBIC.

VERÍSSIMO, F. S.; BITTAR, W. S. M. **500 anos da casa no Brasil: as transformações da arquitetura e da utilização do espaço de moradia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999. 142 p.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo apoio financeiro à melhoria da infra-estrutura do Grupo Multidisciplinar de Estudos da Habitação (GHA) e à estudante Tatiane Elias de Assis, do Curso de Engenharia Civil, bolsista CNPq/PIBIC no período 2004/2005, pela dedicação, seriedade e rigor com que participou das atividades de pesquisa programadas.