



ANÁLISE DE INDICADORES GEOMETRICOS EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS COM DIFERENTES TIPOLOGIAS

Rafael Fernandes Silveira (1); Luiz Fernando M. Heineck (2)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil – e-mail: rafaelecivil@yahoo.com.br

(2) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil – e-mail: rafaelfernandes@ecv.ufsc.br

RESUMO

O presente artigo dedica-se a elaboração de estimativas paramétricas tomando-se como exemplo uma amostra de 15 projetos de edifícios residenciais situados em diversas partes do Brasil. A área dos apartamentos analisados variaram de 40 a 180 m². Foram conduzidas análises de regressões para avaliar a estimativa da quantidade de parâmetros como metragem de paredes, o número e o tamanho de portas e área de fachada externa a partir de uma variável independente como área do pavimento. Os resultados são comparados com diferentes estudos realizados no Brasil com mesmo objetivo. Em geral, foram detectadas diferenças entre os vários estudos comparados. As razões para tais diferenças foram identificadas e explicadas. Quando as regressões apresentavam semelhanças, exploravam-se melhor os dados a fim de possibilitar a criação de um banco de dados para auxiliar na estimativa e avaliação de projetos. Como contribuição importante, este trabalho propõe equações com regressões lineares mais representativas por serem tomadas a partir de médias de diferentes estudos ou por provarem ser mais razoáveis entre os diferentes estudos apresentados.

Palavras-chave: estimativa de parâmetros, avaliação de projetos arquitetônicos, indicadores de desempenho

ABSTRACT

Building parametric estimating is addressed based on a sample of 15 building projects from different parts of Brazil. Apartment buildings ranged from a floor area of 40 to 180 m². Regression analyses were conducted to evaluate quantities of parameters like partition walls footage, number and size of doors and external façades area as estimated by an independent variable like floor surface. Results are compared with several different studies conducted in Brazil with the same objectives. In general differences were found between the several studies under comparison. Reasons for such differences were sought and explained. Whenever similarities were consistently arrived at they were better explored in order to create data banks that might prove useful for estimating and design evaluation. As a major contribution this work proposes linear regression equations that are deemed to be the most representative ones, either taken from averages from different studies, or from the ones that proved to be more reasonable among the different studies. Such equations are further compared to the ones arrived at this particular study with 15 building projects.

Keywords: parametric estimating, building design evaluation, performance indicators

1. INTRODUÇÃO

A análise de variáveis geométricas de projetos arquitetônicos já foi abordada em diversos estudos com objetivo de tipificar características das edificações. Seus resultados auxiliam a avaliação da qualidade do projeto, a composição de custos através de estimativas paramétricas, além do planejamento do empreendimento.

Um enfoque dado à análise de projetos é a avaliação quantitativa de suas características. A estimativa de custos através de orçamentos paramétricos e o planejamento dos empreendimentos são os principais benefícios desse estudo. Os pesquisadores relacionaram unidades relevantes dos projetos (área construída, área do pavimento tipo e área do apartamento) com seus elementos funcionais que caracterizam os custos da edificação. O intuito é identificar relações significativas que possibilite a estimativa do orçamento (HIROTA, 1987; OLIVEIRA, 1990; ARAÚJO, 1995; LOSSO, 1995; BRESSIANE, 2003; SOLANO, 2003). Por traz das pesquisas realizadas, identifica-se que muitas características das plantas e os trabalhos realizados pelos projetistas estão presos a algumas relações geométricas.

Outras pesquisas foram realizadas sobre análises qualitativas de projetos com a intenção de avaliar as características de flexibilidade e arranjos geométricos dos ambientes, apresentado críticas ao aproveitamento das áreas oferecidas, através do ponto de vista das preferências dos clientes e dos imóveis oferecidos no mercado (FERNANDEZ e HEINECK, 1998; BRANDÃO, 2002). O último pesquisador aponta o potencial de diferenciação dos projetos como uma fonte de competitividade e que ainda é pouco praticada por empresas construtoras.

Silva (1995) apud Brandão (1997) refere-se ao termo “qualidade da solução do projeto” como o conjunto resultante:

- da concepção espacial e funcional levando-se em conta os valores sócio-culturais e de desempenho técnico e econômico;
- da concepção estética e simbólica que está ligada ao ato criativo, mas também aos valores culturais do ambiente em que esta edificação está se inserindo;
- das especificações técnicas do ponto de vista de comportamento resultante da edificação sob todas as condições de uso ao longo de toda vida útil, respeitando-se inclusive as relações econômicas entre custos iniciais e custos ao longo da vida útil (operação, manutenção, renovação e reposição, inclusive custos de demolição); e,
- das relações que o projeto determina entre as atividades necessárias para a produção que determinam a produtividade a ser atingida no processo de trabalho, e por conseqüências os custos de execução.

Dessa maneira, estudos que apresentem indicadores de qualidade dos projetos auxiliarão na pré-avaliação da configuração dos ambientes propostos com o intuito de abordar cada item descrito acima. A maioria das pesquisas realizadas até hoje abordam a caracterização de tipificação dos ambientes para a formulação dos custos do empreendimento.

Segundo Losso (1995) a preocupação com a caracterização de edifícios no Brasil, com a intenção de estimar seus custos, só se concretizou em um instrumento de aplicação prática quando aconteceu a aprovação da norma brasileira NB 140 em 1965, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Posteriormente foi atualizada pela NBR 12721 – Avaliação de Custos e Preparo de Orçamentos de Construção para Incorporação de Edifícios em Condomínio, em 1992.

O trabalho de Hirota (1987) verifica a viabilidade de desenvolvimento um método de tipificação de projetos de edificações. Além disso, a sua pesquisa faz uma crítica à reformulação da norma brasileira NB – 140/65, com o objetivo de reavaliar o conhecimento técnico na área de Incorporação imobiliária. A pesquisadora realizou um estudo exploratório em 30 edifícios residenciais da cidade de Porto Alegre/RS e analisou estatisticamente variáveis como: áreas de circulação no pavimento tipo, áreas do pavimento térreo, área do pavimento de cobertura, coeficientes de parede interna e externa, índice de compacidade.

Apesar de apresentar poucas variáveis a serem consideradas na tipificação, a pesquisa de Hirota (1987) mostra que tanto a área de viabilidade econômica como o estudo dos componentes da edificação e seus custos necessitam de elementos básicos para o incremento científico sobre o assunto, assumindo um caráter motivador para novos estudos na área.

Oliveira (1990) amplia o escopo do estudo realizado por Hirota (1987) e delinea outras relações entre variáveis geométricas a partir de 86 prédios da cidade de Porto Alegre/RS. Além das relações entre as características do pavimento tipo, o estudo apresenta regressões para os compartimentos do apartamento. Sua pesquisa tem o objetivo de auxiliar a modelagem para estimativa de custos das edificações através das relações típicas entre unidades do projeto, não fazendo ainda nenhuma abordagem quanto à qualidade dos projetos. Ela acredita que caracterizando o as unidades habitacionais através de sua forma e tamanho pode-se avaliar a representatividade do compartimento quanto aos serviços inerentes ao local.

Losso (1995) segue essa mesma linha de estudos para vinte projetos arquitetônicos e sete orçamentos detalhados de edificações residenciais de uma empresa de construção civil da cidade de Curitiba/PR. A pesquisa apresenta relações entre as variáveis geométricas características das edificações de acordo com os insumos de maior peso na curva ABC, verificado na análise dos orçamentos detalhados.

Bressiani (2003) analisa as relações entre características geométricas importantes para o levantamento de quantitativos através de uma amostra de dez projetos arquitetônicos. Além disso, faz uma revisão desses índices propostos por outros autores e através de um exemplo compara-os com os dados extraídos de seu estudo. A sua conclusão é que embora existam algumas diferenças entre os autores estudados, o resultado mostra a eficiência da utilização de indicadores na elaboração de estimativas preliminares de custos.

O presente estudo deseja abranger as relações geométricas proposta pelos pesquisadores, através de uma análise de dados sobre quinze plantas de pavimento tipo. O objetivo é confirmar a aproximação entre os modelos anteriores, comparando-os com os dados obtidos neste estudo, além de propor outras relações que demonstrem uma melhor regressão e características quantitativas dos projetos, que possibilite avaliar sua qualidade arquitetônica como proposto por Brandão (2002).

2. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento de atributos em 15 folders e plantas do pavimento tipo, em escalas apropriadas, de empreendimentos que estão sendo ofertados nas cidades de Florianópolis/SC, Fortaleza/CE, Porto Alegre/RS, Curitiba/PR, Natal/RN e Belém/PA. Os projetos apresentam diversas tipologias, pavimentos tipo de dois a oito apartamentos por andar, com áreas variando de 40 m² a 180 m² e dois a quatro quartos por apartamento.

O estudo foi dividido em duas partes. A análise dos dados relativos ao apartamento, onde revela aspectos ligados a seus compartimentos e os dados relativos ao pavimento tipo. Todos através de regressões lineares, procurando identificar novas relações e comprovar as já abordadas por outros autores através de comparações gráficas.

2.1 Atributos levantados

Os dados foram levantados através da utilização do escalímetro nas plantas reproduzidas dos folders e de ferramentas métricas do programa AutoCAD 2004 para as plantas digitalizadas. Dentre os atributos extraídos pode-se destacar os apresentados na tabela 1:

Tabela 1: atributos levantados nos projetos

Para o apartamento	Para o pavimento tipo
<p>Área total; Área útil; Área e perímetro dos quartos, banheiros, salas, cozinha, área de serviço, sacadas, circulação íntima, hall de entrada e despensa quando existia; Perímetro mobiliável dos quartos, salas, cozinha, área de serviço, e despensa quando existia; Índice de mobiliamento;</p> <p>Área de piso frio; Área ligada a serviços; Área íntima; Número total de banheiros; Número de portas;</p>	<p>Área total do pavimento; Áreas de circulação vertical e horizontal; Metragem de paredes internas;</p> <p>Perímetro externo;</p> <p>Área de projeção das paredes do pavimento tipo, considerando uma espessura de 15 cm; Índice de compactidade; Número de apartamentos por andar.</p>

2.2 Relações obtidas em outras pesquisas

Tabela 2: relações obtidas

Relações com a área dos compartimentos

Regressões	Hirota (1987)	Oliveira (1990)	Araújo (1995)	Losso (1995)	Solano (2003)	Bressiani (2003)	Silveira (2006)
Perímetro da Sala x Área da Sala		$y = 9,72 + 0,44x$				$y = 0,4969 + 8,8482$	$y = 0,7067x + 5,1302$
Perímetro da Cozinha x Área da Cozinha		$y = 5,54 + 0,81x$		$y = 5,59 + 0,74x$			$y = 0,7753x + 5,0955$
x Perímetro da Lavanderia x Área da Lavanderia		$y = 3,52 + 1,21x$		$y = 3,82 + 1,05x$		$y = 1,0315x + 4,1613$	$y = 0,9833x + 4,3397$

Relações com a área do apartamento

Regressões	Hirota (1987)	Oliveira (1990)	Araújo (1995)	Losso (1995)	Solano (2003)	Bressiani (2003)	Silveira (2006)
Área da Sala x Área Útil do Apartamento		$y = 5,50 + 0,20x$				$y = 0,2357x + 3,9626$	$y = 0,1948x + 5,1605$
Área da Cozinha x Área Útil do Apartamento		$y = 2,81 + 0,07x$				$y = 0,0867x + 1,3531$	$y = 0,0804x + 0,2142$
Área da Lavanderia x Área Útil do Apartamento		$y = 0,09 + 0,05x$				$y = 0,0499x + 0,1762$	$y = 0,0198x + 1,3958$
Área de Circulação Interna x Área Útil do Apartamento		$y = 0,49 + 0,03x$					$y = 0,0161x + 2,0098$

Relações com a área do pavimento tipo

Regressões	Hirota (1987)	Oliveira (1990)	Araújo (1995)	Losso (1995)	Solano (2003)	Bressiani (2003)	Silveira (2006)
Metragem de Paredes externas x Área do Pavimento Tipo	0,329 m/m ²	$y = 47,95 + 0,15x$	$y = 1,5837 + 0,2988x$		0,30 m/m ²	$y = 0,1289x + 55,279$	$y = 0,1597x + 44,323$
Metragem de Paredes Internas x Área do Pavimento Tipo	0,461 m/m ²	$y = -35,14 + 0,61x$	$y = 13,148 + 0,3802x$		0,47 m/m ²	$y = 0,6524x - 53,698$	$y = 0,4946x - 0,3719$
Área de Circulação Horizontal x Área do Pavimento Tipo	4,55%	5,96%	3,70%	2,70%	9,43%		$y = 0,0869x - 1,7237$
Área de Circulação Vertical x Área do Pavimento Tipo	3,45%	5,76%		5,43%			$y = 0,0076x + 15,735$
Número de Portas no Pavimento Tipo x Área do Pavimento Tipo			$y = 0,9222 + 0,0731x$	0,072 portas/m ²	0,09 portas/m ²	$y = 0,1263x - 5,9386$	$y = 0,0893x + 1,4041$
x Número de Banheiros no Pavimento Tipo x Área do Pavimento Tipo		$y = 16,58 + 0,83x$	$y = 0,1088 + 0,0211x$	2,50%		$y = 0,0195x + 0,079$	$y = 0,019x + 2,1754$
Área de Sacadas x Área do Pavimento Tipo x				0,059 m ² /m ²	14,23%	$y = 0,2028x - 39,761$	$y = 0,0285x + 15,598$

NOTA: na tabela acima as variáveis y e x representam:

Y = parâmetro que se deseja encontrar (perímetro do ambiente, metragem de paredes, número de portas, etc)

X = variável independente (área útil do apartamento, área do pavimento tipo, área da sala, área da cozinha)

As relações obtidas na revisão bibliográfica resultou na tabela 2. Esta baseia-se no trabalho realizado por Bressiani (2003) que mostra uma tabela semelhante. Neste artigo, um maior número de pesquisadores foram abordados e comparados entre si. Vale salientar que o pesquisador Silveira (2006) refere-se aos resultados obtidos pelos atributos analisados nesta pesquisa.

3. ANÁLISE DOS DADOS

3.1 Estudo do apartamento

3.1.1 Sala de estar e jantar

Na regressão entre a área útil do apartamento e a área da sala verifica-se um R^2 de 68,86%, valor entre o encontrado por Oliveira (1990) de 60,54% e o de Bressiani (2003) de 88,86%. A forte relação encontrada por Bressiani (2003) deve-se a proximidade entre as características das plantas arquitetônicas por ela analisada. A correlação entre a área da sala e área do apartamento, mostra um R^2 um pouco maior, 70,51%, e garante que todas as áreas do apartamento sejam consideradas para regressão.

Segundo a pesquisa de Bressiani (2003) existe uma relação entre a área média das salas e a área útil média dos apartamentos de 0,30 m^2/m^2 , ou seja, a área da sala representa 30% da área útil do apartamento, um valor próximo ao encontrado por Oliveira (1990) de 30,64%. A presente pesquisa observou um valor de 25%, no entanto essa porcentagem deve-se a variedade de tipologias analisadas.

3.1.2 Cozinha

A regressão encontrada entre a área do apartamento e a área da cozinha supera a encontrada por outros autores. Este estudo demonstra uma linha de tendência, ou seja a aproximação dos dados a composição de uma reta, (R^2) de 84,49%, enquanto que Oliveira (1990) obtém 75,52% e Bressiani (2003) encontra 81,54%. Mais uma vez a correlação com a área total do apartamento demonstra um melhor R^2 de 86,65%. A média obtida para razão entre área média da cozinha e a área útil média dos apartamentos apresenta um valor de 0,095 m^2/m^2 , dessa forma 9,5% da área útil do apartamento é destinada à cozinha. Já o estudo de Bressiani (2003) demonstra um valor de 11%.

Comparando-se os modelos na figura 1 pode-se verificar que o modelo proposto apresenta-se distante dos outros pesquisadores. O valor aqui obtido é inferior ao proposto por Oliveira (1990) de 50% para apartamentos de 40 m^2 até 8% para apartamentos de 150 m^2 e inferior ao de Bressiani (2003) de 37,5% até 14,3%.

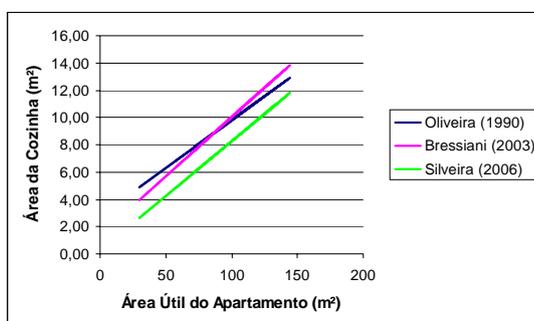


Figura 1: comparação dos modelos propostos

O perímetro mobiliável da cozinha é um índice que também pode expressar a qualidade do projeto, já que a cozinha é avaliada pela quantidade de mobiliamento que ela pode receber. Através da regressão entre o perímetro mobiliável da cozinha e a área útil da cozinha encontrou-se um R^2 de 63,44%, um valor baixo talvez pela grande área destinada a circulação e grande quantidade de portas, já que esse ambiente está em contato com a entrada de serviço, sala, e área de serviço.

3.1.3 Lavanderia

As plantas analisadas apresentaram uma regressão distinta da apresentada por outros autores quando se relaciona a área útil do apartamento com a área da lavanderia, mesmo que esta seja feita com a área total do apartamento. Segundo Oliveira (1990) o R^2 encontrado foi de 81,05% e a de Bressiani (2003) foi de 85,51%. Essa disparidade pode ser ocasionada pela valorização dessa área em algumas tipologias.

A diferença observada não se limita apenas ao observado pelos dados anteriores. O índice médio entre a área da lavanderia e área útil do apartamento obtido nesse estudo foi de 0,036 m^2/m^2 , ou seja, a lavanderia representa 3,6% da área útil do apartamento. Enquanto isso, os estudos de Oliveira (1990) e Bressiani (2003) apresentaram

respectivamente 5,3% e 5,26%. A figura 2 compara os autores e mostra a semelhança entre os modelos dos autores Oliveira (1990) e Bressiani (2003), como também a diferença entre o encontrado pelo presente estudo, obtendo-se um valor 59% inferior ao alcançado pelas outras pesquisas para 150 m² de área do apartamento.

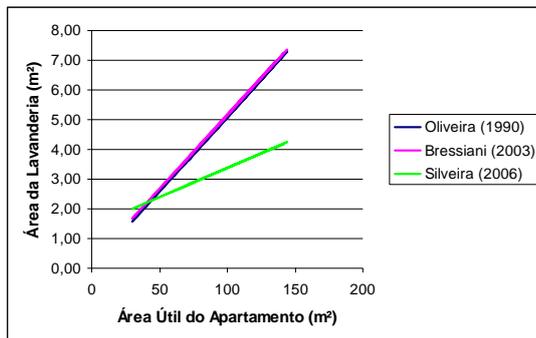


Figura 2: comparação entre os autores

3.1.4 Banheiros

A regressão feita neste trabalho difere das encontradas em outras bibliografias por estas apresentarem apenas a relação entre a área útil do apartamento e a área do banheiro social não tendo uma boa aderência dos pontos a reta, Oliveira (1990) obteve 63,66% e Bressiani (2003) apenas 27,48%. Este trabalho propôs mostrar a correlação existente entre a área do apartamento e a soma das áreas de todos os banheiros do apartamento, alcançando uma aderência de 89,24%.

Outra regressão que pode ser observada com sucesso foi a relação entre a área do apartamento e o número total de banheiros no apartamento, alcançando um R² de 86,18%, tendo-se em média uma relação de um banheiro para cada 33 metros quadrados de área útil do apartamento.

Segundo Brandão (2002) um maior número de banheiros tende a expressar também um melhor padrão de conforto para o apartamento. Para ele a relação entre número de banheiros e área varia de um mínimo de 0,01 a 0,06 banheiros por metro quadrado, estando a média em 0,025, ou seja, um banheiro para cada 40 metros quadrados, um valor bem aproximado ao encontrado nesse estudo.

As outras pesquisas representaram a relação do número de banheiros com a área do pavimento tipo, o que dificulta a compreensão da unidade no apartamento. Apesar disso, com o intuito de verificar a aproximação com os estudos anteriores fez-se a regressão entre esses fatores e foi observado um baixo R², além de uma diferença considerável entre os autores de até 41% nos pavimentos de 200 m².

3.1.5 Área de sacada

A área destinada à sacada apresenta uma regressão relativamente baixa com a área do apartamento (R² = 55,86%) principalmente devido variedade de tipologias arquitetônicas. Em média a sacada tem uma relação de 0,10 m² por metro quadrado do apartamento, ou seja, 10% de sua área.

Outros autores relacionaram a área de sacada com a área do pavimento tipo, mas para esse estudo não foi possível apresentar um R² satisfatório, apenas 0,087. A média obtida foi de 0,064 m²/m², próximo ao obtido por Losso (1995) de 0,059 m²/m². O trabalho de Bressiani (2003) apresentou uma regressão de 71,71% para essa relação, mas seu modelo não admite áreas destinadas a sacadas para edifícios com área inferior a 200 m². A porcentagem média dessa área na pesquisa de Solano (2003) apresentou valor igual a 14,23% da área do pavimento tipo. Dessa forma, a figura 3 mostra que nenhum autor apresenta um modelo aproximado ao outro.

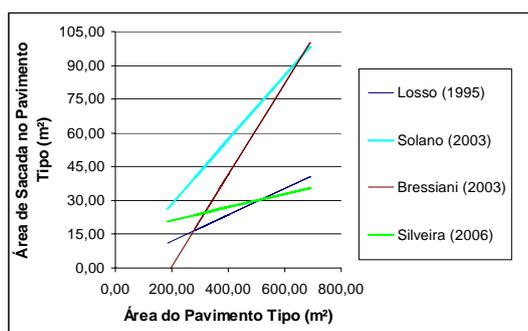


Figura 3: relação entre valores obtidos pelos autores

3.1.6 Setores do Apartamento

Neste item são calculadas as proporções das áreas dos setores em relação à área total do apartamento. Na média geral, considerando toda a amostra, o setor íntimo participa com 45% da área total, o social com 36% e o de serviço com 19%.

Segundo Brandão (2002) as áreas médias dos setores íntimo e social crescem a uma taxa maior que as do setor de serviço, demonstrando não haver acréscimo de peças (cozinha, área de serviço, quarto e banheiro de empregada) neste último. Este fato pode indicar também que estes cômodos, considerados de apoio ou secundários, não necessitem ter suas áreas muito aumentadas mesmo nos apartamentos maiores. Este fato pode comprovar o baixo R^2 observado na correlação entre a área do apartamento e a lavanderia.

A regressão para a área de piso frio apresentou um R^2 de 90,54% quando relacionada com a área total do apartamento e 94,40% quando comparada com a área útil do apartamento, valores superiores aquele alcançado por Bressiani (2003) de 85,11% relacionando com a área útil do apartamento. Em média representa certa de 37% da área útil do apartamento.

A área destinada à circulação interna do apartamento é constituída pela área de circulação íntima e a área do hall de entrada do apartamento. A sua regressão com a área do apartamento apresentou um baixo R^2 , 12,86%. observou-se que para uma mesma área de apartamento tem-se área de circulação bem diferenciada, onde denota o baixo aproveitamento, em alguns casos, dá área do apartamento em detrimento a uma grande área de circulação.

3.2 Estudo do pavimento tipo

3.2.1 Perímetro externo

A relação entre a área do pavimento tipo e o seu perímetro externo apresentou um R^2 igual a 79,41%, superior ao encontrado por Bressiani (2003) igual a 32,64%, que justificou esse baixo valor pela quantidade de reentrâncias nas fachadas dos prédios estudados por ela. O valor foi próximo ao encontrado por Oliveira (1990) que obteve 69,66%. A média obtida difere de todos os trabalhos já apresentados, segundo Hirota (1989), Oliveira (1990), Araújo (1990) e Bressiani (2003) esse valor é 0,33 m/m², 0,35 m/m², 0,31 m/m² e 0,34 m/m² respectivamente, enquanto que o encontrado nesse estudo foi de 0,27 metros de perímetro externo para cada metro quadrado de pavimento tipo, ou seja, uma diferença de no mínimo 15%.

A figura 4 mostra o modelo proposto pelos autores.

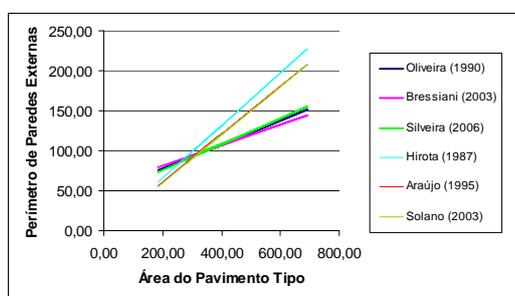


Figura 4: relação entre valores obtidos pelos autores

Observa-se que mesmo apresentando as diferenças comentadas anteriormente o modelo proposto, o de Bressiani (2003) e Oliveira (1990) possuem equações bem aproximadas.

3.2.2 Índice de Compacidade

O índice de compacidade é definido como a relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes exteriores do projeto (MASCARÓ, 1985 apud BRANDÃO, 2002).

O índice de compacidade médio observado nesse estudo se mantém aproximado daqueles obtidos nos estudos anteriores, valor esse igual a 65,57%. O estudo de Hirota (1987) obteve 68,35% , Oliveira (1990) 66,30%, Losso (1995) 66,11%, Araújo (1995) 64,75%, Bressiani (2003) 65,08% e Solano (2003) 69,70%.

Desde 1978, o trabalho de Rosso (1978) indica que o índice de compacidade dos edifícios residenciais variam entre 46,9% e 64,00%, mas segundo Olivera e Lantelme (1993) apud Losso (1995) para cada faixa de área existem intervalos em que o índice de compacidade pode ser analisado como ruim, bom ou ótimo.

A área média do pavimento tipo das plantas analisadas nesse estudo apresenta 411,23 m². Apesar de não está representada a faixa para esse valor no intervalo adotado por Oliveira e Lantelme (1993), sabe-se pelos valores observados nos outros trabalhos e através dos valores abordados no intervalo que o índice de compacidade praticado em média é considerado bom.

3.2.3 Paredes internas

A relação da área do pavimento tipo com o perímetro de paredes internas do tipo apresentou um R² de 77,95% e em média 0,49 m para cada metro quadrado de pavimento tipo. A média aproxima-se do valor obtido por Hirota (1987) de 0,50 m/m² e um coeficiente de variação de 14%, como também de Oliveira (1990) de 0,47 m/m², mas o seu modelo com pode-se observar na figura 5 é semelhante ao proposto por Bressiani (2003) que apresentou uma média de 0,44m/m². Apesar da semelhança entre as médias de cada autor, nota-se uma diferença significativa entre os modelos quando as áreas do pavimento tipo são extrapoladas para valores maiores de 400m².

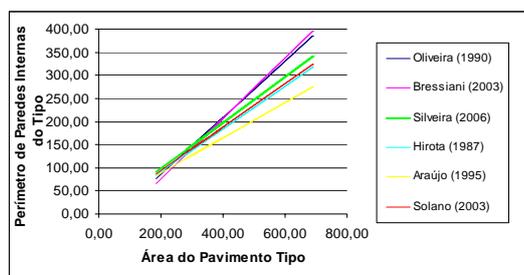


Figura 5: relação entre valores obtidos pelos autores

Considerando uma espessura média para paredes de 15 cm, a área de projeção das paredes do tipo apresentou uma boa regressão com a área do pavimento tipo (R²=87,24), dessa forma podendo representar em média 11,42% da área do pavimento tipo.

3.2.4 Áreas de circulação

Na tentativa de se obter resultados favoráveis com relação às áreas de circulação do pavimento tipo foram feitas regressões entre esta e as áreas de circulação horizontal, vertical e circulação total do pavimento tipo. Observou-se uma baixa relação entre as variáveis. Acredita-se que esse resultado foi devido à variedade de tipologias e regiões avaliadas. Por exemplo, a área de circulação horizontal dependerá da quantidade e da disposição dos apartamentos no pavimento tipo, o que irá representar a área de acesso a esses apartamentos.

No caso da regressão entre a área do pavimento tipo e a circulação horizontal, obteve-se um R² de 32,81% e uma média de 0,0827m²/m², ou seja, 8,27%, valor este consideravelmente distante daqueles encontrados pelos outros pesquisadores. Hirota (1987) obteve uma média de 4,55%, Oliveira (1990) 5,96%, Araújo (1995) 3,70%, Losso (1995) 2,70% Solano (2003) 9,43%. A figura 6 mostra a comparação entre os modelos propostos e como essa regressão não apresenta aproximação com as demais, com diferenças superiores a 50%.

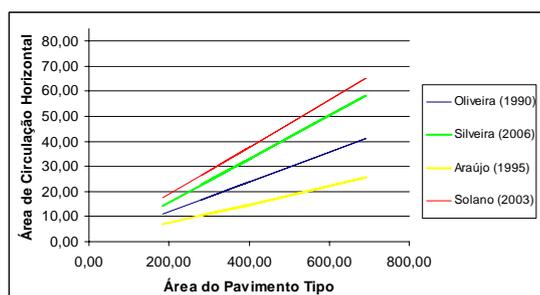


Figura 6: relação entre valores obtidos pelos autores

O R^2 encontrado para a relação com a circulação vertical foi baixo, 11,20%. O valor deve-se a essa área possuir um intervalo de variação pequeno mesmo com áreas de pavimento tipo grande. Dessa forma, o valor médio encontrado foi de 0,046 m²/m², distante daqueles propostos por Oliveira (1990) que obteve 0,0576 m²/m² e Losso (1995) 0,0543 m²/m².

A regressão entre a área do pavimento tipo e área ocupada pela circulação total (horizontal + vertical) também não apresentou um R^2 considerável, 32,10%. A média para essa área foi então de 12,86% da área do pavimento tipo. Diferente disso, Hirota (1987) encontrou uma média de 8,00%.

Na tentativa de expressar a correspondência entre a área de circulação e a quantidade de apartamentos por pavimento encontrou-se uma boa correlação entre a circulação horizontal e a quantidade de unidades por andar com um R^2 de 91,49%. O mesmo não pode ser observado para a circulação vertical, com um $R^2 = 23\%$. Acredita-se dessa maneira que a área de circulação vertical está presa a uma constante pouco variável, por ser formada pela área destinada aos elevadores e escada que em média são padronizadas ou muitas vezes repetidas por projetistas.

4. CONCLUSÃO

Cada decisão tomada pelo arquiteto em seu projeto significa uma opção para solucionar um ou mais aspectos da obra que, de alguma forma, condiciona o comportamento e o desempenho do todo (edifício) tanto do ponto de vista econômico como o funcional (MASCARÓ, 1981).

Hammarlaund e Josephson (1992) apud Brandão (1997) atribuem para a fase de elaboração do projeto arquitetônico a responsabilidade de redução de custos e falhas do edifício. Afirmam ainda que características geométricas de projetos representam a metade dos custos da qualidade, ou seja, aqueles que aparecem após a entrega da obra e cerca de 25% derivam da execução do trabalho.

Segundo Melhado (1994) o investimento em prazo e custo do projeto deveria assumir um papel diferenciado do que é praticado, ou seja, seria necessário um maior investimento inicial, envolvendo custos iniciais maiores além de tempo maior dedicado à sua elaboração.

O estudo dos indicadores dessa pesquisa é uma ferramenta para criação de sensibilidade na análise crítica de projetos arquitetônicos, o que torna possível a pré-avaliação de suas características antes de alguma tomada de decisão, principalmente tratando-se do auxílio na estimativa de composições de custos e planejamento do empreendimento.

Os indicadores podem ainda, subsidiar uma estimativa de custos mais confiável em orçamentos paramétricos por abordar os valores obtidos por diversos estudos e analisar os modelos que mais se aproximam, bem como as melhores regressões.

Uma avaliação mais crítica dos projetos pode ainda ser explorada através da associação dessas variáveis a parâmetros qualificadores, tais como satisfação do usuário entre outros.

A comparação entre as pesquisas realizadas demonstrou uma diferença muito grande em alguns casos, como por exemplo, as circulações do pavimento tipo, áreas de sacada e área da lavanderia. Os demais compartimentos do apartamento apresentaram regressões com diferenças muito baixas. Algumas regressões desse estudo demonstraram melhores resultados quando se relacionou a área total do apartamento e não como proposto por outras pesquisas, com a área útil do apartamento.

As informações e os dados analisados nesse estudo representam uma amostra pequena, mas os resultados obtidos se aproximaram daqueles que estudaram uma grande amostra, como Oliveira (1990) e Brandão (2002). Com isso, pode-se afirmar a sua validade e representatividade, além de demonstrar que as características das edificações e suas relações geométricas têm perpetuado durante todo esse período em que ocorrem estudos sobre as edificações.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V.; ARAÚJO, J. L. S.; HEINECK, L. F. M. Aspectos geométricos e indicadores de qualidade para casas de classe média. Brasil - Piracicaba, SP. 1996. 8p. In: Encontro Nacional de Engenharia da Produção, 16°, Piracicaba, SP, 1996. Artigo técnico.

BRANDÃO, D. Q. **Flexibilidade, variabilidade, e participação do cliente em projetos residenciais multifamiliares: conceitos e formas de aplicação em incorporações.** Brasil - Florianópolis, 1997. 252 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação de engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

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

BRESSIANI, L. Análise de variáveis geométricas utilizadas nas estimativas preliminares de custo. Florianópolis, 2003. Trabalho apresentado como requisito de avaliação da disciplina Aplicação da Engenharia de Produção na Construção Civil, ministrada pelo professor Luiz Fernando M. Heineck, PhD. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

FERNANDEZ, J. A. C. G.; HEINECK, L. F. M. Modelo para avaliação qualitativa de projetos arquitetônicos, sob a ótica do usuário. Brasil - Niterói, RJ. 1998. 8p.. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Niterói, 1998.

HIROTA, E.H. **Estudo Exploratório sobre a Tipificação de Projetos de Edificações, visando a Reformulação da Norma Brasileira NB-140/65.** Porto Alegre, 1987, 153p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1987.

LOSSO, I. R. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo: estudo de caso em uma empresa de construção.** Florianópolis, 1995. 146p. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

MASCARÓ, J. L. Aspectos econômicos das decisões arquitetônicas. Brasil - São Paulo, SP. 1981. p. 753-762. Simpósio Latino-Americano de Racionalização da Construção e sua Aplicação às Habitações de Interesse Social, São Paulo, 1981. Artigo técnico.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** São Paulo, SP. 1994. 310 p. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, M. **Caracterização de Prédios Habitacionais de Porto Alegre através de Variáveis Geométricas – uma Proposta à partir das Técnicas de Estimativas Preliminares de Custo.** Porto Alegre, 1990, 125p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1990.

ROSSO, T. Aspectos geométricos do custo das edificações. Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. Salvador, 1978.

SOLANO, R. S. Indicadores geométricos, mão de obra e custos: edificações alto padrão em Porto Alegre. Florianópolis, 2003. Trabalho apresentado como requisito de avaliação da disciplina Gerenciamento de Empreendimentos, ministrada pelo professor Luiz Fernando M. Heineck, PhD. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.