

Raquel Resende Rocha

Técnicas de Geoprocessamento
Aplicadas à Avaliação de Imóveis.
Estudo de Caso: Região Central de
Ibirité

VIII Curso de Especialização em
Geoprocessamento
2005



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

RAQUEL RESENDE ROCHA

**TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS À
AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS. ESTUDO DE CASO: REGIÃO
CENTRAL DE IBIRITÉ**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento, Curso de Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Marcos A. Timbó

BELO HORIZONTE
DEZEMBRO/2005

ROCHA, Raquel Resende.

Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas à Avaliação de Imóveis. Estudo de Caso: Região Central de Ibirité. Belo Horizonte, 2005.

vii, 44 f., il.

Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2005.

1. Geoprocessamento. 2. Avaliação de Imóveis. 3. Regressão Linear Múltipla. 4. Avaliação por Múltiplos Critérios - I. Título.

*À Maria Lindaura e Rodrigo
... meu amor e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida.

Ao professor Marcos A. Timbó pelos ensinamentos transmitidos, dedicação e orientação.

Às professoras Marlene Salete Uberti - UFRRJ e Ana Clara Mourão Moura – UFMG por conceberem o magistério como um exercício permanente de amor. E também pela atenção e valiosa contribuição na realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Especialização em Geoprocessamento, em especial à professora Maria Márcia Magela Machado.

Aos monitores, em especial a Charles Rezende de Freitas e Christian Rezende de Freitas, pelo tempo despendido, dedicação e atenção.

À Secretária Municipal de Planejamento de Ibirité - SEPLAN, em nome do Sr. Cleiber Ciolette Ferreira, pela disponibilização da base cartográfica digital e informações referentes aos imóveis.

Ao Engenheiro Civil Mário Lúcio Moreira pela confiança e incentivo.

Aos colegas Telma Lacerda pela valiosa contribuição, Maria Cristina Oliveira e Érico de Oliveira pela atenção e amizade.

A Rodrigo Paixão de Melo pela dedicação, disponibilidade e compreensão nos momentos de ausência.

À minha mãe, Maria Lindaura de Rezende, pelo exemplo de amor, dedicação e força.

Aos meus irmãos Tânia, Acrísio, Rovênia, Jader e Robson Rocha pelo amor e inestimável incentivo em todos os meus passos.

“O que é que se encontra no início? O jardim ou o jardineiro? É o jardineiro. Havendo um jardineiro, mais cedo ou mais tarde um jardim aparecerá. Mas, havendo um jardim sem jardineiro, mais cedo ou mais tarde ele desaparecerá. O que é um jardineiro? Uma pessoa cujo pensamento está cheio de jardins. O que faz um jardim são os pensamentos do jardineiro. O que faz um povo são os pensamentos daqueles que o compõem.”

Rubem Alves

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	Apresentação.....	8
1.2	Objetivos.....	9
1.2.1	Objetivo Geral.....	9
1.2.2	Objetivos Específicos.....	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1	Avaliação de Imóveis.....	10
2.1.1	Valor de Mercado.....	12
2.1.2	Níveis de Rigor e Métodos de Avaliação.....	13
2.1.3	Regressão Linear Múltipla.....	14
2.1.4	Variáveis Influentes.....	16
2.2	Cadastro Técnico Multifinalitário.....	17
2.3	Geoprocessamento.....	18
2.3.1	Sistemas de Informação Geográficos - SIGs.....	19
2.3.2	Avaliação por Múltiplos Critérios.....	19
2.3.3	Utilização de Técnicas de Geoprocessamento na Avaliação de Imóveis.....	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1	Caracterização da Área de Estudo.....	22
3.2	Metodologia Aplicada.....	23
3.2.1	Materiais e Equipamentos Utilizados.....	24
3.2.2	Pesquisa de Mercado.....	24
3.2.3	Definição das Variáveis Influentes.....	25
3.2.4	Coleta de Dados.....	28
3.2.5	Estruturação da Base Cartográfica Digital em Ambiente SIG.....	28
3.2.6	Geração e Extração de Dados.....	29
3.2.7	Análise das Variáveis.....	29
3.2.8	Formulação do Modelo de Regressão Linear Múltipla.....	30
3.2.9	Elaboração do Mapa de Valores Estimados por Regressão Linear Múltipla.....	32
3.2.10	Aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios.....	32
	3.2.10.1 Análise das Correlações.....	33
	3.2.10.2 Análise da Variação entre os Elementos de cada Variável.....	33
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	34
4.1	Método de Regressão Linear Múltipla.....	34
4.2	Método de Avaliação por Múltiplos Critérios.....	345
4.3	Regressão Linear Múltipla versus Avaliação por Múltiplos Critérios.....	347
5	CONCLUSÃO.....	39
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	40

LISTAS DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização da área de estudo.	22
Figura 3.2 - Região Central (Imagem Ikonos).	23
Figura 3.3 - Fluxograma das etapas do trabalho.	24
Figura 3.4 - Distribuição da variável “frente do lote”.	25
Figura 3.5 - Distribuição da variável “área”.	26
Figura 3.6 - Distribuição da variável “distância à via principal”.	26
Figura 3.7 - Distribuição da variável “sentido predominante da topografia por lote”.	27
Figura 3.8 - Distribuição da variável “coeficiente de aproveitamento”.	27
Figura 3.9 - Distribuição dos terrenos avaliados na amostragem.	28
Figura 3.10 - Elaboração do mapa pelo Método de Regressão Linear Múltipla.	32
Figura 3.11 - Aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios.	33
Figura 4.1 - Preço.	34
Figura 4.2 - Reta da Normalidade.	34
Figura 4.3 - Mapa de valores estimados pelo Método de Regressão Linear Múltipla.	35
Figura 4.4 - Mapa de valores estimados pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios I.	36
Figura 4.5 - Mapa de valores estimados pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios II.	36
Figura 4.6 - Comparativo entre os valores estimados pelo Método de Regressão Múltipla e pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios I.	37
Figura 4.7 - Comparativo entre os valores estimados pelo Método de Regressão Múltipla e pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios II.	37

LISTAS DE TABELAS

Tabela 3.2 - Amostragem.	31
Tabela 3.3 - Ponderação através da correlação entre cada variável e o preço do imóvel.	33
Tabela 3.4 - Ponderação através da variação entre os elementos de cada variável.	33

RESUMO

O presente trabalho apresenta a aplicação de técnicas de Geoprocessamento na avaliação de imóveis urbanos como possibilidade de melhoria na precisão e qualidade das informações, geração de saídas gráficas e relacionamento de dados estatísticos no contexto espacial, fornecendo subsídios para tomadas de decisões a respeito de valores, custos e alternativas de investimentos, envolvendo bens que possam ser espacializados. Os recursos do SIG são utilizados para a extração de informações e elaboração do mapa de valores, estimados pelo Método de Regressão Linear Múltipla, ou através da aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios utilizado com a finalidade de fornecer subsídios para os processos de avaliação.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Os processos de avaliação de um imóvel para fins de tributação são semelhantes aos processos de avaliação para fins de negociação. Porém, para os casos de tributação, na maioria das cidades brasileiras o imposto tributado é quantificado pela mensuração da área e localização do imóvel, ignorando os demais fatores que têm influência direta no valor dos imóveis.

Pode-se observar que os maiores problemas relacionados aos processos de avaliação de imóveis estão associados ao tipo de variável a ser utilizada nos modelos, quais as características devem ser levadas em consideração e o quanto cada uma delas influencia no valor final dos imóveis.

Dentre os modelos matemáticos utilizados nos processos de avaliação imobiliária, pode-se citar os métodos estatísticos, embora eficientes (desde que utilizados por pessoal qualificado), podem vir a ser comprometidos por vários fatores, tais como: a complexidade dos modelos, a dificuldade de implementação, o excesso de variáveis envolvidas e o desconhecimento da relação entre estas variáveis. Incluem-se aqui os modelos de Regressão Linear Múltipla, nos quais descontinuidades e não linearidades podem destruir a eficácia de toda uma análise.

Atualmente, os Sistemas de Informação Geográficos - SIGs vêm sendo utilizados nas mais diversas áreas de pesquisa com resultados bastante satisfatórios. Estudos recentes envolvendo processos de avaliação imobiliária têm utilizado esta ferramenta explorando o banco de dados para análises e como fonte de visualização espacial de características, valores reais e valores estimados. Um modelo proposto por BRONDINO e SILVA (1997) faz uso de dados armazenados em um SIG para avaliar propriedades na cidade de Araçariguama, obtendo como resultado a correção dos valores que estavam subestimados. WEBER e HASENACK (1997) propuseram a associação de técnicas de classificação digital de imagens com técnicas de Geoprocessamento nos processos de avaliação de imóveis rurais. Segundo os autores torna-se possível integrar em um SIG uma série de dados úteis e necessários à avaliação, pois o processo de avaliação de imóveis deve contemplar o componente espacial reduzindo a subjetividade e oferecendo subsídios mais concretos às partes envolvidas.

BRONDINO (1999) comenta que o modelo proposto por AZAR et. al. (1994) utilizam um SIG para identificar as propriedades mais valorizadas em Beirute, atribuindo-se pesos às variáveis e classificando os valores das terras de acordo com seu padrão (as áreas mais valorizadas são pertencentes à classe com declividade menor que 15°, distantes no máximo de 200 m das rodovias e alta visibilidade para o mar e para a cidade).

No presente trabalho objetiva-se incluir na avaliação uma variável de natureza espacial, com o propósito de mensurar o impacto que esta pode causar nos preços, além de considerar coleção de variáveis físicas relacionadas ao imóvel e que foram selecionadas por revisão bibliográfica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar o emprego de técnicas de geoprocessamento, mais especificamente ferramentas dos SIGs, como subsídios aos processos de avaliação de imóveis. As variáveis a serem utilizadas são: a área, a frente do lote (ou testada), o sentido predominante da topografia por lote, o coeficiente de aproveitamento e a distância a pólos valorizantes (que no caso será a distância à via principal), esta última tida como variável mais influente nos valores dos imóveis.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Identificar a influência das variáveis: coeficiente de aproveitamento do solo urbano e distância a pólos valorizantes (ou à via principal, a qual aglomera a maioria dos serviços e comércio local);
- Verificar o potencial de utilização do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios como subsídio aos processos avaliatórios de imóveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordadas algumas considerações sobre a avaliação de imóveis, sobre o Cadastro Técnico Multifinalitário e o Geoprocessamento. A primeira seção aborda os principais conceitos relacionados ao valor de mercado, os níveis de rigor e métodos de avaliação, o método estatístico de Análise de Regressão Linear Múltipla e as variáveis influentes. Na seção seguinte faz-se um breve relato acerca da necessidade de um cadastro confiável e que sirva para múltiplos fins. Para terminar, na terceira seção, são feitas considerações sobre os Sistemas de Informação Geográficos - SIGs, a Avaliação por Múltiplos Critérios e a utilização dos SIGs nos processos de avaliação de imóveis.

2.1 Avaliação de Imóveis

A avaliação de imóveis tem por objetivo estimar o valor de um bem, ou seja, o valor provável pelo qual o mesmo seria transacionado no mercado imobiliário em que está inserido.

DANTAS (1998) ressalta que a determinação do valor é de suma importância em para diversas áreas, dentro e fora do âmbito judicial, servindo para apoiar a tomada de decisões, envolvendo bens de qualquer natureza, em diversas situações tais como a compra, venda ou locações de imóveis, o cálculo de valores para lançamento de tributos, a reavaliação de ativos de empresas, o fornecimento de elementos para o sistema financeiro, nos processos de desapropriações e privatizações, em dinâmica imobiliária, nos processos de demarcação, posse ou indenização e para subsidiar decisões de investimentos.

Com a aprovação do Estatuto da Cidade (LF 10.257/2001) as situações em que as avaliações de imóveis são necessárias foram ampliadas, devido aos instrumentos de política urbana regulamentados, entre os quais estão inclusos o solo criado, a aplicação de IPTU¹ com alíquotas progressivas no tempo e a transferência do direito de construir visando o cumprimento da função social da terra. Para garantir o cumprimento do pressuposto, uma das condições básicas é que a planta de valores genéricos esteja em conformidade com a realidade de preços do mercado imobiliário, e para isso faz-se necessário a estimativa precisa do valor de mercado dos imóveis. Esse cuidado deverá modificar a postura dos administradores em relação ao trabalho dos avaliadores, promovendo a adequação da legislação tributária municipal, eliminando as fórmulas com

¹ IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano

entraves, as quais mascaram ou até mesmo invalidam o trabalho técnico (AVERBECK et. al., 2002).

Para GONZÁLEZ (2000) as variações de preços de imóveis podem ser explicadas pelas diferenças de comportamento econômico entre estes e outros bens, em função de fatores como: o custo elevado, a heterogeneidade, a imobilidade e a durabilidade, bem como a participação simultânea de muitos agentes.

TRIVELLONI e HOCHHEIM (1998) observam que os modelos de avaliação de imóveis têm dificuldades na determinação das variáveis que influenciam no seu valor, sendo que para obter precisão na avaliação muitos fatores devem ser considerados, mas nem sempre é possível chegar a um modelo único que represente a realidade do mercado. As variáveis que influenciam o valor de uma amostra podem não ser as mesmas que para outra, inclusive localizada na mesma região. Em muitos casos é necessário excluir elementos da amostra, por serem muito diferente dos demais e por influenciarem fortemente nos valores gerais da equação de regressão.

Em estudos relacionados ao mercado imobiliário, segundo SILVA e VERDINELLI (2000), o grande número de variáveis (que podem ser quantitativas ou qualitativas) e a não homogeneidade das mesmas exigem a aplicação de métodos estatísticos multivariados. Em avaliações que utilizam como referência uma amostra com características semelhantes há a existência de diferenças entre os seus elementos, o que torna necessário o ajuste dessas diferenças. Sendo assim, tem-se utilizado o Método de Regressão Linear Múltipla tanto para identificar as variáveis que mais influenciam, como para estimar o valor de mercado em avaliações isoladas ou em massa. Porém, não existe um consenso entre pesquisadores se tal método é ou não um método estatístico multivariado (GONZAGA, 2003).

Muitos pesquisadores têm desenvolvido trabalhos em busca de métodos de avaliação de imóveis que resultem em melhorar os critérios de avaliação adotados em todo mundo. BRONDINO (1999), GONZÁLEZ (2000), MACANHAN (2002) e SILVA (1997) relatam alguns estudos realizados com o objetivo de desenvolver metodologias que propiciem obter estimativas cujos valores se aproximem mais da realidade de mercado, utilizando para isto as mais diversas variáveis, bem como recursos disponíveis, entre eles os Sistemas de Informação Geográficos - SIGs, as Redes Neurais Artificiais - RNA, o Raciocínio Baseado em Casos - RBC e a Análise Fatorial de Correspondências Múltiplas e Análise de Classificação.

2.1.1 Valor de Mercado

Segundo DANTAS (1998), o valor pode ser conceituado por duas correntes: a plurivalente, que correlaciona o valor do bem à finalidade para a qual esta sendo avaliado, podendo atingir diversos valores, e a univalente, que define que o valor do bem é único, em determinado momento, independente da finalidade.

Existe uma diversificação conceitual em relação ao uso da palavra “valor” devido ao seu estudo em diversos ramos como gestão da qualidade ou do produto, marketing, administração, economia ou engenharia de avaliações (GONZAGA, 2003). Quando associado à propriedade imobiliária traduz-se em posse, domínio ou desejo de troca, porém se deve atentar para fatores como o tempo, lugar, utilidade e aqueles criados por interesse e que afetam a medida do valor para que não se perca o seu significado real (UBERTI, 2000).

Para GONZÁLEZ (2000) avaliar é buscar o valor, e o valor de mercado é definido como o valor mais provável que um imóvel pode atingir, numa transação e em determinadas condições econômicas.

De acordo com a norma NB-502/89 (NBR 5676) da ABNT, avaliação é a determinação técnica do valor de um imóvel ou de um direito sobre o imóvel. O item 1.3 define que “o valor a ser determinado deve corresponder sempre àquele que, num determinado momento é único, qualquer que seja a finalidade da avaliação, bem como àquele que se definiria em um mercado de concorrência perfeita, caracterizado pelas seguintes exigências:

- *homogeneidade dos bens levados a mercado;*
- *número elevado de compradores e vendedores, de tal sorte que não possam, individualmente ou em grupos, alterar o mercado;*
- *inexistência de influências externas;*
- *racionalidade dos participantes e conhecimento absoluto de todos sobre o bem, o mercado e as suas tendências;*
- *perfeita mobilidade de fatores e de participantes, oferecendo liquidez com liberdade plena de entrada e saída do mercado.”*

TRIVELLONI e HOCHHEIM (1998) explicitam que o valor de mercado corresponde àquele encontrado por um vendedor, que deseja vender, mas não é forçado a tal e por um comprador, que deseja comprar, mas que também não é forçado; sendo que ambos têm conhecimento das condições ofertadas e da utilidade do imóvel. O solo possui valor de uso

porque é indispensável às atividades humanas, e como não pode ser produzido e existe em quantidade limitada, o mesmo assume um valor de troca ou preço (MACHADO, 1997).

Segundo UBERTI (2000), o valor não deve ser confundido com preço, pois o preço de um imóvel, definido como a quantia paga em dinheiro, não é necessariamente igual ao valor de mercado daquele imóvel. Portanto, preço e valor não são sinônimos, sendo que o preço seria coincidente com o valor apenas em um mercado de concorrência perfeita (GONZAGA, 2003). Quando é necessário ter um modelo de avaliação para todos os imóveis, independente de quanto eles se afastam do imóvel médio de uma população, como no caso da avaliação em massa, torna-se necessário considerar mais de um tipo de classe de imóveis.

Em suma, o conceito estabelecido para “valor” não pode ser alcançado, quando se trata de bens imóveis, pois o mercado imobiliário não é de concorrência perfeita. O que se consegue na prática é estimar o valor de um bem através de técnicas adequadas, mas deve-se lembrar que as imperfeições do mercado estão presentes (DANTAS, 1998).

2.1.2 Níveis de Rigor e Métodos de Avaliação

A NB-502/89 (NBR 5676) estabelece quatro níveis distintos de rigor para realização de uma avaliação, com gradação crescente de refinamento matemático e fundamentação, sendo eles:

- expedito: baseado na subjetividade, não utilizando qualquer método matemático, não exige número mínimo de elementos;
- normal: o tratamento dado aos elementos da amostra deve utilizar fatores determinísticos, exige um número mínimo de elementos maior ou igual a 5;
- de precisão: o tratamento dado aos elementos da amostra deve utilizar a estatística descritiva, homogeneizando-se os elementos da amostra, exige um número mínimo de elementos igual a $k + 5$, sendo k o número de regressores da equação;
- de precisão rigorosa: o tratamento dado aos elementos da amostra deve utilizar a inferência estatística, exige um número mínimo de elementos igual a $2k + 5$ ou $3k$, sendo k o número de regressores da equação.

O valor do imóvel a ser estimado será o resultado do emprego de um método de avaliação, que em algumas circunstâncias poderá ser conjugado com outros, sendo classificado pela norma brasileira como diretos ou indiretos.

Conforme dito anteriormente os métodos de avaliação são classificados de acordo com a NB-502/89 (NBR 5676) em:

- Métodos Diretos
 - ✓ Comparativo de Dados de Mercado;
 - ✓ Comparativo de Custo de Reprodução.
- Métodos Indiretos
 - ✓ Da Renda;
 - ✓ Involutivo;
 - ✓ Residual.

Para MACANHAN (2002) o objetivo da avaliação é fator fundamental na escolha do método apropriado para proceder à avaliação de forma a utilizar os parâmetros adequados. A definição do método mais adequado depende, além do objetivo da avaliação, das condições do mercado e das informações coletadas (DANTAS, 1998).

Nos modelos inferenciais o valor do imóvel é determinado pelo Método Comparativo de Dados de Mercado baseado em regressões múltiplas, o qual estima o valor do imóvel, tendo por base uma amostra com elementos, transacionados em período próximo à data da avaliação, que possuem características semelhantes ao do imóvel a ser avaliado (GONZAGA, 2003).

Existem diferenças entre as técnicas de avaliação individual ou em massa, devido aos objetivos e precisão desejada, mas a base é idêntica. Para se avaliar um imóvel individualmente ou o conjunto deve-se empregar um método, como a inferência estatística, para ajustar as variáveis, que serão analisadas dentro do modelo de regressão múltipla, verificando se devem ou não fazer parte do modelo e a qual nível de significância (GONZÁLEZ, 2000).

2.1.3 Regressão Linear Múltipla

A análise de regressão consiste de métodos gráficos e analíticos visando explicitar as relações entre as variáveis independentes e a dependente, permitindo estimar valores para a variável dependente e verificar quais variáveis influenciam mais no valor estimado (SILVA, 1997).

De acordo com GONZÁLEZ (2000) o modelo convencional de Regressão Linear Múltipla segue o formato:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_k X_k + \varepsilon_\alpha = Y_h + \varepsilon_\alpha$$

Onde:

Y - variável dependente ou explicada;

X_1, \dots, X_k - variáveis independentes, explicativas ou co-variáveis;

α_0 - parâmetro estimado para a constante da equação;

$\alpha_1, \dots, \alpha_k$ - parâmetros estimados para os coeficientes de regressão;

ε_α - termo de erro (desvio da estimativa);

Y_h - estimativa para a variável dependente, calculada em função das variáveis independentes.

O autor cita que o modelo de regressão múltipla deve seguir os pressupostos:

- os resíduos são variáveis aleatórias com valor esperado nulo e variância constante;
- os resíduos devem ser independentes, os quais seguem distribuição normal, não existindo autocorrelação;
- não deve existir relação linear exata entre quaisquer variáveis independentes;
- as variáveis independentes devem ser reais e não podem ser aleatórias;
- o número de observações deve ser maior que o de coeficientes a ser estimado;
- não existir observações atípicas aos modelos, denominadas outliers.

Segundo GONZÁLEZ (2000) em geral ocorre quebra desses pressupostos, sendo comum a multicolinearidade, *outliers* e não-linearidade dos elementos, devido às particularidades e dificuldades encontradas no mercado imobiliário. A não-linearidade dos elementos origina funções diversas, sendo mais usual as funções exponencial, logarítmica, inversa, e a potência, as quais podem ser transformadas em funções lineares por anamorfose (UBERTI, 2000).

DANTAS (1998) ressalta que na prática nem sempre se observa uma tendência linear, sendo necessário utilizar modelos linearizáveis, por facilitarem no cálculo das estimativas das médias e facilidade de interpretação, os quais podem ser linearizados pela simples transformação das escalas de medição das variáveis.

Para GONZÁLEZ (2000) os modelos de regressão sofrem restrições por não conseguirem explicar as variações de preço no espaço, surgindo um tipo de autocorrelação denominado “autocorrelação espacial” que está relacionada às particularidades dos elementos da amostra e por terem maior relação com a vizinhança próxima do que com a distância. O autor cita que pesquisadores acreditam que com o desenvolvimento de pacotes estatísticos com ferramentas espaciais e dos Sistemas de Informação Geográficos - SIGs as questões operacionais possam ser resolvidas.

2.1.4 Variáveis Influentes

Segundo GONZAGA (2003) uma das etapas mais importantes na avaliação de imóveis é a identificação das variáveis que mais influenciam na formação do valor, pois há um número extenso deles e a natureza destas influências é bastante diversa. O autor relata a classificação em grupos dessas variáveis, segundo pesquisadores:

- aspectos sócio-econômicos, culturais e ambientais;
- aspectos relativos à localização;
- aspectos físicos e funcionais;
- aspectos políticos, urbanos e legais;
- aspectos relacionados à produção do bem.

BRONDINO (1999) explicita que as variáveis podem ser qualitativas - vários níveis para o atributo (como por exemplo, topografia, pedologia, mais de uma frente, vizinhança, utilização, localização, equipamentos públicos disponíveis, data e elasticidade da oferta), quantitativas - atributo mensurável (como a área, frente, profundidade, distância às vias principais ou pólos valorizantes) ou ainda dicotômicas, indicando a existência ou não da qualidade atributiva.

De acordo com BRONDINO (1999) a teoria *marxista* afirma que as variáveis que mais influenciam no valor dos imóveis, em dado momento, são a acessibilidade aos centros urbanos, o nível de renda da demanda por determinado tipo de imóvel, os serviços e equipamentos disponíveis, o entorno físico e o coeficiente de aproveitamento.

A norma NB-502/89 (NBR 5676) cita algumas variáveis formadoras de valor para avaliação de terrenos, como características físicas (relevo, solo, subsolo e ocupação), acessos, serviços e melhoramentos públicos, utilização atual e potencial, área, profundidade e frente.

Na avaliação de imóveis uma das variáveis mais importantes é a localização, que está relacionada à fixação espacial (imobilidade), sendo o seu valor associado à oferta e qualidade de vias e meios de transporte, bem como ao uso dado no entorno próximo do imóvel. A dinâmica imobiliária e a realização de obras introduzem modificações no entorno próximo e nas áreas de abrangência; como não são quantificáveis, medir os seus efeitos é difícil, sendo necessário a aplicação de variáveis *proxy*, tais como a distância (GONZÁLEZ, 2000).

Não se pode esquecer que o poder público, através de legislação específica ou intervenções diretas, interfere nas alterações de uso e ocupação do solo urbano, podendo dividir as

idades em zonas, para as quais se estabelecem restrições a usos e à edificação. Para este caso um dos índices mais usuais é o Coeficiente de Aproveitamento - CA, definido pela razão entre a área edificada e a área do terreno, o qual pode causar valorização diferenciada entre terrenos (AMBROSIS, 2005).

2.2 Cadastro Técnico Multifinalitário

“Diversos estudos sugerem procedimentos (metodologias) para efetivação das avaliações coletivas de imóveis. Entretanto, aplicações de cunho prático esbarram na falta de dados para serem utilizados como elementos representativos do mercado imobiliário, ou seja, de forma geral, inexistente um banco de dados do mercado imobiliário relacionado com o cadastro técnico municipal (dados alfanuméricos e gráficos), sobretudo, pela ausência de uma metodologia bem fundamentada para criação e manutenção de um serviço como este.” (LOCH et. al., 2002)

Segundo CARVALHO e GRIPP (1999), o cadastro surgiu da necessidade de controle do uso da terra e da cobrança de tributos, constituindo-se de um inventário acerca de propriedades urbanas ou rurais, sendo que a palavra “cadastro” se prende à idéia de coleta e armazenamento de informações.

De acordo com UBERTI (2000), o Cadastro Técnico Multifinalitário - CTM visa vários fins e é, atualmente, uma fonte valiosa de informações, e para tanto deve atender a vários objetivos como: possibilitar a justa cobrança de tributos, servir como base para o registro de imóveis, gerar dados espaciais para os sistemas de informações apoiando o planejamento e otimizando os serviços públicos, apoiar os processos de desapropriações de forma justa e econômica e, garantir os limites da propriedade individual.

Para LOCH et.al. (2002) atualmente necessita-se, cada vez mais, de informações precisas sobre a terra, para que o planejamento seja eficiente a curto, médio e longo prazo. O CTM é mais uma ferramenta para auxiliar a avaliação e o cadastro imobiliário, permitindo a identificação dos imóveis e suas características.

O caráter do CTM é reforçado pela necessidade e interesse de diversas empresas e instituições pelos produtos gerados em cadastro, evidenciando a tendência de criação e fortalecimento de parcerias entre usuários (AVERBECK et. al, 2002). É essencial o desenvolvimento de uma metodologia que propicie acuidade, operacionalidade e poder de convencimento apoiada em um CTM rico em informações gráficas e alfanuméricas e em ferramentas que possibilitem análises como os SIGs.

2.3 Geoprocessamento

“O desenvolvimento de uma base tecnológica, na qual a informação é organizada, analisada e apresentada com referência a sua locação, tem sido crescentemente demandada por organizações estatais e privadas. Existe uma clara percepção, de que análise dentro de um contexto espacial, tem-se tornado tão crítica para o processo de tomada de decisão quanto custo e tempo.” (LOCH et. al., 2002)

MOURA (2003) ressalta que o pesquisador passou de uma fase onde a ausência de dados predominava para uma nova fase onde a questão a ser trabalhada é a gestão dos dados em busca de ganho em informação possibilitando gerar produtos capazes de subsidiar intervenções positivas relacionadas ao espaço.

Segundo DAVIS e FONSECA (2001) para resolver problemas de análise de informações espaciais a solução mais antiga e utilizada até os dias atuais envolve a construção e utilização de mapas, ainda que a cartografia seja uma ciência antiga o processo de produção e utilização ainda é muito dispendioso. A cartografia desempenha um papel de suma importância dentro do geoprocessamento, pois os mapas são a principal forma de apresentação de resultados, facilitando a interpretação (TIMBÓ, 2001).

Existe uma relação interdisciplinar entre a cartografia e o geoprocessamento estabelecida pelo espaço geográfico, sendo que a cartografia se preocupa em representar o espaço geográfico em um modelo, enquanto que o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar os processos que ocorrem nesse espaço geográfico (D'ALGE, consultado em 2005).

“... pode-se acreditar que o termo Geoprocessamento, que surgiu do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra. Não é somente representar, mas é associar a esse ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de informação.” (MOURA, 2003)

O termo Geoprocessamento tem sido frequentemente utilizado como sinônimo de SIG, o que na verdade não é, pois o conceito de geoprocessamento é mais global. Segundo MOURA (2003) a maioria dos pesquisadores consideram que o geoprocessamento engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e sistemas de informação geográficos. (PEREIRA e SILVA, 2001) ressaltam que o geoprocessamento é resultado da evolução tecnológica em diversas áreas como a topografia, cartografia digital, computação gráfica, softwares de processamento digital de imagens e sistemas gerenciadores de banco de dados.

2.3.1 Sistemas de Informação Geográficos - SIGs

São várias as definições para os SIGs, as quais se diferem pela forma com que são apresentadas às diversas áreas do conhecimento, mas que em suma conduzem ao mesmo raciocínio.

Uma definição mais abrangente seria dada por CÂMARA et. al. (1996) como:

“SIG são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la”.

Para BRONDINO (1999) a multiplicidade de usos e visões acerca dos SIGs conduzem a um caráter interdisciplinar, sendo assim torna-se importante citar as suas características principais, que são a possibilidade de integração de dados oriundos de diversas fontes em uma única base e a capacidade de recuperação, manipulação e atualização destes dados através de algoritmos específicos (CÂMARA, et. al., 2005).

MOURA (1993) cita a crescente difusão da tecnologia SIG na produção de inventários e como suporte para o planejamento, tornando-se o principal instrumento de planejamento urbano, devido à possibilidade de retratar com fidelidade o espaço físico, analisar quantitativamente atributos sócio-econômicos e analisar qualitativamente atribuindo-se pesos às características semelhantes dentro de uma escala de valores estabelecida.

Segundo MOURA (2003) a essência dos SIGs está em esclarecer as relações espaciais e lógicas, e ao buscar formas para trabalhar essas relações *“tendem a evoluir do descritivo para o prognóstico. Em lugar de, simplesmente descrever elementos ou fatos, podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas”.*

Os SIGs podem ser considerados como modelos de sistemas do “mundo real” que, além de cumprir as funções dos modelos convencionais, acrescentam benefícios às atividades de análise, planejamento, projeto e gestão (PEREIRA e SILVA, 2001).

2.3.2 Avaliação por Múltiplos Critérios

De modo geral, nas diversas áreas do conhecimento que têm o espaço geográfico como objeto de estudo, trabalha-se com mais de uma variável, visando atingir um objetivo específico ou mesmo a objetivos diversos. Dessa forma, encontramos um problema caracterizado pela complexidade advinda do número de variáveis envolvidas, da

ambigüidade associada à sua mensuração, das suas inter-relações e pela forma com que devem ser combinadas.

Segundo CALIJURI et.al. (2000) a tomada de decisões pode ser auxiliada pelas ferramentas dos SIGs, tendo como base critérios que podem ser definidos como variáveis passíveis de tratamento. Alguns autores utilizam o termo Avaliação por Múltiplos Critérios, enquanto outros o termo Análise Multicritério, para denominar o conjunto de métodos que possibilitam o usuário a avaliar e agregar diversos critérios. O desenvolvimento e a implementação nos SIGs de aplicativos baseados em métodos específicos de análise de decisão tornou possível o emprego das análises espaciais, tais como análise de viabilidade, de tendências, de vulnerabilidade, de risco ou de impactos ambientais, no desenvolvimento de modelos e cenários para apoio à decisão (WEBER e HASENACK, 1998).

Os critérios podem ser classificados em fatores ou restrições. Os fatores diminuem ou realçam a adequabilidade de uma variável para determinado fim, são limitações relativas ou fatores limitantes, em geral são mensurados em escalas contínuas como, por exemplo, a declividade ou a distância. As restrições são critérios que limitam a análise a regiões específicas do espaço, diferenciam áreas aptas de não aptas e são limitações absolutas ou barreiras como, por exemplo, quando em determinada área de estudo for necessário excluir declividades inferiores ou superiores a um determinado valor (CALIJURI et. al., 2000).

O procedimento, a forma de escolha dos critérios e a metodologia de arranjo entre estes, com o objetivo de proceder a uma análise, são denominados “regras de decisão”. Quando determinada situação exige a tomada de decisão, seja pelo volume de recursos ou riscos envolvidos, torna-se essencial a sua fundamentação em informações disponíveis e consistentes e em critérios reais e modelos analíticos conhecidos (FERRARI e HOCHHEIM, 1997).

Segundo (PEREIRA e DUCKSTEIN, 1993), citado por (FERRARI e HOCHHEIM, 1997), a padronização é uma consequência da necessidade de integrar, dentro do processo de análise, dados medidos em diferentes unidades e escalas de medidas, como a nominal, ordinal, intervalar e de proporção. Como exemplo tem-se:

- Avaliação *Booleana*: a padronização reduz todos os critérios a feições booleanas, com áreas aptas e não aptas, transformando-os em restrições.

- Avaliação Não-booleana: os critérios são padronizados ponderando-se valores (ou pesos), os quais indicam o grau com que um critério pode compensar outro, ou seja, o grau de importância do critério em relação ao objetivo definido.

FERRARI e HOCHHEIM (1997) esclarecem que os pesos podem ser estimados direta ou indiretamente, existindo diversos métodos de estimação e modelagem de preferências tais como a escala de sete-pontos, o método *Delphi*, a técnica de *brainstorming* e a somatória de pesos, sendo que o ponto de partida é a construção de uma matriz de avaliação e a obtenção de elementos que refletem as características do conjunto.

2.3.3 Utilização de Técnicas de Geoprocessamento na Avaliação de Imóveis

Os SIGs vêm sendo utilizados nas mais diversas áreas de pesquisa com resultados significativos. Estudos recentes na área de avaliação de imóveis têm utilizado esta ferramenta como banco de dados para análises, bem como para a visualização espacial de características e valores reais e estimados para os imóveis (BRONDINO, 1999).

BRONDINO (1999) cita que HSIAO e STERLING (1992) consideram que a aplicabilidade desta ferramenta se intensifica devido ao fato de que em um SIG “*as propriedades de gráficos interativos permitem ao usuário gerar saídas gráficas rapidamente e resumir ou relacionar dados estatísticos num contexto geográfico. Esta técnica gráfica fornece um método efetivo de avaliação dos resultados de análise particularmente com grandes conjuntos de dados*”.

O interesse por ferramentas de estatística espacial acopladas aos SIGs cresce significativamente. Os resultados obtidos sugerem que os grupos de métodos para os quais a relação com o SIG vêm gerando resultados significativos seriam aqueles das estatísticas descritivas simples e os relacionados com a estrutura de análise de covariância. Esforços podem ser realizados em relação à melhoria da interface entre programas estatísticos e os SIGs, visando obter mais avanços em relação ao relacionamento análise espacial-SIG (BRONDINO, 1999).

Segundo WEBER e HASENACK (1997), o uso de técnicas de geoprocessamento como ferramenta para os processos avaliatórios ainda é bastante reduzido se comparado ao seu potencial, devido à falta de domínio das ferramentas e métodos e pela inexistência de dados digitais nessa área. Os autores ressaltam que as técnicas de geoprocessamento podem ser utilizadas na avaliação de imóveis reduzindo a subjetividade e oferecendo subsídios mais concretos às partes envolvidas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são explicitados os procedimentos adotados para o desenvolvimento deste trabalho, bem como é feita a caracterização da área de estudo.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

Ibirité é um município pertencente à Região Metropolitana de Belo Horizonte, situado a aproximadamente 30 km do centro de Belo Horizonte. Possui cerca de 180 mil habitantes, aproximadamente 85% de sua área é urbana, sendo a área remanescente ocupada pela represa de Ibirité (utilizada pela Refinaria Gabriel Passos), em parte do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça e por cultivo de olerícolas. Como característica principal pode-se citar que é uma cidade do tipo “dormitório”, ou seja, boa parte de sua população economicamente ativa trabalha nas cidades vizinhas, principalmente Belo Horizonte, Contagem e Betim. A localização da região denominada como central pode ser observada na Figura 3.1.

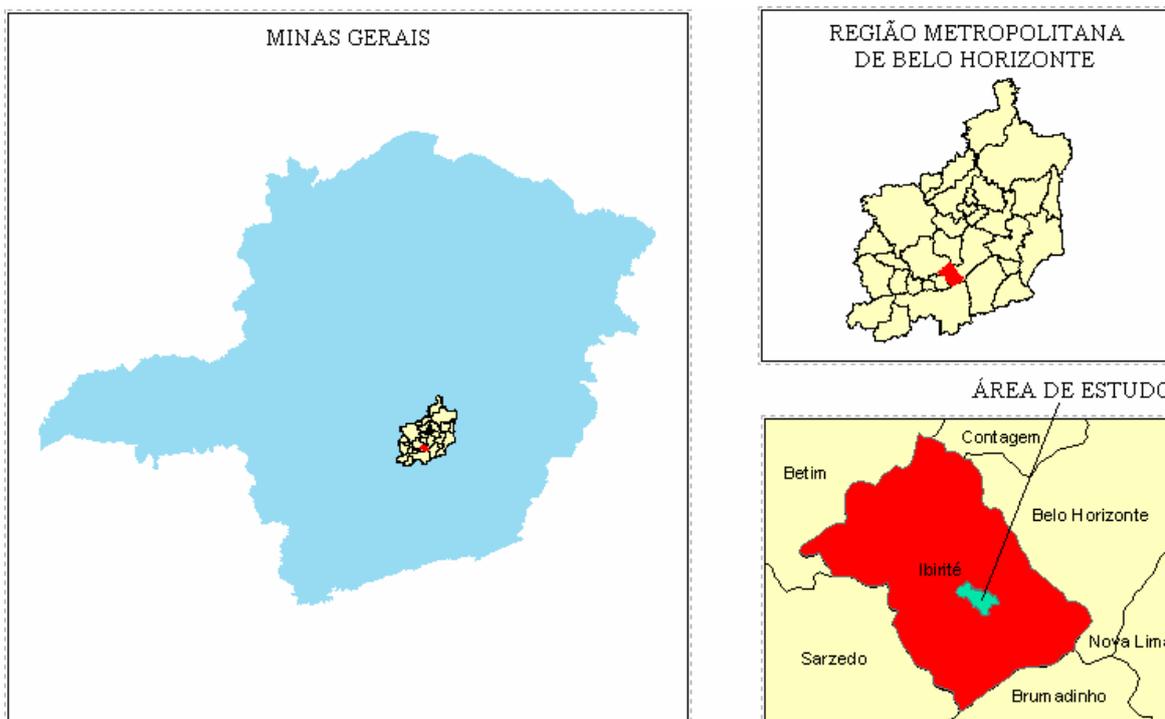


Figura 3.1 - Localização da área de estudo.

A área de estudo corresponde à região denominada como centro, onde estão concentrados os principais serviços, tais como hospital, bancos, administração municipal, tribunal de justiça e agências da Cemig, Copasa e dos Correios. Apresenta relevo ondulado, embora aproximadamente metade desta área esteja localizada num vale. É a região de ocupação

mais antiga da cidade, cortada pela ferrovia Centro-Atlântico. A Figura 3.2 apresenta parte de uma cena obtida pelo satélite Ikonos em Setembro/2005.



Figura 3.2 - Região Central (Imagem Ikonos).

3.2 Metodologia Aplicada

O presente trabalho parte do pressuposto de que o valor de um imóvel é influenciado por atributos passíveis de serem espacializados. Através da aplicação do Método Comparativo de Dados de Mercado, pretende-se chegar a uma equação de regressão linear múltipla que relacione o valor do imóvel, no caso o “terreno”, com variáveis locacionais e físicas do imóvel. Os valores estimados pela equação de regressão são visualizados em ambiente SIG, gerando um mapa de valores que pode ser comparado com outro mapa de valores gerado através da aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios. O fluxograma apresentado na Figura 3.3 mostra de forma esquemática uma visão geral das etapas do trabalho.

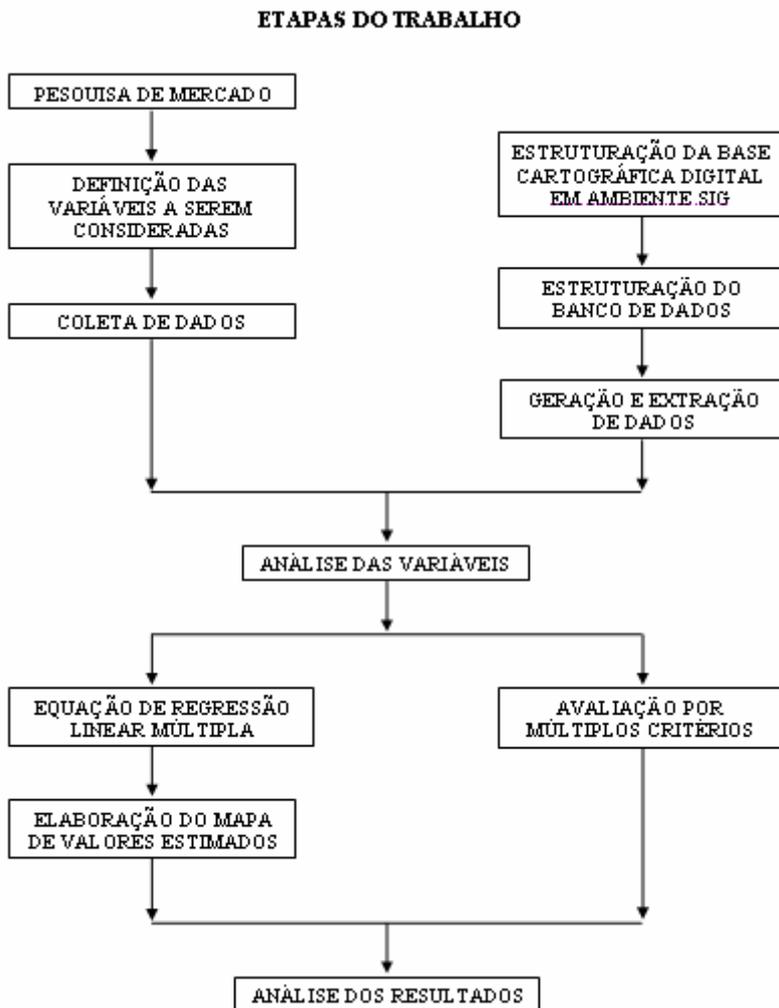


Figura 3.3 - Fluxograma das etapas do trabalho.

3.2.1 Materiais e Equipamentos Utilizados

Os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho foram:

- Base Cartográfica Digital restituída na escala 1:2.000, através do processo de aerofotogrametria (Junho/2003);
- Curvas de Nível em meio digital, obtidas através da tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*) (Junho/2003);
- Softwares: *ArcGIS Desktop 9.0*, *MapInfo Professional 7.0*, *Autodesk Map 2004*, *Microsoft OfficeExcel 2003*, *SPSS 9.0* e *INFER32* versão 3.28.

3.2.2 Pesquisa de Mercado

Fez-se necessário à realização de pesquisa sobre estrutura, conduta e desempenho do mercado imobiliário local visando diagnosticar o grau de concentração dos vendedores, o perfil do universo de compradores, o grau de distinção do produto, as políticas de preços

dos vendedores e a apreciação do desempenho de mercado em relação à implantação de novos empreendimentos, velocidade de ocupação do solo urbano e implementação de infra-estrutura e de equipamentos urbanos.

3.2.3 Definição das Variáveis Influentes

Conforme explicado anteriormente, uma das etapas mais importantes no processo de avaliação de imóveis é identificar quais os possíveis atributos ou variáveis que podem influenciar na formação do valor do imóvel a ser avaliado. De acordo com o proposto, na avaliação de imóveis urbanos, as variáveis selecionadas são definidas como: frente do lote (FRENTE), área (AREA), distância à via principal - a qual contém os principais serviços e comércios (DIST), sentido predominante da topografia por lote (ACL_DECL) e coeficiente de aproveitamento (COEF_AP).

- frente do lote - a variável foi classificada em 3 classes, considerando a frente padrão (12 m) e analisando a distribuição dos elementos através do histograma da imagem (distribuição estatística). Observar que os terrenos sem acesso direto a rua ou encravados (resultantes de desmembramentos de outros lotes no sentido da profundidade, os quais acessam a rua através do lote de origem) têm frente igual a 1 m. A Figura 3.4 mostra a distribuição das classes definidas.

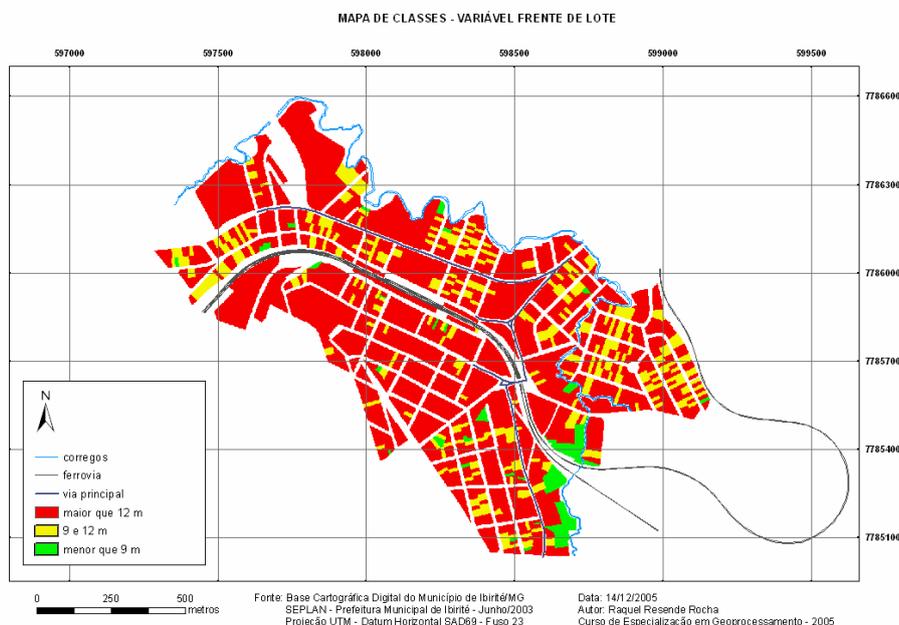


Figura 3.4 - Distribuição da variável “frente do lote”.

- área - a variável foi classificada em 5 classes, como mostra a Figura 3.5, de acordo a área mínima permissível para parcelamento (180 m²), a área padrão (360 m²) e através de análise da distribuição dos elementos no histograma da imagem (distribuição estatística).

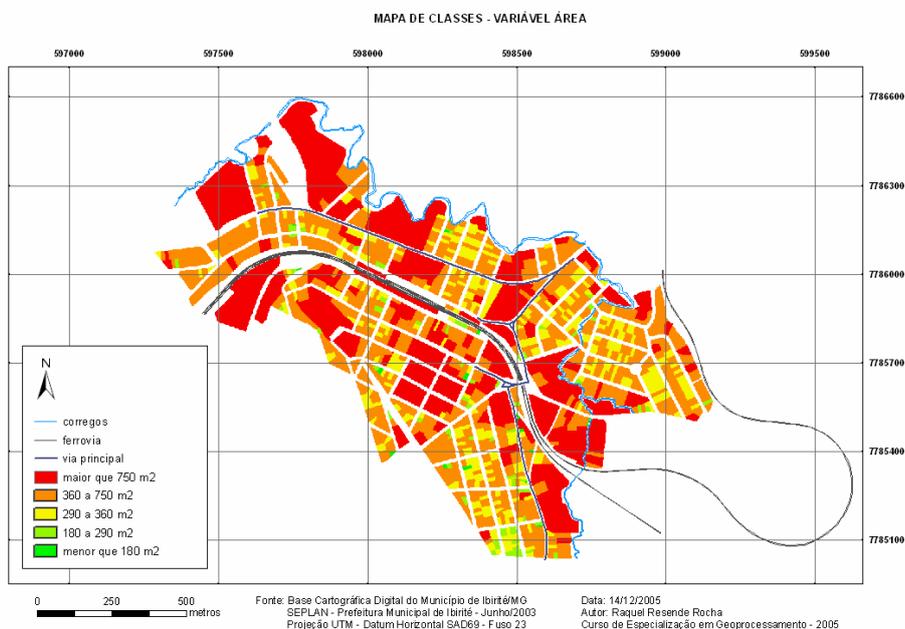


Figura 3.5 - Distribuição da variável “área”.

- distância à via principal - a variável foi classificada em 4 classes (Figura 3.6) seguindo o critério profundidade padrão (40 m) e de acordo com o proposto por Dantas (1998).

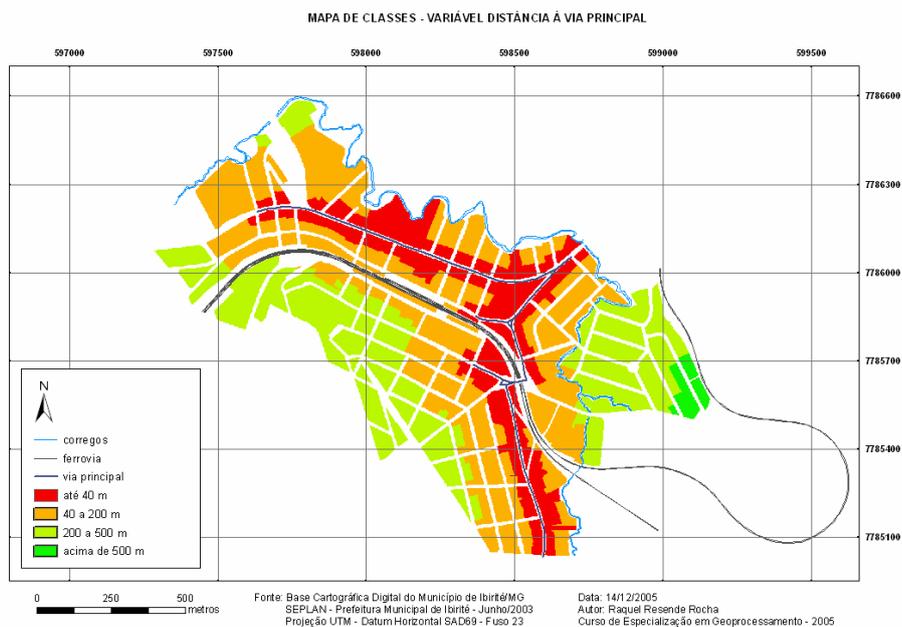


Figura 3.6 - Distribuição da variável “distância à via principal”.

- sentido predominante da topografia por lote - é tido como a situação da topografia do lote em relação à rua. A variável foi classificada em 6 classes como pode ser visualizado na Figura 3.7.

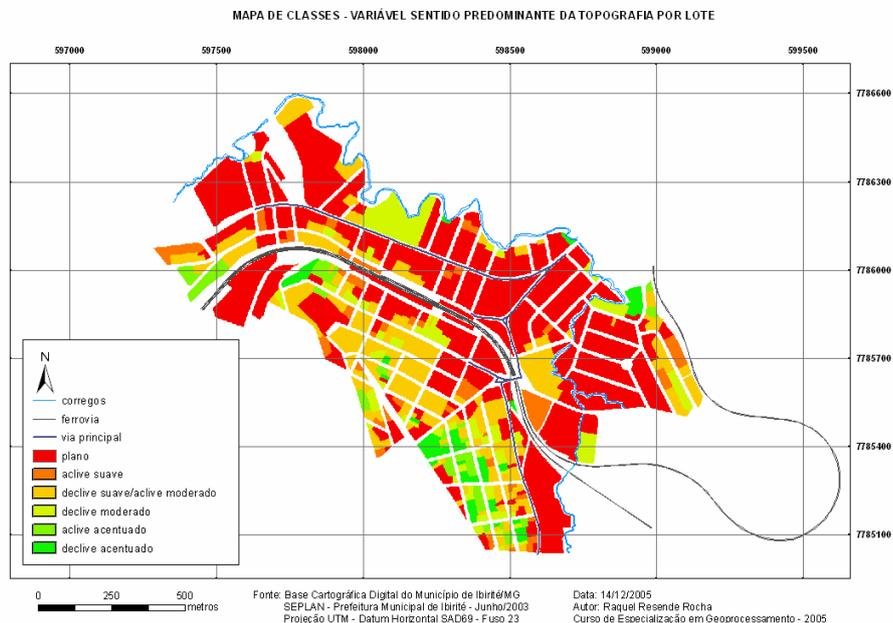


Figura 3.7 - Distribuição da variável “sentido predominante da topografia por lote”.

- coeficiente de aproveitamento - é definido pela Lei Complementar nº. 021 (1999) e distribuído em 2 classes conforme Figura 3.8.

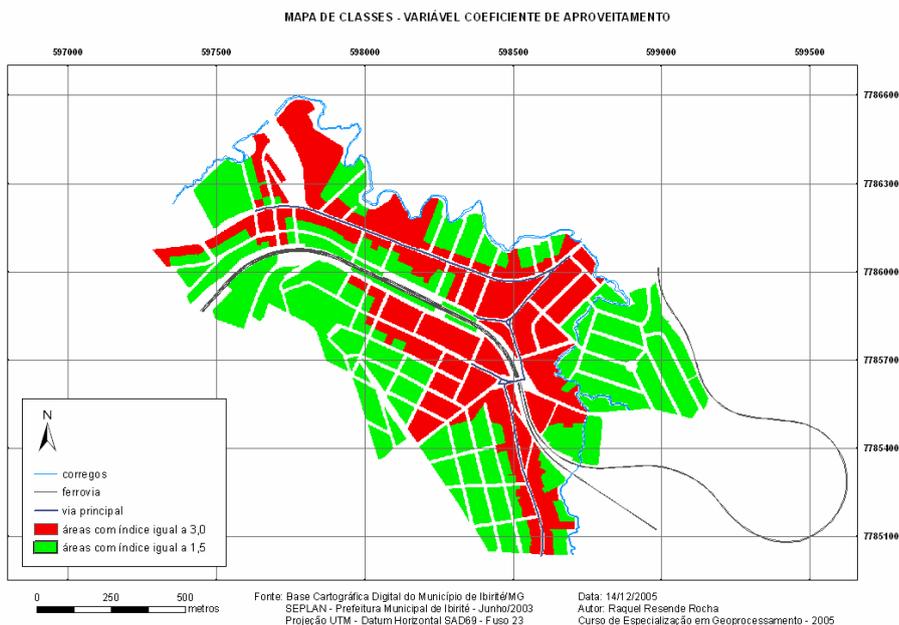


Figura 3.8 - Distribuição da variável “coeficiente de aproveitamento”.

3.2.4 Coleta de Dados

A amostra coletada é composta por 60 imóveis do tipo “terreno vago”, levantados em classificados, anúncios e em entrevista com corretores de imóveis. Foram levantados dados sobre a identificação do imóvel, sua localização, as características e infra-estrutura local e os dados sobre preços (oferta/transação) em valores à vista. A base cartográfica existente foi utilizada no trabalho de campo, realizado no início de novembro do ano corrente, para localizar espacialmente os imóveis amostrados. A Figura 3.9 apresenta a distribuição dos imóveis que compõem a amostra.

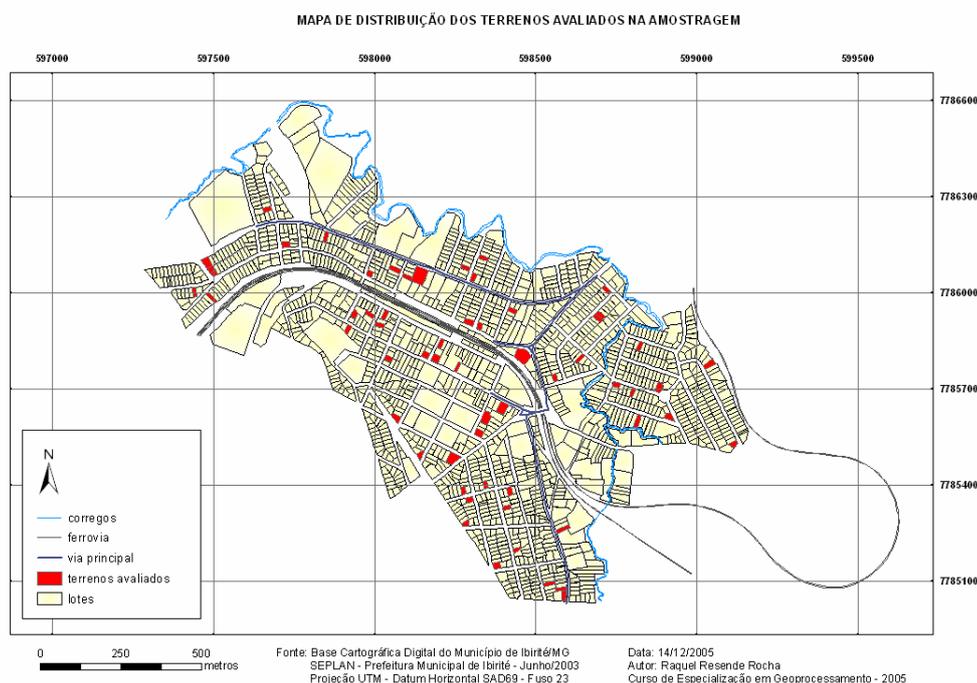


Figura 3.9 - Distribuição dos terrenos avaliados na amostragem.

3.2.5 Estruturação da Base Cartográfica Digital em Ambiente SIG

A cartografia digital vem sendo utilizada nas mais diversas áreas de pesquisa, pois quando aliada aos recursos computacionais traz agilidade na produção de informação, possibilita a atualização de dados com maior rapidez e menor custo, permite ganho de tempo, além de fornecer dados em formatos cada vez mais solicitados por planejadores e gestores.

De posse da base cartográfica digital fez-se a separação das feições a serem utilizadas em 6 arquivos diferentes: lotes, córregos, ferrovia, via principal, curvas de nível, frente e limite (da área de estudo).

Antes de estruturar a base cartográfica em ambiente SIG fez-se necessário editar os arquivos digitais existentes, visando eliminar possíveis erros na geração da topologia. Para esse fim foi utilizado o software *Autodesk Map 2004*, eliminando-se os erros de fechamento das feições, a duplicidade de linhas e nós, bem como fazendo simplificação de linhas com número excessivo de pontos através ferramenta *Drawing Cleanup*. A topologia foi gerada com a ferramenta *Create Topology* e exportada no formato *shape* para ser utilizada no software *ArcGIS Desktop 9.0*.

O software *MapInfo Professional 7.0* foi utilizado para indexar os identificadores dos lotes às extensões de linhas referentes a frente de cada lote, visando facilitar o trabalho de mensuração da feição “frente”.

Na tabela de atributos da feição “lotes” foram criados campos adicionais para incluir os índices relativos ao coeficiente de aproveitamento, os valores das frentes, os valores de mercado dos imóveis coletados em campo e a classificação do sentido predominante da topografia por lote. Cabe ressaltar que para classificar o sentido predominante da topografia por lote foram utilizadas as curvas de nível e dados referentes à declividade (gerada no *ArcGIS Desktop 9.0*).

3.2.6 Geração e Extração de Dados

Conforme dito anteriormente, o valor da frente do lote foi atribuído a cada lote utilizando a ferramenta de agregação de colunas disponível no software *MapInfo Professional 7.0*. Os mapas de distâncias à via principal e de declividades foram gerados no software *ArcGIS Desktop 9.0* tendo como base as feições via principal e curvas de nível, respectivamente. Para gerar o mapa de declividades foi necessário construir um Modelo Digital de Terreno - MDT (através do módulo *3D Analyst* disponível no *ArcGIS Desktop 9.0*).

Os dados referentes à distância foram extraídos com o auxílio da ferramenta *Zonal Statistics* disponível no software *ArcGIS Desktop 9.0*.

3.2.7 Análise das Variáveis

Quando se utiliza o Método de Avaliação Comparativo de Dados de Mercado deve-se verificar a homogeneidade da amostra, pois não é possível que as características sejam idênticas. Dessa forma, devem ser aplicados fatores de correção para obter a homogeneização. Os fatores utilizados para a correção foram:

- Fator de Área: imóveis maiores agregam maior valor ao lote. É dado pela relação entre a área do imóvel de referência e o imóvel amostrado elevado ao expoente 0,125.
- Fator de Frente: frentes mais extensas agregam maior valor ao lote. É dado pela relação entre a frente do imóvel de referência e o imóvel amostrado elevado ao expoente 0,25.
- Fator de Profundidade: lotes muito fundos têm seu valor por metro quadrado reduzido nas faixas mais distantes da testada. É dado pela relação entre a profundidade do imóvel de referência e o imóvel amostrado elevado a 0,5.
- Fator de Localização: ou fator de transposição, corrige as diferenças relativas ao posicionamento do imóvel no contexto em que está inserido.
- Fator de Topografia: corrige as diferenças relativas ao sentido predominante da topografia do imóvel no contexto em que está inserido.

Como o valor de mercado é estimado com base na média aritmética (estimador bastante sensível à presença de dados discrepantes) dos resultados homogeneizados tornou-se essencial a análise individual dos elementos considerando o critério de Chauvenet que segue os seguintes passos:

- cálculo da média aritmética dos resultados homogeneizados e do desvio padrão;
- cálculo da razão (ρ_m) entre o desvio máximo e o desvio padrão;
- comparação entre ρ_m e ρ_{crit} (tabelado), caso $\rho_m > \rho_{crit}$ elimina-se o elemento da amostra e volta ao primeiro passo até que $\rho_m \geq \rho_{crit}$ para todos os elementos.

Após a aplicação do critério proposto por Chauvenet foram eliminados 5 elementos da amostra por apresentarem discrepância em relação aos outros elementos.

Fez-se a análise da correlação entre as variáveis e o “preço” obtido para os imóveis coletados para verificar a existência ou não de correlação, sendo verificado que a variável “distância à via principal” possui baixa correlação.

3.2.8 Formulação do Modelo de Regressão Linear Múltipla

Para a formulação do Modelo de Regressão Linear Múltipla foi utilizado o software INFER32 versão 3.28. Apesar de termos procedido à homogeneização da amostra, um dos elementos foi eliminado durante os testes. A variável “distância à via principal” não foi utilizada, por ter se mostrado não significativa. A Tabela 3.2 apresenta os elementos da amostra com os respectivos valores de mercado, além das informações referentes a cada variável analisada na formulação do modelo de Regressão Linear Múltipla.

O modelo de Regressão obtido é:

$$\ln [\text{PRECO}] = 10,687 + 0,21419 \times \ln ([\text{AREA}]) + 0,04094 \times [\text{COEF_AP}]^2 - 1,5346 / [\text{ACL_DECL}] + 8,2100 \times 10^{-7} \times [\text{FRENTE}]^3.$$

Nº. Am.	AMOSTRA COLETADA EM CAMPO					
	PRECO	AREA	«DIST»	COEF_AP	ACL_DECL	FRENTE
1	25.000,00	359,87	200,00	1,50	0,75	19,00
2	45.000,00	353,12	500,00	3,00	1,00	12,18
3	45.000,00	341,89	40,00	1,50	1,00	14,98
4	20.000,00	435,99	200,00	1,50	0,75	12,18
5	25.000,00	341,77	500,00	1,50	0,75	12,93
6	20.000,00	366,22	500,00	1,50	0,75	15,00
7	30.000,00	300,69	200,00	1,50	1,00	17,00
8	25.000,00	470,98	200,00	1,50	0,80	11,89
9	40.000,00	373,13	500,00	1,50	1,00	12,82
10	50.000,00	343,12	500,00	3,00	1,00	11,87
11	50.000,00	361,56	500,00	1,50	1,00	39,27
12	55.000,00	538,32	500,00	1,50	1,00	28,96
13	40.000,00	470,69	500,00	1,50	1,00	44,15
14	60.000,00	970,72	40,00	3,00	0,95	40,03
15	50.000,00	351,31	200,00	1,50	1,00	40,82
16	70.000,00	2.057,57	40,00	3,00	1,00	40,10
17	40.000,00	531,65	40,00	3,00	1,00	14,48
18	40.000,00	366,49	500,00	1,50	0,90	15,24
19	40.000,00	401,00	500,00	1,50	1,00	13,09
20	25.000,00	356,88	500,00	1,50	0,90	12,09
21	35.000,00	360,45	200,00	1,50	1,00	12,01
22	35.000,00	468,28	200,00	3,00	0,90	42,57
23	120.000,00	1.004,52	40,00	3,00	0,90	75,40
24	20.000,00	315,51	200,00	1,50	0,75	17,16
25	30.000,00	382,16	500,00	1,50	0,85	54,21
26	30.000,00	293,22	500,00	1,50	0,90	36,12
27	30.000,00	577,84	500,00	1,50	1,00	11,49
28	40.000,00	380,42	200,00	1,50	1,00	12,19
29	30.000,00	504,92	40,00	1,50	0,85	61,49
30	25.000,00	371,89	500,00	1,50	0,80	39,51
31	30.000,00	397,63	200,00	1,50	0,85	31,27
32	30.000,00	354,89	200,00	1,50	1,00	12,52
33	35.000,00	402,76	500,00	1,50	0,90	25,58
34	50.000,00	405,76	40,00	3,00	1,00	42,33
35	50.000,00	382,08	200,00	3,00	1,00	42,78
36	50.000,00	333,64	200,00	3,00	1,00	36,09
37	40.000,00	547,41	200,00	1,50	1,00	13,00
38	50.000,00	561,44	40,00	3,00	1,00	73,11
39	30.000,00	361,96	40,00	1,50	1,00	13,91
40	50.000,00	385,11	200,00	3,00	1,00	12,00
41	30.000,00	355,68	200,00	1,50	1,00	12,08
42	50.000,00	351,25	200,00	3,00	1,00	12,32
43	60.000,00	578,64	200,00	3,00	0,85	48,32
44	60.000,00	354,46	200,00	3,00	0,90	14,50
45	50.000,00	400,30	500,00	3,00	0,90	39,81
46	50.000,00	503,48	200,00	3,00	1,00	48,36
47	30.000,00	357,55	200,00	1,50	0,90	35,85
48	35.000,00	328,33	200,00	3,00	0,85	10,01
49	50.000,00	385,96	40,00	1,50	1,00	12,07
50	60.000,00	369,51	200,00	3,00	0,95	10,28
51	30.000,00	350,02	650,00	3,00	0,90	13,00
52	50.000,00	380,30	500,00	3,00	1,00	12,74
«53»	20.000,00	351,66	200,00	1,50	1,00	28,00
54	20.000,00	388,65	500,00	1,50	0,75	37,00
55	50.000,00	715,12	200,00	3,00	1,00	55,88

Observação: elementos marcados com “«” e “»” não foram utilizados nos cálculos de formulação do modelo

Tabela 3.2 - Amostragem

3.2.9 Elaboração do Mapa de Valores Estimados por Regressão Linear Múltipla

Na tabela de atributos da feição “lotes” estão contidas todas as variáveis e seus respectivos valores. Através da ferramenta *Calculate Value*, disponível no software *ArcGIS Desktop 9.0* é possível aplicar o modelo de Regressão Linear Múltipla obtido (aplicação do modelo apresentada na Figura 3.10), obtendo-se valores para o campo “preço estimado” (P_ESTIM), o qual foi classificado em 5 classes, utilizando o módulo *Spatial Analyst* de acordo com o que segue:

- alto valor (para valores acima de 90 mil reais);
- médio a alto valor (para valores entre 50 e 90 mil reais);
- médio valor (para valores entre 30 e 50 mil reais);
- baixo a médio valor (para valores entre 25 e 30 mil reais);
- baixo valor (para valores abaixo de 25 mil reais).

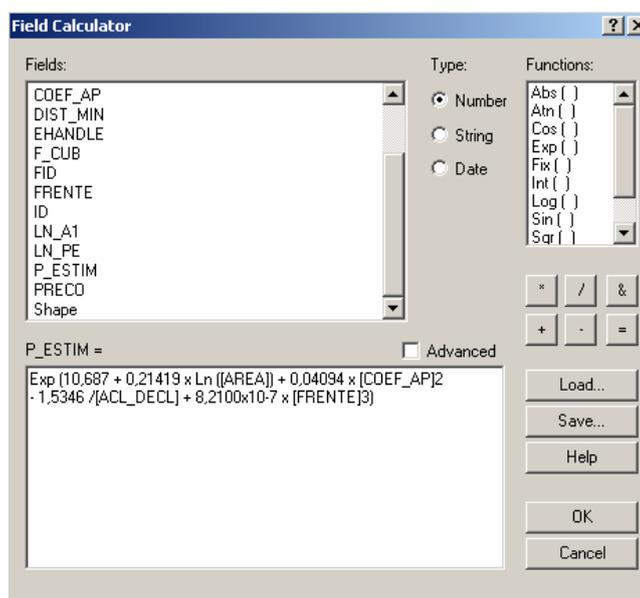


Figura 3.10 - Função que possibilita a elaboração do mapa de valores estimados pelo modelo de Regressão Linear Múltipla.

3.2.10 Aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios

Todas as variáveis utilizadas no modelo foram transformadas em dados do tipo *raster*, com notas podendo variar de 1 a 6, de acordo com as classes obtidas para cada variável (conforme descrito no item 3.2.3). Com a ferramenta *Raster Calculator* do módulo *Spatial Analyst* (Figura 3.11), disponível no software *ArcGIS Desktop 9.0* é possível atribuir pesos para as variáveis e obter o mapa de valores através do método descrito como Avaliação por Múltiplos Critérios.

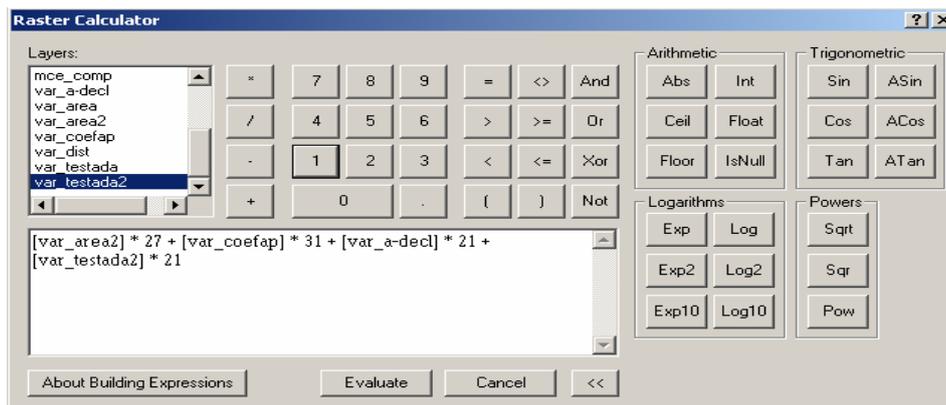


Figura 3.11 - Função que possibilita a aplicação do Método de Avaliação por Múltiplos Critérios

3.2.10.1 Análise das Correlações

A análise das correlações entre cada variável e o “preço” foi utilizada para chegar aos pesos, considerando-se o somatório das correlações como 100%, estimando quanto cada variável corresponde à formação do preço (conforme Tabela 3.3). Deve-se salientar que a variável “distância à via principal” não foi utilizada por apresentar-se pouco significativa no modelo de Regressão Linear Múltipla e por ter baixa correlação com o “preço” dos imóveis.

ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES					
VARIÁVEL	AREA	DIST	COEF_AP	ACL_DECL	FRENTE
CORRELAÇÃO	0,5124	- 0,3167	0,5985	0,4023	0,4141
PESOS ESTIMADOS	26,59	---	31,05	20,88	21,48

Tabela 3.3 - Ponderação através da correlação entre cada variável e o “preço” do imóvel. Após análise dos resultados obtidos verificou-se a necessidade de calibrar e ajustar os pesos visando um resultado mais próximo possível da realidade encontrada em campo.

3.2.10.2 Análise da Variação entre os Elementos de cada Variável

A análise da variação entre os elementos pertencentes a cada variável (resultantes da aplicação de cada parte do modelo de Regressão Linear Múltipla) foi utilizada para chegar aos pesos, considerando-se o somatório das variações como 100%, estimando quanto cada variável corresponde à formação do preço (conforme Tabela 3.4).

ANÁLISE DAS VARIAÇÕES				
VARIÁVEL	$0,21 \times \ln(\text{AREA})$	$0,04(\text{COEF_AP})^2$	$1,5/(\text{ACL_DECL})$	$8,2 \times 10^{-7}(\text{FRENTE})^3$
VARIAÇÃO	0,87	0,30	0,70	0,35
PESOS ESTIMADOS	39,19	13,51	31,53	15,76

Tabela 3.4 - Ponderação através da variação entre os elementos de cada variável.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos no decorrer do estudo.

4.1 Método de Regressão Linear Múltipla

Todas as variáveis foram testadas, porém nem todas demonstraram exercer influência a nível estatístico na formação dos valores.

A amostra era composta por 55 elementos, sendo que após a primeira análise eliminou-se um dos elementos, o qual era discrepante em relação aos demais.

O modelo de Regressão Linear Múltipla que melhor se adequou à região estudada foi:

$$\text{Ln}([\text{PRECO}]) = 10,687 + 0,21419 \times \text{Ln}([\text{AREA}]) + 0,04094 \times [\text{COEF_AP}]^2 - 1,5346 / [\text{ACL_DECL}] + 8,2100 \times 10^{-7} \times [\text{FRENTE}]^3$$

Os “regressores” do modelo foram estimados com intervalo de confiança de 80% para valores estimados, sendo que o nível de significância se enquadra na norma NB 502/89 como “Nível Rigoroso”. Pode-se verificar pela Figura 4.1 a distribuição dos valores em relação à equação da reta, enquanto que na Figura 4.2 apresenta a distribuição dos valores após a linearização.

Analisando cada uma das variáveis dentro do modelo estabelecido, verificou-se que as variáveis “área”, “coeficiente de aproveitamento” e “frente do lote” têm influência positiva no valor dos imóveis, e são fortemente correlacionadas, enquanto a variável “sentido predominante da topografia por lote” tem influência negativa no valor do lote.

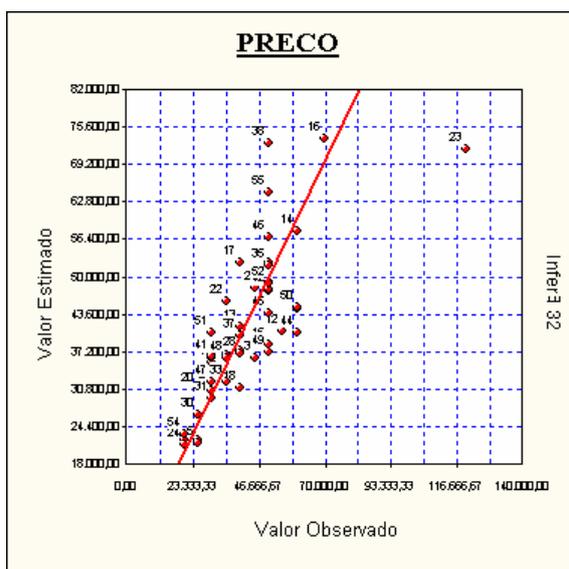


Figura 4.1 - Preço

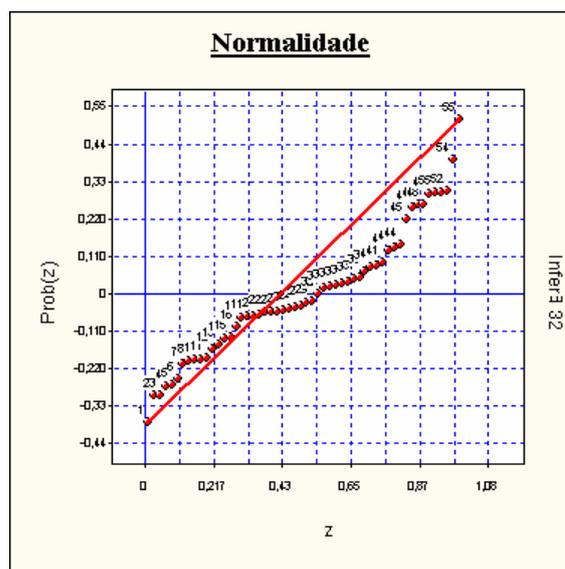


Figura 4.2 - Retas de Normalidade

O modelo apresentado possui:

- coeficiente de correlação (r) igual 0,8472;
- coeficiente de determinação (r^2) igual a 0,7178;

Apesar de ser considerada como um dos fatores que mais influencia no valor dos imóveis da área de estudo, a variável “distância à via principal” não foi utilizada por não ter fornecido resultados significativos no Método de Regressão Linear Múltipla e por ter uma correlação muito baixa com o valor do imóvel.

A Figura 4.3 apresenta os valores estimados pelo modelo de Regressão Linear Múltipla.

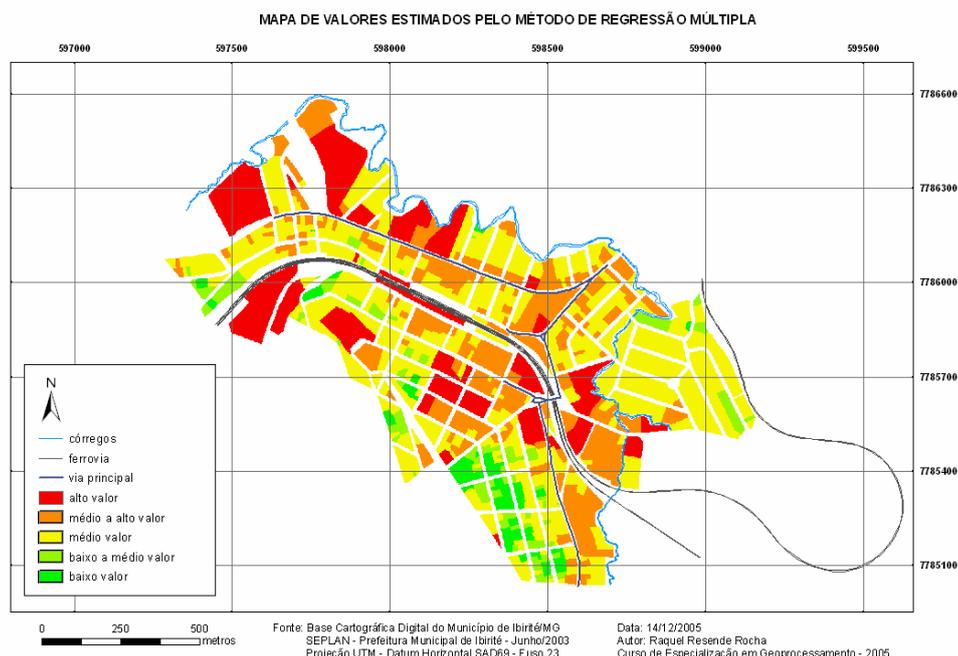


Figura 4.3 - Mapa de Valores Estimados pelo Método de Regressão Linear Múltipla.

4.2 Método de Avaliação por Múltiplos Critérios

O Método de Avaliação por Múltiplos Critérios apresentou resultados próximos ao esperado para os imóveis avaliados, existindo diferenças que podem ser originadas devido à ponderação dada às variáveis. No estudo todas as variáveis foram consideradas como tendo pesos significativos nos valores dos imóveis, o que na verdade pode ter influenciado o aumento de preços em locais de valores menores.

Após a análise do resultado, obtido através da ponderação realizada com base na correlação entre o “preço” e cada variável (Figura 4.4), verificou-se que os pesos atribuídos, apesar de apresentarem um resultado significativo, não foram adequados, fazendo-se necessário um ajuste nos mesmos. A Figura 4.5 mostra o resultado obtido

através da ponderação utilizando os valores de variação entre os elementos de cada variável, o qual apesar de ser significativo apresenta áreas onde o resultado encontrado não foi o esperado.

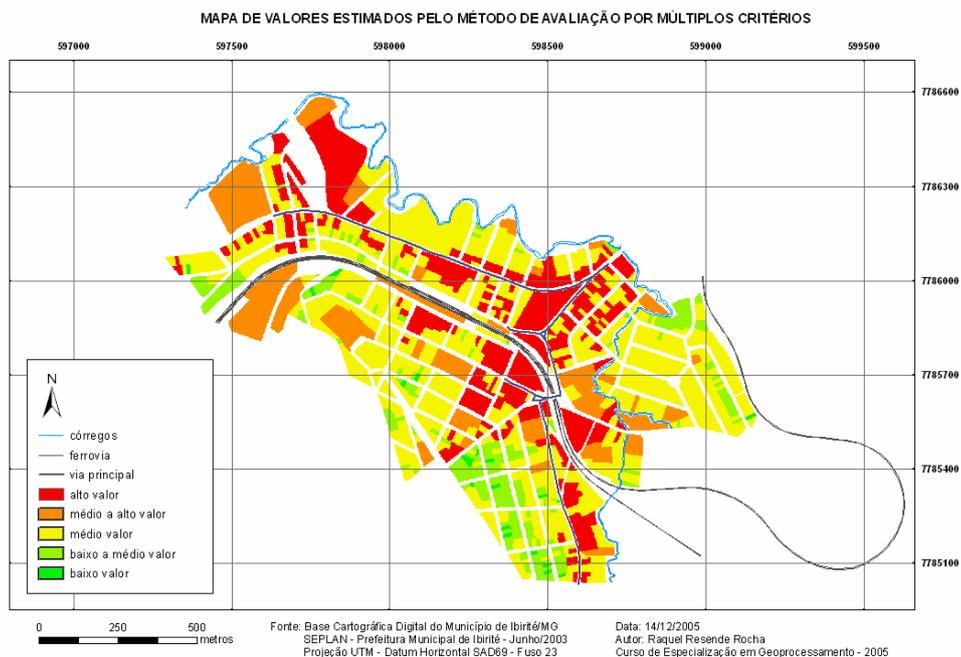


Figura 4.4 - Valores estimados pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios I (ponderação de acordo com a análise das correlações).

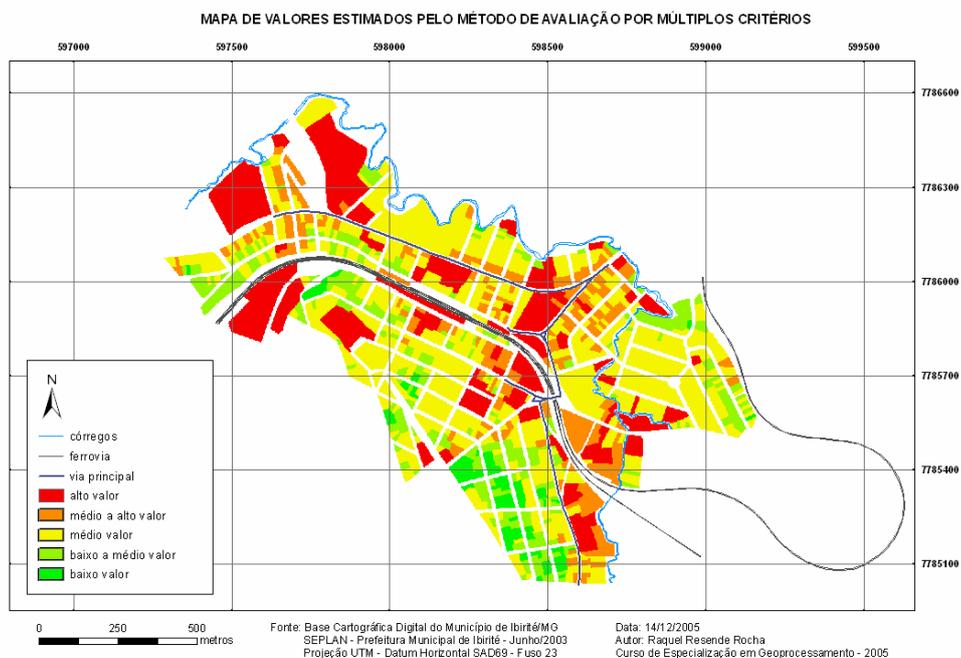


Figura 4.5 - Valores estimados pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios II (ponderação de acordo com a análise da variação entre os elementos de cada variável).

4.3 Regressão Linear Múltipla versus Avaliação por Múltiplos Critérios

As Figuras 4.6 e 4.7 apresentam situações onde pode ser comparado o resultado obtido pelo Método de Regressão Linear Múltipla e o obtido pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios para os casos “ponderação de acordo com a análise das correlações” e “ponderação de acordo com a análise da variação entre os elementos de cada variável” respectivamente.

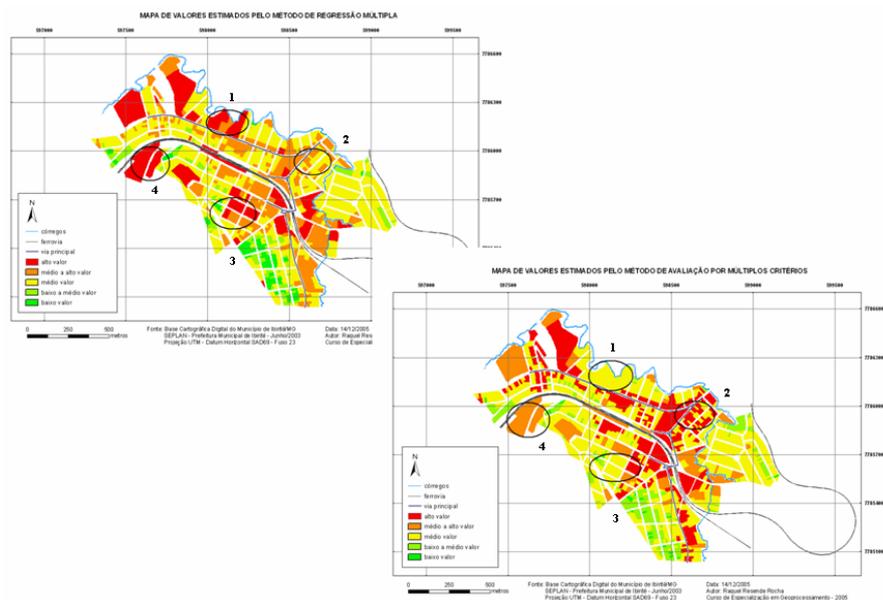


Figura 4.6 - Comparativo entre os valores estimados pelo Método de Regressão Linear Múltipla e pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios I (ponderação de acordo com a análise das correlações).

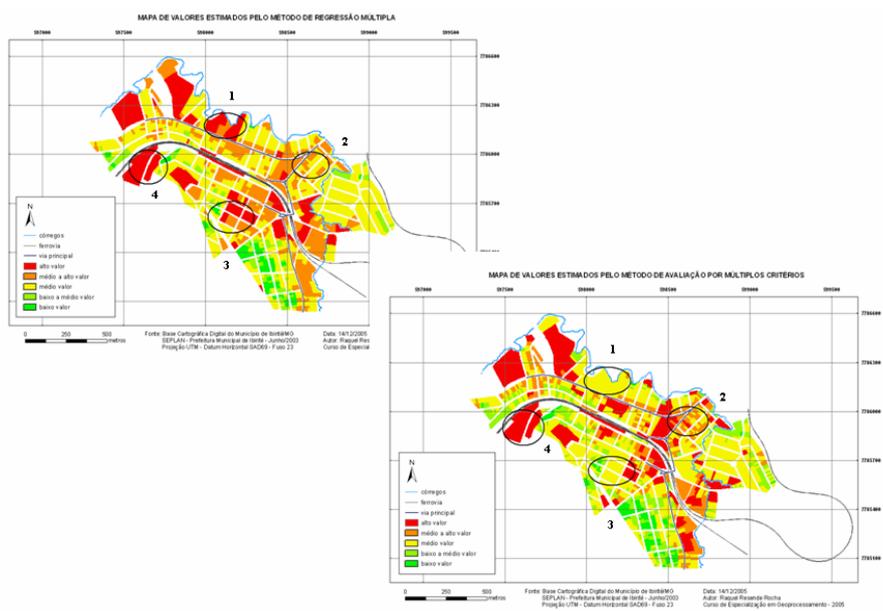


Figura 4.7 - Comparativo entre os valores estimados pelo Método de Regressão Linear Múltipla e pelo Método de Avaliação por Múltiplos Critérios II (ponderação de acordo com a análise da variação entre os elementos de cada variável).

Analisando os dados apresentados nas Figuras 4.6 e 4.7 verifica-se que a “ponderação realizada de acordo com a análise da variação entre os elementos de cada variável” apresenta melhor resultado para as situações 2 e 4, sendo que para a situação 1 o resultado é semelhante ao obtido pela “ponderação de acordo com a análise das correlações”, e na situação 3 o resultado obtido tem qualidade pouco pior. Considerando os resultados obtidos em 3 das 4 situações a ponderação proposta de acordo com a “análise da variação entre os elementos de cada variável” é mais adequada.

A variável “sentido predominante da topografia por lote” pode ser um dos casos em que a ponderação foi inadequada, já que se compararmos com o resultado obtido para o modelo de Regressão Linear Múltipla, esta variável tem influência negativa nos “preços” dos imóveis. Enquanto as demais variáveis têm influência positiva. Além disto, a variável “área” é muito mais significativa para a avaliação dos imóveis do que as demais variáveis. Quanto aos objetivos propostos, cabe ressaltar que o Método de Avaliação por Múltiplos Critérios apresenta-se com boas expectativas em relação ao proposto, que é subsidiar os processos de avaliação de imóveis. Porém, a forma com que as ponderações são realizadas deve ser mais bem estudada e calibrada, de forma a obter resultados claros.

Em relação às variáveis pode-se inferir que a variável “coeficiente de aproveitamento” tem significativa influência para a área de estudo, pelos resultados obtidos verifica-se que quanto maior o coeficiente de aproveitamento maior será o valor do metro quadrado do terreno. Porém, contrariando as expectativas, a variável “distância à via principal” não pode ser utilizada no modelo de Regressão Linear Múltipla por não ser significativa dentro dos modelos estabelecidos, sendo que não foi utilizada na Avaliação por Múltiplos Critérios por ter apresentado uma correlação muito baixa em relação ao “preço” dos imóveis.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos e das análises realizadas ficou claro que existe a possibilidade de emprego de técnicas de Geoprocessamento, mais especificamente da Avaliação por Múltiplos Critérios para subsidiar os processos de avaliação, bem como para servir como banco de dados para análises e como fonte de visualização espacial de características, valores reais e valores estimados dos imóveis. O Geoprocessamento pode, através de outros tipos de análises, gerar mapas de concentração ao redor de um ponto valorizante, ou relacionar a uma área de influência (questões de entorno), possibilitar a geração de mapas derivados (curvas isótimas) ou ainda simular o comportamento da superfície a partir de mudanças nos registros das variáveis que definem o valor (cronologicamente).

No entanto, vale ressaltar que neste trabalho, assim como em outros estudos, opções são feitas no decorrer do estudo. Dessa forma, a escolha de variáveis, os métodos para coleta, ponderação e os tipos de análises usadas devem ser apoiadas em fundamentação teórica que justifique a escolha.

Atualmente é possível utilizar técnicas e ferramentas capazes de fornecer repostas plausíveis aos problemas encontrados no “mundo real”. Objetivando maior consistência nas avaliações, torna-se essencial o envolvimento de equipes multidisciplinares, justificando a variabilidade de critérios avaliadores.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMBROSIS, C. *Recuperação da Valorização Imobiliária Decorrente da Urbanização*. In. **O Município e o Século XXI: Cenários e Perspectivas**. São Paulo: CEPAM, 2005. 275-284. Disponível em <http://www.cepam.sp.gov.br/v10/cepam30anos/index2.asp> consultado em Agosto/2005.
- AVERBECK, C. E., LOCH, C. OLIVEIRA, R. *Planta de Valores Genéricos: necessidade de compromisso com a realidade de mercado*. In. COBRAC 2002, 2002, Florianópolis. Disponível em www.geodesia.ufcs.br/Geodesia_online/arquivo/cobrac_2002 consultado em Agosto/2005.
- BRONDINO, N. C. M. *Estudo da Influência da Acessibilidade no Valor de Lotes Urbanos através do Uso de Redes Neurais*. Tese (Doutorado, Transportes). São Carlos, 1999. 146 p. Escola de Engenharia de São Carlos, UNESP.
- BRONDINO, N. C. M., SILVA, A. N. R. *Comparando Estratégias de Avaliação de Imóveis para fins de Tributação com o auxílio de um SIG*. In. GIS BRASIL 97, 1997, Curitiba (mídia CD-ROM).
- CALIJURI, M. L., MEIRA, A. D., LORENTZ, L. F., BHERING, E. M. *Análises Espaciais com Sistemas de Informações Geográficas*. Viçosa: UFV/Departamento de Engenharia Civil, 2000. 158p.
- CÂMARA, G. *Representações Computacionais do Espaço Geográfico*. In. CAMARA, G. et. al. **Banco de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE/UFMG/PUC, 2005. 5-44. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados> consultado em Agosto/2005.
- CÂMARA, G., CASANOVA, M. A., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G. C., MEDEIROS, C. M. B. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Campinas: UNICAMP, 1996.
- CARVALHO, A. W., GRIPP, J. *Cadastro Técnico Municipal*. Notas de Aula. Viçosa: UFV/Departamento de Engenharia Civil, 1999. 133p.
- D'ALGE, J. C. L. Cartografia para Geoprocessamento. In CÂMARA G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos. 6-1 a 6-32. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html> consultado em Agosto/2005.
- DANTAS, R. A. *Engenharia de Avaliações: uma Introdução à Metodologia Científica*. São Paulo: Ed. Pini, 1998. 251p.

- DAVIS, C., FONSECA, F. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos*. Notas de Aula. Belo Horizonte: UFMG/Instituto de Geociências, 2001. 261p.
- FERRARI, G. V., HOCHHEIM, N. *Processo de Priorização de Propriedades Rurais e Microbacias a partir de Informações Cadastrais com auxílio de SIG e Análise Multicritério*. GIS BRASIL 97, 1997, Curitiba (mídia CD-ROM).
- GONZAGA, L. M. R. *Contribuição para o Aumento do Nível de Precisão das Avaliações Imobiliárias através da Análise de Preferências do Consumidor*. Dissertação (Mestrado, Construção). Porto Alegre: 2003. 83p. Escola de Engenharia, UFRGS.
- GONZÁLEZ, M. A. S., FORMOSO, C. T. *Análise Conceitual das Dificuldades na Determinação de Modelos de Formação de Preços através de Análise de Regressão*. Disponível em www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num8/num8.htm consultado em Agosto/2005.
- IBIRITÉ. Lei Complementar nº. 021, de 30 de novembro de 1999. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Ibirité e dá outras providências. Quadro de Avisos da Prefeitura de Ibirité, Ibirité, 15 de dezembro de 1999.
- Instituto Polis/Laboratório de Desenvolvimento Local. *Estatuto da Cidade: Guia para Implementação pelos Municípios e Cidadãos Brasileiros*. São Paulo: 2001. 273p.
- LOCH, C., SILVA, E., RAMOS, L. S. *Considerações sobre a elaboração de uma Planta de Valores Genéricos*. In. COBRAC 2002, 2002, Florianópolis. Disponível em www.geodesia.ufcs.br/Geodesia_online/arquivo/cobrac_2002 consultado em Agosto/2005.
- MACANHAN, V. B. P. *A Avaliação de Imóveis pelos Métodos Econômico-financeiros*. Dissertação (Mestrado, Produção e Tecnologia). Itajubá: 2002. 110p. Engenharia de Produção, UNIFEI.
- MACHADO, M. M. M. *Verticalização das Cidades. O Papel da Legislação no Caso do Bairro Sion em Belo Horizonte*. Dissertação (Mestrado, Organização Humana do Espaço). Belo Horizonte, 1997. 142 p. Instituto de Geociências, UFMG.
- MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano*. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003. 294p.
- NB 502 (NBR 5676) - Norma Brasileira. Avaliação de Imóveis Urbanos. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1989.
- PEREIRA, G. C., SILVA, B. C. N. *Geoprocessamento e Urbanismo*. In. GERARDI, L. H. O., MENDES, I. A. *Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: Temas de Geografia*

Contemporânea. Rio Claro: UNESP, 2001. 97-137. Disponível em www.ageteo.org.br/download/livros/2001 consultado em 2005.

SILVA, E. *Planta de Valores Genéricos de Terrenos em Blumenau, SC*. GIS Brasil 97, 1997, Curitiba (mídia CD-ROM).

SILVA, E., VERDINELLI, M. A. *Utilização de Ferramentas de Análise Estatística de Dados na Tributação Imobiliária*. In. COBRAC 2000, 2000, Florianópolis. Disponível em www.geodesia.ufcs.br/Geodesia_online/arquivo/cobrac_2000 consultado em Agosto/2005.

TIMBÓ, M. A. *Elementos de Cartografia*. Notas de Aula. Belo Horizonte: UFMG/Instituto de Geociências, 2001. 59p.

TRIVELLONI, C. A. P., HOCHHEIM, N. *Avaliação de Imóveis com Técnicas de Análise Multivariada*. In. COBRAC 1998, 1998, Florianópolis. Disponível em www.geodesia.ufcs.br/Geodesia_online/arquivo/cobrac_98 consultado em Agosto/2005.

UBERTI, M. S. *Valoração Ambiental no Uso do Solo Urbano: Aplicação do Método dos Valores Hedônicos - Estudo de Caso no Centro de Florianópolis*. Dissertação (Mestrado, Cadastro Técnico e Gestão Territorial). Florianópolis: 2000. 98p. Engenharia Civil, UFSC.

WEBER, E. J., HASENACK, H. *Derivação de Novas Informações Cadastrais para o Planejamento Urbano através de Sistemas de Informação Geográficos*. In: GIS BRASIL 98, 1998, Curitiba. Disponível em www.ecologia.ufrgs.br/idrisi/artigos consultado em 2005.

WEBER, E. J., HASENACK, H. *O Geoprocessamento como ferramenta de Avaliação*. In: IX COBREAP, 1997, São Paulo. Disponível em www.ecologia.ufrgs.br/idrisi/artigos consultado em 2005.