

COLETÂNEA DE ARTIGOS DE AVALIAÇÃO
DE IMÓVEIS CAIXA

Presidente da CAIXA

Nelson Antonio de Souza

Vice Presidente de Habitação – VIHAB

Paulo Antunes de Siqueira

Chefe de Gabinete da Presidência

Guilherme Antonio Correa Cunha

Superintendente Nacional de Rede Executiva de Engenharia – SUHEN

Henrique Marra de Souza

Gerente Nacional de Padronização e Normas Técnicas da Construção Civil – GEHPA

André de Souza Fonseca

Coordenação

Ives Yokoyama de Almeida

Equipe:

Helaine Coutinho Cardoso
Luís Carlos Ramos Cassis
Mariana França Rios
Stella Maris Martins Paiva
Thiago Machado Martins

FICHA CATALOGRÁFICA**Autores:**

Antonio Pelli Neto
Carlos Abrantes de Souza e Silva
Carlos Etor Averbeck
Claudine Áurea Maia
Erieldon Bezerra Leão
Fernando de Carvalho Turino
Hermes Luiz Bolinelli Junior
Luiz Fernando de Lyra Novaes
Marcelo Medvid
Moises Ricardo Pinheiro Castilho
Paulo Cesar da Rosa Righi
Ricardo Gomes de Oliveira
Ricardo Marques Trevisan
Ricardo Miguel e Souza de Souza
Ronaldo Ferreira dos Reis
Sérgio Antão Paiva
Sergio Eduardo Fattori
Tacito Quadros Maia
Vinicius Kawanami Defreitas

Arte e Programação Visual

Francisco Ottoni - Produtiva TI

Capa

Elisa Borges - Produtiva TI

**AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS
CAIXA**

**BRASÍLIA
2018**

SUMÁRIO

Apresentação	06
Prefácio	10
1 - História da Avaliação da CAIXA	18
2 - Avaliação de imóvel urbano mediante amostra homogênea	22
3 - Método comparativo direto de dados de mercado - Tratamento por fatores	39
4 - Regressão linear simples ou múltipla	49
5 - Avaliação de imóveis por meio de regressão espacial	63
6 - Redes neurais RNA	79
7 - Planta de valores genéricos - PVG	95
8 - Envoltória sob Dupla Ótica	135
9 - Lógica Fuzzy	161
10 - Método evolutivo	181
11 - Método involutivo	203
12 - Direito Imobiliário aplicado a Avaliações de Glebas Urbanizáveis	213
13 - Introdução ao método da capitalização da renda	227



APRESENTAÇÃO

Paulo Antunes

Quando nos deparamos com uma empresa que possui mais de 157 anos de existência, com certeza sentimentos como admiração e curiosidade podem surgir em nossa mente.

Admiração por saber que são raras as empresas que conseguem manter-se em atividade durante todo esse tempo, considerando o ambiente empresarial e suas complexidades nas últimas décadas.

Curiosidade para compreender melhor como é possível manter essa longevidade, atravessando décadas e décadas, cada qual com suas características históricas e seus consequentes desafios.

Quanto a admiração podemos imaginar um sentimento que fortalece o orgulho de todos que trabalham nessa Empresa histórica chamada CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, o que possibilita um fortalecimento da capacidade de realização dentro da organização.

Já a curiosidade nos remete a reflexões e análises acerca dos porquês, ou seja, das verdadeiras causas que fazem essas empresas durarem tanto.

Uma grande causa pode mover o mundo através dos seus líderes.

Ter como propósito um ideal libertário, logo nos seus primeiros dias de existência, com certeza coloca um grande causa no origem da nossa Empresa.

Se esse ideal surgiu a mais de 157 anos, poderíamos localizar na história atos e fatos que reforçaram esse propósito?

A “Coletânea de Artigos de Avaliação” com absoluta certeza representa um ato e um fato que fortalece a essência de existir da nossa Empresa.

Um trabalho que reúne diversos autores, para tratar um mesmo tema sob diversas abordagens técnicas, tendo como fundamentos teóricos diferentes formações acadêmicas e como fundamentações tácitas, as mais diferentes experiências em suas atuações profissionais, com certeza coloca nas mãos de todos um verdadeiro divisor de águas quando o assunto a ser tratado for avaliação de imóveis.

E o motivo é simples, basta lembrarmos que quase 70% de todos os imóveis financiados em nosso país são avaliados pela CAIXA, portanto, esse trabalho retrata a maior experiência pragmática sobre o assunto em nosso país, agora reunido em um trabalho que expressa portanto uma valiosa fonte de

conhecimento e consulta não somente para os nossos profissionais, mas também para todas os demais profissionais e estudiosos sobre assunto.

Um livro tem a capacidade de registrar aquilo que tem valor sobre determinado tema, colocando à disposição de todos os interessados no momento presente e também para o futuro.

O leitor poderá conhecer a história da avaliação na CAIXA, contada por pessoas que ao mesmo tempo que buscaram esses registros, também ajudaram a construir essa história.

Os conteúdos foram abordados com profundidade técnica, sem perder a essência da sua destinação, que é atingir todos os profissionais e estudiosos sobre os temas que fazem parte da presente coletânea.

Em todos os capítulos, pois podemos constatar o envolvimento dos seus autores, não somente na competência técnica, posto ser condição básica para um trabalho dessa natureza, mas também na busca constante da simplicidade no trato das palavras, como forma de tornar a leitura um ato atrativo.

Isso demonstra claramente que quem sabe não complica.

Na verdade, quem sabe simplifica, sem perder a essência necessária.

ACERVO PRODUTIVA



Temas como avaliação por amostras homogêneas, avaliação por fatores, regressão linear, regressão espacial, redes neurais artificiais, análise de envoltória de dados, dentre outros, são apresentados de maneira consistente e com uma abordagem que nos prende a atenção, despertando a vontade de continuar a leitura e buscar mais informações sobre os mesmos.

Durante a leitura dos capítulos da coletânea, passamos a compreender muito mais que os vários métodos de avaliação de imóveis, passamos visualizar alguns motivos pelos quais a CAIXA ultrapassa 157 anos de existência.

Envolvimento e competência técnica construindo um legado para atuação no presente e também para o futuro, naquilo que está na essência maior da nossa Empresa, pois avaliar um imóvel tem como valor o financiamento imobiliário e este é o nosso principal negócio.

É através do financiamento habitacional que somos reconhecidos e valorizados pela sociedade brasileira.

Ter profissionais com esse ímpeto de realizar estudos e compartilhar esses registros,

nos faz acreditar na melhoria contínua enquanto o “banco para o brasileiro morar bem”.

Apresentar esta coletânea representa um grande orgulho, pois é neste ambiente que somos reconhecidos pela sociedade como o grande prestador de serviços para o estado brasileiro, sempre com elevada competência técnica.

Boa leitura a todos!



PREFÁCIO

Franck Esteves Ruffo

A “Coletânea de Artigos de Avaliação” surgiu com a proposta de consolidação e compartilhamento de conhecimentos, assim como divulgação da ciência Engenharia de Avaliações, que encontrou na CAIXA terreno fértil para o seu desenvolvimento, por inúmeros fatores.

Ênfase para a excelência e pluralidade dos engenheiros e arquitetos do seu quadro de empregados, cada qual com seus vieses de conhecimentos, especializações e nichos de atuação preferenciais.

Há que ser ressaltada também a importante participação dos engenheiros e arquitetos credenciados para atuar nas diversas atividades da engenharia de avaliações, em todos os municípios do território nacional.

Historicamente, a CAIXA tem participado ativamente dos processos normativos brasileiros sobre o assunto, com destaque para o da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, e também tem patrocinado e participado, através de seus representantes, dos principais eventos técnicos do circuito nacional, como congressos, simpósios, workshops, seminários e debates, inclusive políticos e jurídicos no Congresso Nacional, tribunais e outras instâncias.

Existe uma permanente equipe de instrutores internos, responsável pela aplicação dos módulos de treinamento, sob a gestão da Universidade Cooperativa CAIXA e da Gerência Nacional que trata das normas e padrões das atividades de engenharia na habitação, atualmente GEHPA, instrutores entre os quais se incluem a maioria dos autores da presente Coletânea.

Por estes e outros fatores, pelo seu histórico de atuação como principal braço de fomento do governo federal e sua destacada posição entre as instituições financeiras do Brasil, a CAIXA é atualmente o maior e um dos mais respeitados players na área de engenharia de avaliações do país.

A Coletânea traz um capítulo intitulado “História da Avaliação na CAIXA”, dedicado ao resgate histórico do processo de engenharia de avaliações na empresa e ao reconhecimento das contribuições do conjunto dos atuais partícipes e de seus antecessores, muitos já aposentados tal como o presente signatário e que continuarão

sendo denominados “colegas”. Os autores deste tema, engenheiros Fernando de Carvalho Turino e Ricardo Gomes de Oliveira, estão entre os mais antigos e atuantes profissionais do processo Avaliatório da CAIXA.

O capítulo “Avaliação por Amostras Homogêneas” ficou a cargo do arquiteto Carlos Abrantes de Souza e Silva, que fez um relato das suas exitosas experiências de avaliação a partir de amostras suficientemente homogêneas, verificadas em circunstâncias onde se dispunha de abundância de dados assemelhados ao “bem” em avaliação, possibilitando uma análise estatística simplificada, porém aplicada, o que, tomados os devidos cuidados, pode resultar em uma maior facilidade e por vezes em maior assertividade nas simulações de valores.

O tema “Avaliação por Fatores” foi abordado pelo engenheiro Ronaldo Ferreira dos Reis e pelo arquiteto Sergio Eduardo Fattori. Trata-se de metodologia clássica para avaliação de imóveis, mais difundida no estado de São Paulo, onde os autores atuam e são referências técnicas no assunto. A aplicação desta metodologia fica condicionada à existência de fatores publicados ou fundamentados para a tipologia

ACERVO PRODUTIVA



e região do “bem” a ser avaliado. Pode ser de grande valia quando se dispõe de poucos dados de mercado, com limitada heterogeneidade e inseridos nas premissas fatoriais. Possui aplicação também em Plantas de Valores Genéricos (PVG) e em algumas situações que admitam aproximações da realidade de mercado como resultados.

A utilização nas avaliações da inferência estatística por “Regressão Linear Múltipla” gerou uma revolução da engenharia de avaliações no Brasil, induzindo e viabilizando um perfil mais “científico” de atuação dos profissionais avaliadores. A CAIXA teve destacado papel neste processo, principalmente a partir do ano de 1990, quando o governo federal instituiu a venda de milhares de imóveis funcionais, de forma praticamente concomitante e com financiamento pela CAIXA. Na ocasião, formou-se um seleto grupo de trabalho sob a gestão da área de engenharia da Matriz da CAIXA para dar cabo da missão. Utilizou-se como ferramenta um dos primeiros softwares de “Regressão Linear Múltipla, que foi desenvolvido pelos próprios avaliadores da CAIXA. A partir de então, a metodologia

se difundiu rapidamente e é atualmente a mais empregada. Discorreram sobre este tema os engenheiros Moises Ricardo Pinheiro Castilho e Erieldon Bezerra Leão, instrutores da matéria.

Com o advento das ferramentas de georreferenciamento e geoprocessamento, passou a ser utilizada, seja em avaliações pontuais como também nas avaliações em massa, a metodologia da inferência estatística por “Regressão Espacial”, que considera a influência dos imóveis vizinhos na formação dos preços, computadas

ACERVO PRODUTIVA



as distâncias entre os imóveis. Algumas Plantas de Valores Genéricos (PVG) de municípios, inclusive de algumas capitais de estado, foram desenvolvidas utilizando esta metodologia com bons resultados. Este tema ficou a cargo do engenheiro estudioso do assunto Vinicius Kawanami Defreitas,.

Mestre em Inteligências Artificiais, que abrangem as “Redes Neurais Artificiais”, o engenheiro Antonio Pelli Neto é o autor do capítulo sobre este tema que tantos desafios e possibilidades de aplicação apresenta. A metodologia busca emular os princípios fundamentais de funcionamento do cérebro humano. É possível identificar nas “Redes Neurais Artificiais” componentes “anatômicos” como os neurônios e as conexões sinápticas. Da mesma forma que acontece nos humanos, faz-se necessário um treinamento das “Redes Neurais Artificiais” para que as mesmas possam ser utilizadas, no presente escopo para a avaliação de “bens” imóveis. O aprendizado da rede se dá pela extração de regras básicas a partir de casos ou dados reais conhecidos, diferindo da computação programada, onde é necessário um conjunto de regras rígidas pré-fixadas e algoritmos. Esta metodologia, de um

modo geral, requer grandes volumes de dados e uma compatível capacidade de processamento. Na medida em que novos dados são inseridos, o treinamento e o aprendizado evoluem de forma continuada e novas conclusões poderão ser geradas a partir dos estímulos ou inputs subsequentes.

A “Análise de Envoltória de Dados” ou DEA (Data Envelopment Analysis), foi difundida como ferramenta para se medir a eficiência, principalmente nas linhas de produção. O autor engenheiro Luiz Fernando de Lyra Novaes é mestre no assunto e defensor de sua utilização também para fins de avaliação, onde a análise

de envoltória dos dados é realizada sob duas óticas, a do vendedor e a do comprador, com vistas à definição do valor de mercado do “bem” objeto, que se encontrará entre estas duas fronteiras. A metodologia está sendo testada também para medir a eficiência das unidades regionais de habitação, atualmente GIHAB, possibilitando aos gestores o diagnóstico de deficiências e potencializando ações para melhoria da eficiência de suas unidades.

Por iniciativa da CAIXA, na penúltima revisão da NBR 14.653-2 da ABNT, “Avaliação de Imóveis Urbanos”, foram criados anexos informativos sobre três das principais novas metodologias disponíveis à época para a avaliação, quais sejam, a “Regressão Espacial”, “Redes Neurais Artificiais” e “Análise de Envoltória de Dados”, pelos quais ficaram responsáveis, respectivamente, os colegas da CAIXA engenheiros Rubens Dantas, Antônio Pelli Neto e Luiz Fernando de Lyra Novaes. Estes anexos são de cunho mais informativo e se propuseram a despertar o interesse dos avaliadores em estudar, desenvolver e aplicar estas novas metodologias. Tal como ocorreu com a Regressão Linear e Avaliação por Fatores, estes anexos poderão adquirir cunho normativo em futuras revisões da mesma norma.

A “Lógica Fuzzy”, lógica difusa ou lógica nebulosa é utilizada na avaliação de imóveis principalmente como uma ferramenta de apoio à decisão e modelagem de variáveis influenciadoras na formação dos preços, que sejam de difícil mensuração, que contenham ambiguidades, informações incompletas e incertezas nas definições de seus valores, tornando possível capturar informações vagas e convertê-las para um formato numérico. Na “Lógica Fuzzy”, é admitido o princípio da dualidade, onde dois eventos opostos podem coexistir em situações nas quais um elemento pertence, num certo grau, a uma realidade, e, num outro grau, a outra realidade. Estabelece-se, assim, uma escala de correção na qual um pressuposto varia em grau de verdade, podendo ser parcialmente verdadeiro ou parcialmente falso. Este tema foi explorado pelo engenheiro Hermes Luiz Bolinelli Junior, autor de várias produções temáticas sobre o assunto.

Nas situações onde o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, em suas diversas formas acima abordadas, não possa ser aplicado, seja pela atipicidade do “bem” objeto ou pela insuficiência de dados de mercado comparáveis, podem ser utilizados métodos como o “Evolutivo”, “Involutivo” ou “Método da Renda”.

O “Método Evolutivo” é utilizado quando se pretende obter o valor do “bem” a partir dos valores de suas partes componentes, por exemplo, na avaliação de um prédio a partir do valor do seu terreno e de suas benfeitorias, onde o terreno possa ser avaliado pelo método Comparativo de Dados de Mercado e suas benfeitorias pelo seu custo. É importante ressaltar que o total dos valores das

partes de um “bem” não resulta necessariamente no seu valor de mercado, razão pela qual faz-se necessária a aplicação do chamado “fator de comercialização” que deve ser definido de forma fundamentada no trabalho. O tema Método Evolutivo foi abordado pelos engenheiros Paulo Cesar da Rosa Righi e Marcelo Medvid, que têm aplicado com sucesso a metodologia na região sul do Brasil, onde estão lotados. O Método Evolutivo é empregado também em Plantas de Valores Genéricos (PVG), que estabelecem, por exemplo, o valor dos terrenos e o valor unitário (R\$/m²) das benfeitorias como forma de melhor contemplar a heterogeneidade dos imóveis abrangidos no processo de avaliação em massa.

Quando se pretende buscar, em linhas gerais, o valor de um “bem” que é parte ou pode ser considerado parte de um outro “bem”, seja ele real ou projetado, pode ser utilizado o “Método Involutivo”, pelo qual o valor da parte é definido a partir do valor global real ou potencial respectivamente. Este método é bastante difundido na avaliação de glebas urbanas, onde se considera um projeto de aproveitamento eficiente da gleba, por exemplo, para a produção e comercialização de unidades imobiliárias. Em uma visão simplificada, o valor da gleba é obtido deduzindo-se do valor geral de vendas das unidades (VGV), os custos para implantação do projeto e de sua comercialização. Trata-se de um método tão sensível quanto maior a carga de subjetividade e menor o grau de fundamentação dos parâmetros utilizados. Este tema ficou a cargo do engenheiro Ricardo Miguel e Souza de Souza, que possui destacado conhecimento e experiência no assunto.

O “Método da Renda” é empregado comumente na avaliação de empreendimentos geradores de renda em geral, em especial para os que possuam base imobiliária, tais como shopping centers, hotéis, hospitais, parques temáticos, dentre outros. Parte-se da premissa de que o valor do “bem” ou empreendimento objeto é função dos resultados financeiros que o mesmo poderá gerar. É comumente com base no histórico de receitas e despesas do empreendimento que são gerados cenários probabilísticos e fluxos de caixa a eles vinculados, contendo receitas e despesas futuras. O valor do “bem” ou empreendimento objeto é definido estatisticamente a partir dos valores presentes dos fluxos de caixa. Este tema foi abordado pelo engenheiro Sérgio Antão Paiva, que participou ativamente do processo normativo de avaliações da ABNT como relator da comissão de estudos daquela entidade, com ênfase neste contexto para a NBR 14.653-4 referente a Avaliações de Empreendimentos.

Mestre em Cadastro Municipal Multifinalitário e especialista em “Plantas de Valores Genéricos” (PVG), o engenheiro Carlos Etor Averbeck é um entusiasta defensor da prestação de serviços pela CAIXA aos municípios nestas áreas, como forma de promover o desenvolvimento institucional das cidades, a justiça

fiscal e alavancar negócios para a CAIXA. Defende também Averbeck que, na elaboração e atualização de suas PVG, os municípios busquem continuamente uma maior atualização, precisão e menor dispersão de seus resultados em relação à realidade de mercado e aponta que existem mecanismos disponíveis para que seja feito este diagnóstico de forma periódica ou continuada. Está constatado que os investimentos em Cadastro Municipal e PVG são retornados rapidamente em forma de aumento da arrecadação das prefeituras e de outros benefícios tangíveis ou não para a sociedade. Os custos das PVG estão caindo proporcionalmente ao longo do tempo pelo emprego de novas tecnologias, como imagens de satélites ou por drones, por exemplo. Neste sentido, a CAIXA agrega ainda como diferencial de mercado a possibilidade de valer-se das informações geradas pelas avaliações que realiza, de centenas de milhares de imóveis anualmente, e pelas suas respectivas pesquisas de mercado, distribuídas espacialmente em todos os municípios do país.

Finalizo desejando a vocês leitores que se deleitem com o conteúdo desta

publicação e se interessem pela ciência da engenharia de avaliações, classificada como tal pela nova NBR 14.653-1 “Procedimentos Gerais”, que possui larga aplicação no dia a dia, podendo gerar muitos frutos seja no âmbito pessoal, empresarial, institucional e para a sociedade em geral.

Faço aqui um reconhecimento aos gestores da CAIXA que patrocinaram este projeto e também ao arquiteto Ives Yokoyama de Almeida, aos autores e demais participantes pelo empenho em viabilizá-lo.

Agradeço à CAIXA em geral e em particular aos colegas avaliadores do quadro de empregados, aos avaliadores credenciados da CAIXA, aos membros de instituições técnicas como o IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia e a SOBREA – Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações, com os quais tive a honra e o privilégio de conviver e atuar durante décadas de muito aprendizado, tanto na condição de engenheiro avaliador quanto como gestor do processo de avaliações da gerência regional de Brasília, atualmente GIHAB/BR, e da gerência nacional da Matriz, atualmente GEHPA.



1

HISTORIA DA AVALIAÇÃO NA CAIXA

Fernando de Carvalho Turino

Ricardo Gomes de Oliveira

O primeiro documento sobre avaliação na Caixa que temos notícia foi a Norma elaborada por engenheiro do Departamento de Engenharia de São Paulo. Ela foi encaminhada em 19 de agosto de 1952 para o Sr. Presidente da Caixa Econômica Federal de São Paulo e para o Diretor Superintendente do Departamento de Engenharia.

A finalidade desta Norma era dar maior padronização na elaboração dos Laudos de Avaliação e torna-los mais completos, o que facilitaria os serviços de fichário e cadastro do Departamento de Engenharia. Baseados na divulgação desta primeira norma, interpretamos, pelo descrito, que os trabalhos de avaliação de bens na Caixa já existiam, mas não temos informações de quando efetivamente começaram a ser elaborados.

Este documento encaminhou em anexo as seguintes normas: Normas Gerais; Norma para avaliação de terreno; Norma para avaliação de terreno e construção; Norma para avaliação de unidade autônoma de condomínio e Norma para avaliação de indústria.

Concomitantemente a essa iniciativa interna na Caixa, houve também em 1952 o surgimento de um anteprojeto de Norma para avaliação de imóveis encaminhados à ABNT. Em 1957 recebeu a nomenclatura P-NB-74-R. Presumisse que, nesta época, havia no meio dos profissionais atuantes na área de avaliação de imóveis uma necessidade de maior aperfeiçoamento e qualidade nos trabalhos avaliatórios.

As avaliações de bens na CAIXA desde a década de 1960 eram realizadas por profissionais credenciados e que atuavam diretamente junto às Agências, onde eram geradas as demandas. As regras para elaboração dos trabalhos de avaliação passaram a ser descritas em documentos internos que eram publicados nos Tomos para prestação de serviços de engenharia. Nesta década houve uma demanda acentuada face ao grande número de desapropriações na cidade de São Paulo para a abertura de grandes avenidas e para as primeiras obras do metrô.

Considerando que a Caixa absorveu as atividades do antigo Banco Nacional da Habitação – BNH,

cabe relatar também um pouco da história das atividades da avaliação de imóveis naquela instituição. As avaliações de unidades edificadas, basicamente os conjuntos habitacionais, eram feitas pelo Departamento de Engenharia - DEGEN, que tinha suas normas próprias baseadas nas da ABNT. A partir de 1977, com a criação do Departamento de Terras - DETER foi criado um setor específico para a realização de avaliações de terrenos. Para a uniformização dessas avaliações foi editada uma Instrução de Diretoria que recebeu a nomenclatura de ID GDA 14/1977, que na prática era uma norma interna para avaliação de terrenos. Diferentemente da Caixa, os trabalhos de avaliação no BNH eram executados pelos profissionais do próprio quadro.

Estes movimentos internos no BNH estavam em ressonância com o que estava acontecendo em todo Brasil, quando a área de avaliações passou a ter maior interesse dos profissionais militantes nesse ramo. Em 1974 houve o 1º Congresso Brasileiro de Avaliações, em São Paulo; em 1977 aconteceu a publicação da 1ª Norma para avaliação de imóveis Urbanos da ABNT – NB-502/77. Nesta ocasião a maioria dos trabalhos de avaliação de imóveis que utilizavam o método comparativo de dados de mercado se valia dos fatores de homogeneização consagrados e difundidos por alguns autores.

Na década de 1980 começou a surgir os princípios da hoje conhecida metodologia Científica aplicada à Engenharia de Avaliações. De maneira independente alguns profissionais vinham desenvolvendo esta metodologia: o Engenheiro Domingos de Saboya Barbosa, na Petrobrás; o engenheiro Rubens Alves Dantas, no BNH em Recife e a equipe de avaliação de terrenos no BNH no Rio de Janeiro. Aliás, o primeiro programa para cálculo de equações de regressão

que se tem notícia foi elaborado por profissional integrante da equipe do Departamento de Terras do BNH, desenvolvido em linguagem Basic. Também foi elaborado um programa para cálculo de valor de terreno, por fluxo de caixa, também nesta época. Paralelamente ocorreu a revisão da Norma NB 502/77 passando a ser denominada NB 502/89 e registrada no INMETRO como NBR 5676/90.

Na ocasião da incorporação do BNH pela Caixa, em novembro de 1986, existia o Setor de Avaliações na Divisão de Engenharia – DIENG, que basicamente cuidava apenas das avaliações patrimoniais e para terceiros. Como a sede do BNH era no Rio de Janeiro, a maior parte do quadro de engenheiros e arquitetos estava lotada nesta cidade. Assim, passou-se a ser atribuição do quadro próprio a executar todas as avaliações do Estado, praticamente extinguindo o

ACERVO CAIXA



credenciamento.

Com a popularização do uso computadores na década de 1990, a Engenharia de Avaliações tomou um grande desenvolvimento pela utilização da Metodologia Científica quando da adoção do método comparativo de dados de mercado, com o uso de equações de regressão. Nesta ocasião, começou a se desenvolver alguns bancos de dados imobiliários específicos.

No final desta década e início dos anos 2000 foram criados grupos de trabalho para desenvolverem sistemas de utilização de peças técnicas e formalização de bancos de dados que receberam o nome de Sistemas de Peças Técnicas – SIPAT e Banco de Dados Comum – BR Elementos. Apesar de grande esforço e recursos despendidos, apenas algumas capitais desenvolveram seus bancos de dados, sobressaindo-se os de apartamentos. Externamente, nesta mesma época, houve a revisão das normas da ABNT, para a atividade de avaliação de bens, quando foram editadas as Normas NBR 14653, geral e suas partes específicas, com a participação de profissionais da CAIXA.

Em 2010 foi criado um Grupo de Trabalho para desenvolver um sistema que proporcionar-se a criação do Índice Imobiliário. Foram escolhidas inicialmente 10 capitais onde havia algum tipo de banco de dados desenvolvido. Numa segunda etapa foram contempladas outras cidades. Além da sedimentação de uma cultura de desenvolvimento de banco de dados, com toda uma rotina

de manutenção, também, foi criado sistema de elaboração de Laudos de Avaliação e envio de dados, denominado SIMIL – Sistema de Informações Imobiliárias.

Esta oportunidade de desenvolvimento de banco de dados vem proporcionando as equipes de avaliações espalhadas pelo Brasil, uma ferramenta poderosa no controle da atividade, quer na produção de Laudos pela equipe do próprio quadro, no revisionamento e monitoramento dos trabalhos realizados pelas empresas credenciadas, na elaboração de trabalhos periciais, que necessitam de valores pretéritos, dentre outros.

Novos métodos como a Regressão Espacial, a Análise Envoltória de Dados, as Redes Neurais Artificiais e a Lógica Fuzzy, são outras ferramentas analíticas para estudo do comportamento do mercado imobiliário que foram desenvolvidas por profissionais do corpo técnico da CAIXA. Tratam-se de métodos reconhecidos com premiações em congressos e alguns já incorporados a própria norma de avaliações de Imóveis do Brasil.

Com a dinâmica do desenvolvimento das atividades da Engenharia de Avaliações, as Normas da ABNT vêm sendo constantemente revisadas, e de modo especial a NBR 14653 – Parte 2 – Imóveis Urbanos e mais recentemente a Parte 1 – Procedimentos Gerais e sempre contando com a participação de arquitetos e engenheiros do quadro da empresa.

ACERVO CAIXA



2

VALIAÇÃO DE IMÓVEL URBANO MEDIANTE AMOSTRA HOMOGÊNEA

Carlos Abrantes de Souza e Silva

INTRODUÇÃO

A avaliação de um imóvel pode ser realizada por meio de vários métodos, devendo a metodologia escolhida ser compatível à natureza do bem, à finalidade, ao objetivo e ao prazo-limite da avaliação, bem como, definida conforme a disponibilidade de dados de mercado (NBR 14653).

A norma de avaliação de bens da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 14.653, em suas partes 1 – Procedimentos Gerais e 2 – Imóveis Urbanos, preceitua que, sempre que possível, deve ser preferível utilizar o método comparativo direto de dados de mercado para a identificação do valor de mercado.

Por sua vez, segundo a norma citada, o método comparativo direto de dados de mercado é aquele que identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos

dos elementos comparáveis, constituintes da amostra.

A norma também preceitua que a composição da amostra deve ser representativa do mercado de imóveis com características semelhantes às do imóvel avaliando, logo, o tratamento dos atributos dos dados será necessário sempre que estes sejam mais heterogêneos do que homogêneos, entre si e em relação ao imóvel avaliando.

Assim, para se prescindir do tratamento dos dados, seja por fatores ou por metodologia científica (em que, predominantemente, se emprega a Regressão Linear Múltipla com Inferência Estatística) é necessário atingir-se à convicção de que a amostra coletada possa ser considerada homogênea.

APLICABILIDADE

A utilização de amostra homogênea em avaliação de imóveis vem se tornando mais viável à medida que os bancos de dados de mercado contenham elevado número de elementos e os sistemas computacionais tornem-se mais robustos e possam ser dotados de maiores recursos para as análises dos atributos dos dados.

Um banco de dados com elevado número permite sucessivos filtros, sobretudo, em relação às variáveis qualitativas, até resultar em uma amostra que, não obstante apresente variação das variáveis quantitativas (em especial, as contínuas), após ser submetida a análises estatísticas de seus atributos, possa ser admitida como homogênea e assemelhável ao imóvel avaliando, propiciando resultados satisfatórios.

A análise estatística dos atributos pode ser univariada, isto é, estudo em que as variáveis são analisadas de forma isolada e multivariada, análise em que se permite um estudo global das variáveis, colocando em evidência suas ligações, semelhanças ou diferenças, dentre outros aspectos.

A análise univariada, envolve descrever a distribuição de uma única variável, especialmente, por meio de sua medida central¹ e dispersão², enquanto que a análise multivariada, envolve, normalmente, o emprego de vários métodos tais como: as análises de agrupamentos, de componentes principais e fatorial.

O método de análise multivariada deve ser selecionado com cautela, conforme a formulação do problema, assim como, a escolha das variáveis, visto que, as que não apresentem importância poderão vir a distorcer o resultado final da análise (VICINI, 2005).

O atual advento computacional viabiliza que ambas as análises estatísticas

¹ As mais usuais são a média, a moda e a mediana.

² Usualmente, contempla a diferença entre o maior e o menor valores, o quantil do conjunto de dados, a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação.



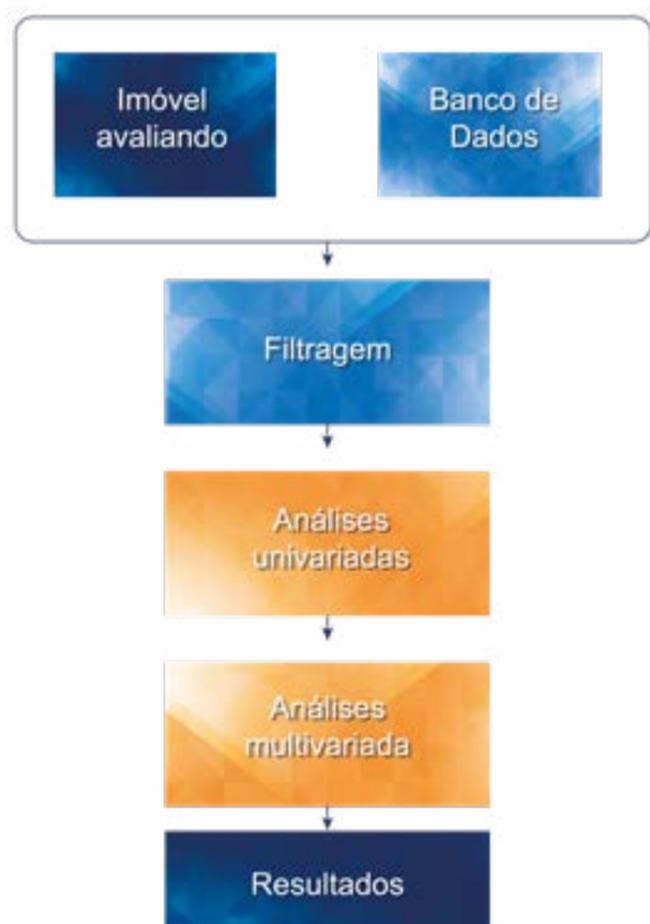
– uni e multivariada – possam ser realizadas com certa facilidade.

Programas computacionais sofisticados, tais como: SAS, Minitab, BMDP, Statistica, S-Plus, Systat e R-project, dentre outros, permitem a aplicação de estatísticas multivariadas de modo direto, porém ainda não são muito difundidos, em particular, entre os profissionais, arquitetos e engenheiros, que se dedicam à avaliação de imóveis.

METODOLOGIA

Este trabalho propõe, basicamente, o emprego combinado das análises estatísticas uni e multivariadas à busca da identificação de uma amostra homogênea para se avaliar um imóvel urbano. A partir das características do imóvel a se avaliar e com base em banco de dados assemelhável, disponível em sua região, utilizando-se uma planilha de cálculos computacional de fácil assimilação (Excel ou similar), sugere-se o passo-a-passo metodológico expresso no esquema da Figura 1, a seguir detalhado.

FIGURA 1 – ESQUEMA METODOLÓGICO PROPOSTO



1º passo:

Filtragem das variáveis qualitativas e quantitativas que expressem pouca variação³ de modo a atingir uma perfeita homogeneização, com atributos idênticos ao do imóvel avaliando;

2º passo:

Análises Univariadas de cada variável, isoladamente, da amostra resultante da filtragem, considerando-se os atributos mínimo, máximo e médio, o desvio padrão, o coeficiente de variação⁴ (com classificação da dispersão) e a checagem de elementos extremos (mínimo e máximo da amplitude) pelo critério de Chauvenet⁵.

O dado identificado como discrepante neste passo não deve ainda ser desabilitado, até que também seja verificado no passo seguinte.

Deve-se assegurar que o avaliando não possui atributos que extrapolem as amplitudes dos atributos das variáveis estudadas.

3º passo:

Análise Multivariada do conjunto das variáveis, mediante análise de agrupamento, considerando-se a distância de *Mahalanobis*⁶ de cada dado ao centróide, considerando a comparação a uma distância crítica, a fim de se identificarem eventuais “out liers”⁷, ou dados que sejam heterogêneos em relação à amostra, a serem desconsiderados da mesma.

Várias distribuições estatísticas podem ser utilizadas para a obtenção da distância crítica. Neste trabalho é testada a distância crítica obtida pela distribuição *qui-quadrado*⁸, em função de ser um teste não paramétrico⁹ e por sua facilidade de obtenção com o uso de planilha de cálculo computacional, como o Excel.

Caso seja identificado dado heterogêneo neste passo, também já identificado no passo

3 Sugere-se tornar idênticas em relação ao avaliando, as variáveis dicotômicas, códigos alocados e ajustados, assim como, as variáveis quantitativas e proxy que apresentem amplitude, em torno de, até quatro unidades, como é usual ocorrer com o nº de banheiros, suítes, quartos e vagas de garagem.

4 O Coeficiente de Variação (CV) dá-se por: $CV=s/\bar{X}$, onde: s é o desvio padrão e \bar{X} é a média dos atributos da variável analisada.

5 Vide o Apêndice A para maiores informações sobre o critério de Chauvenet.

6 Conforme menciona a nota 7 da NBR 14653-2:2011. Vide o Apêndice B para maiores informações sobre a distância de *Mahalanobis* (D).

7 “Outlier” é definido, segundo a NBR 14653-2:2011, como o “ponto atípico, identificado como estranho à massa de dados.”

8 A distribuição *qui-quadrado* é empregada por OLIVEIRA como distância crítica, especialmente, quando empregada a Distância de *Mahalanobis* robusta. Vide o Apêndice C para maiores informações sobre a distribuição *qui-quadrado*.

9 O teste não depende dos parâmetros populacionais – média e variância.

anterior, confirma-se a indicação para sua não inclusão no rol amostral e repetição de ambos os passos sem o mesmo.

4º passo:

São obtidos os Resultados da avaliação, valores médio, mínimo e máximo do Intervalo de Confiança a 80% de probabilidade (segundo a distribuição de Student), os valores mínimo e máximo do Campo de Arbítrio e a identificação do grau de precisão, conforme a NBR 14653-2:2011, bem como, a classificação final de dispersão.

OUTROS ASPECTOS NORMATIVOS E METODOLÓGICOS

Nas avaliações mediante amostra homogênea, os dados de mercado devem conter todas as informações das variáveis analisadas (inclusive as que contenham os atributos idênticos ao avaliando), fotografias e terem sido observados no local pelo autor do laudo de avaliação¹⁰.

A extrapolação de variável não é permitida no caso de avaliação por meio de amostra homogênea.

Por analogia, admitindo-se o preceito quantitativo da norma NBR14653-2:2011 da ABNT aplicável no caso de uso da regressão linear, pode-se assumir que a quantidade mínima de dados necessária à avaliação mediante amostra homogênea, seria igual a $3(k+1)$, sendo k o número de variáveis consideradas na análise multivariada, condição equiparada ao grau I de fundamentação sob este aspecto.

Ressalve-se que o tamanho da amostra pode afetar os resultados de uma análise multivariada, se nas pequenas amostras¹¹ (caso comum em avaliação de imóveis) podem resultar em baixo poder estatístico e o teste, aparentemente, apresentar um “ajuste” muito fácil dos dados, nas muito grandes podem tornar o teste estatístico muito sensível (Hair Jr. *et al*, *apud* Sartorio, 2008).

EXEMPLO

Avaliação de um apartamento na cidade do Rio de Janeiro, na condição de oferta, localizado no bairro de Jacarepaguá, próximo ao Parque Olímpico, na subzona urbanística A-36, situado na Av. Vice-Presidente José Alencar, nº 1.500 – Condomínio Reserva Jardim, cujas características principais são:

¹⁰ Conforme o cunho acadêmico e didático deste trabalho, e sendo os dados utilizados integrantes de Empreendimentos previamente conhecidos, eximiu-se de apresentar fotos e de vistoriar os dados da amostra, bem como, de apresentar os atributos das variáveis que foram homogeneizados perfeitamente.

¹¹ Na análise multivariada, é usual considerar-se pequena uma amostra com até 20 dados. Para Hair Jr. *et al* (2006), *apud* Sartorio (2008), a quantidade mínima de dados deve ser igual a $5(k)$, sendo k o número de variáveis consideradas na análise multivariada.

- Idade = 5 anos;
- Data = 195 (março/2016);
- Área privativa = 78,15m² (100% coberta);
- Vagas de garagem = 1;
- Nº de suítes = 1;
- Padrão do prédio e do apartamento = 4 (Normal);
- Estado do prédio e do apartamento = 5 (Bom) e
- Andar = 6.

O prédio possui elevadores, grandes áreas de lazer e, no contexto local, está distante da Favela Asa Branca.

Em consulta a Banco de Dados com 267 elementos (utilizado em modelo de Valoração na região) foi possível selecionar uma amostra com 16 dados, todos situados no mesmo logradouro em empreendimentos assemelhados, demonstrados na figura 2.

No Apêndice D, encontram-se as Planilhas de Cálculo e Análises, mencionadas no decorrer do desenvolvimento da metodologia.

Aplicação da metodologia

AMOSTRA COM 16 DADOS

1º passo - Filtragem

Dentre os dados da amostra filtrada, 15 mais se assemelham ao avaliando, enquanto que o 16º dado, já sabidamente mais heterogêneo, sobretudo em virtude da área (166,00m²) e o preço total (R\$1.276.000,00) serem atributos bem mais elevados que os dos demais elementos e que os do avaliando, foi, propositalmente, incluído para testar a metodologia, tendo-se, já de antemão, a expectativa de sua exclusão ao serem procedidas as análises uni e multivariadas.

2º passo – Análises univariadas

A planilha I contém as diversas análises de cada variável isoladamente, seus atributos mínimo, médio e máximo, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), classificação da dispersão¹², análise de *Chauvenet* e se houve extrapolação de alguma variável em relação ao avaliando.

Observa-se que o 16º dado (elemento nº 218 do Banco de dados original) possui os desvios em relação aos desvios padrão (d/s), relativos às variáveis área e preço total (iguais, respectivamente, a 3,42 e 3,27), superiores ao valor crítico tabelado por *Chauvenet* (2,16), sendo assim um dado suspeito de ser um “*out lier*”.

¹² A dispersão foi classificada, conforme adaptação de Dantas (1998), sendo: Alta se $CV > 30\%$, Intermediária ou Média se $10\% < CV \leq 30\%$ e Baixa se $CV \leq 10\%$.

Também se observa que a variável idade apresenta dispersão alta, o que poderia, a princípio, suscitar uma revisão da Filtragem (1º passo), hipótese que seria viável se houvesse mais elementos disponíveis no Banco de Dados.

Neste exemplo hipotético, optou-se por mantê-la até que fosse procedida a análise multivariada, obtidos os resultados e realizada a comparação aos resultados oriundos de modelo de Regressão Linear Múltipla consolidado na região (“Valoração Cidade Jardim”).

3º passo – Análise multivariada

A planilha II contém o resultado dos cálculos da Distância de *Mahalanobis* e o resultado da análise em confronto à Distância crítica da distribuição *qui-quadrado* para uma probabilidade igual a 0,995 (ou 99,5%)¹³.

O resultado desta análise apontou que o dado 16 é **heterogêneo** em relação aos demais, confirmando a suspeita indicada pelo critério de *Chauvenet*, pois a Distância de *Mahalanobis* (igual a 3,6301) é maior que a Distância crítica (igual a 3,074), indicando sua retirada da amostra.

Amostra com 15 dados

Repetição do 2º passo – Análises univariadas

Com a retirada do dado 16 (nº 218 da contagem original do banco de dados) não se observaram outros dados (com $d/s > d/s$ Crítico) pelo critério excludente de *Chauvenet*, para qualquer das variáveis estudadas, conforme pode-se verificar na planilha III.

Repetição do 3º passo – Análise multivariada

A Planilha IV contém o desenvolvimento dos cálculos da Distância de *Mahalanobis* e o resultado da análise em confronto à distância crítica da distribuição *qui-quadrado*.

Nesta análise todos os dados foram considerados homogêneos entre si, isto é, todos tem D *Mahalanobis* $\leq D$ Crítica.

4º passo – Resultados

São apresentados, também, na planilha III, os principais resultados: os valores médio (R\$634.987,55), mínimo (R\$613.196,82) e máximo (R\$656.778,27) do Intervalo de Confiança de 80% calculado por *Student*, cuja amplitude em torno da média, igual a 7,27%, indica a obtenção do grau III de precisão normativa.

¹³ O que admite-se representar um extremo rigor na análise de discrepância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exemplo apresentado localiza-se em região de expansão da cidade com grande oferta de imóveis para venda e com significativo histórico de financiamentos imobiliários, o que favoreceu à utilização de uma amostra homogênea final com um número razoável de elementos no contexto avaliatório (15 dados), capaz de atender à prescrição normativa mínima, neste trabalho assumida por analogia ao tratamento por Regressão Linear Múltipla.

Observou-se convergência das heterogeneidades apontadas em ambos os estudos estatísticos. Tanto a análise isolada das variáveis, segundo o critério de *Chauvenet* (análise univariada), como a análise em conjunto, mediante a Distância de *Mahalanobis* (análise multivariada), indicaram a retirada do 16º dado.

O confronto dos resultados obtidos na avaliação por amostra homogênea em relação aos resultados obtidos em modelo de Regressão Linear Múltipla¹⁴ (por amostra heterogênea) consolidado na região, empregado nos procedimentos de “Valoração”, denominado “Cidade Jardim + Expandida” apontou expressiva convergência, sendo a diferença entre os valores de tendência central de apenas 0,28%.

Esta convergência de valores induz à interpretação de que a manutenção da variável idade no modelo homogêneo, ainda que esta apresentasse alta dispersão, não interferiu no desempenho do mesmo. Pode-se, também, ponderar que a variação de idade (1 a 5 anos) no mercado imobiliário, de fato possa ser pouco relevante, quando de uma compra efetiva por um interessado.

Por fim, considerando-se a fase inicial de aplicação do método ora proposto, é recomendável seu aprofundamento antes de utilizá-lo em larga escala, com desenvolvimento de outros estudos de caso, bem como, sejam também checados outros testes estatísticos, como, a Distância de *Mahalanobis* robusta e o confronto a outros valores críticos, como o oriundo da distribuição F e o critério lambda Wilks.

¹⁴ O Apêndice E possui os resultados obtidos pelo modelo de RLM conforme os atributos do avaliando.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONTI, F. “*Distribuição Qui-quadrado*”. Aula do Laboratório de Informática da Universidade Federal do Pará – UFPA.

DANTAS, R. A., “*Engenharia de Avaliações – Uma introdução à metodologia científica*”. Ed. Pini. São Paulo/SP. 1998.

ESTATCAMP; DIGUP. “*Distribuição Qui-quadrado*”. Portal de Estatística. Texto 63. www.portalaction.com.br

F.E.M. UNICAMP. “*O Critério de Chauvenet*”. Texto em www.fem.unicamp.br/~instmed/Criterio_Chauvenet.doc.

FÍSICA, DEPTO. “*Teste do Qui-quadrado, χ^2* ”. Apontamento 5 – Capítulo 10. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – FCTUC. Portugal. 2007/8.

LIBERAL, T. “*Modelos de Probabilidade e Inferência Estatística – Distribuição Qui-quadrado, t-Student e F de Snedecor*”. Aula do Departamento de Estatística. Universidade Federal da Paraíba.

M.S.P.C. ENG^a. “*Critério de Chauvenet*”. Texto em <http://www.msps.eng.br/tecdiv/med200.shtml>.

NORMA DE AVALIAÇÃO DE BENS. “*NBR 14.653 – Partes 1 (Procedimentos Gerais) e 2 (Avaliação de Imóveis Urbanos)*”. ABNT. 2001 e 2011.

OLIVEIRA, P. T. M. S.; SANTOS, J. O.; MUNITA, C. S., “*Identificação de valores discrepantes por meio da Distância Mahalanobis*”. Universidade de São Paulo – USP/São Paulo/SP.

PENNY, K. I., “*Appropriate Critical Values when Testing for a Single Multivariate Outlier by Using the Mahalanobis Distance*.” Em Applied Statistics, 35, Royal Statistical Society, UK, 1987. p.153-162.

SARTORIO, S. D., “*Aplicações e técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R*”. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo – Piracicaba/SP. 2008.

TODT, E. “*Tópicos em visão computacional – Matriz de covariância*”. Aula do Depto. De Informática e Ciência da Computação. Universidade Federal do Paraná.

VICINI, L., “*Análise multivariada da teoria à prática*”. Monografia – curso de especialização – Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2005.

APÊNDICE A – CRITÉRIO DE CHAUVENET - CONSIDERAÇÕES

O Critério de *Chauvenet* é um teste que permite determinar se um elemento amostral é discrepante, ou “*outlier*”, em relação aos demais elementos da amostra, supondo-se que esta pertença a uma distribuição normal.

Trata-se de uma análise *univariada* consolidada há muitos anos como critério para identificação de dados suspeitos no tratamento de dados por fatores, em que o desvio dos elementos extremos em relação à média é relacionado ao desvio padrão da amostra e comparado a um valor crítico.

Neste teste, o valor crítico é obtido a partir da probabilidade de ocorrência igual a $1/2n$, segundo a função de densidade da distribuição normal.

Assim, se $d/s \text{ extremo} \leq d/s \text{ crítico}$ o dado checado permanece na amostra para um desvio, $d=(x_e - \bar{x})$, onde: x_e são os dados extremos (máximo e mínimo), \bar{x} é a média, s é o desvio padrão e n o nº de dados da amostra.

Tabela de valores críticos de Chauvenet

n	d/s crit	n	d/s crit
1	-	16	2,16
2	-	17	2,18
3	-	18	2,20
4	1,54	19	2,23
5	1,65	20	2,24
6	1,73	21	2,26
7	1,80	22	2,28
8	1,88	23	2,30
9	1,92	24	2,31
10	1,96	25	2,33
11	1,98	26	2,35
12	2,03	27	2,36
13	2,05	28	2,37
14	2,10	29	2,38
15	2,12	30	2,39

APÊNDICE B – DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS - CONSIDERAÇÕES

A Distância de *Mahalanobis* foi criada pelo indiano *Prasanth Chandra Mahalanobis* em 1936, considerando a variabilidade de cada unidade amostral, sendo recomendada, especialmente, quando as variáveis são correlacionadas, pois caso não sejam, ela seria equivalente à Distância *Euclideana* (CRUZ, 1990, apud VICINI, 2008).

Sua escala é invariante, isto é, não depende da escala da medida (SARTORIO, 2008), o que favorece seu emprego na estatística multivariada em análises de agrupamento que possuam variáveis com unidades e/ou escalas diversas, como normalmente, ocorre nas avaliações de imóveis.

Sobretudo por estes motivos, a Distância de *Mahalanobis* é comumente citada como um método para detectar “*outliers*” de dados multivariados, inclusive na NBR 14653-2.

Para cada uma das n observações num conjunto com p variáveis, é calculado um valor da distância D_i , conforme a expressão (PENNY, 1987):

$$D_i = \sqrt{\{(x_i - \bar{x})^T S^{-1} (x_i - \bar{x})\}}$$

Seja \bar{X} o vetor médio da amostra e S a matriz de covariância da amostra, segundo:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T$$

APÊNDICE C – DISTRIBUIÇÃO QUI-QUADRADO - CONSIDERAÇÕES

A distribuição *qui-quadrado* pode ser interpretada, tanto como um caso particular da distribuição *gamma*, como sendo a soma de normais padronizadas elevada ao quadrado¹⁵, caso uma variável aleatória contínua X tenha distribuição *qui-quadrado* com v graus de liberdade e se sua função densidade for dada por:

$$f(x) = \frac{1}{2^{v/2} \Gamma(v/2)} x^{(v/2)-1} \exp\left(-\frac{x}{2}\right); v > 0, x > 0$$

Trata-se de um teste de hipóteses não paramétrico, isto é, não depende dos parâmetros populacionais (média e variância), é simbolizado por χ^2 e cujo princípio básico é comparar proporções entre as possíveis divergências de frequências **observadas** e **esperadas** para um evento.

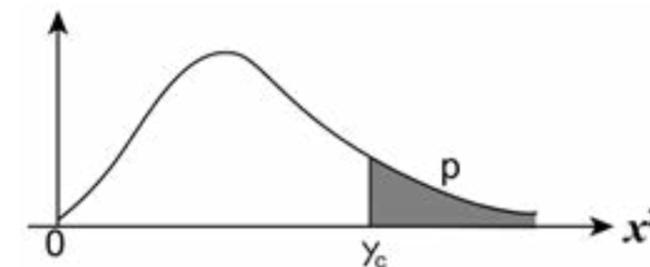
A fórmula para o cálculo de χ^2 proposta por Pearson é:

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{(o - e)^2}{e} \right]$$

Onde: o é a frequência observada e e a frequência esperada.

Por sua vez, o χ^2 tabelado depende do número de graus de liberdade e probabilidade, adotados neste trabalho, respectivamente, como o número de variáveis estudada na análise multivariada e 0,995 (ou 99,5%).

O gráfico a seguir mostra, esquematicamente, a função *qui-quadrado*, a área de probabilidade e o valor crítico:



Onde: p é a probabilidade para que $Y > y_c$,

Sendo: Y o valor calculado e y_c o valor crítico.

15 Vide portal de estatística: <http://www.portaaction.com.br/probabilidades/63-distribuicao-qui-quadrado>

APÊNDICE D – CÁLCULOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Planilha I - Análises univariadas da amostra com 16 dados.

AVALIANDO		Av. Vice-Presidente José Alencar, 1500					
ANÁLISES UNIVARIADAS		Modelo estatístico	FALSO	FALSO	FALSO		
		Conceito por Chauvenet	Homogêneo	Heterogêneo	Homogêneo	Heterogêneo	
		Análise Chauvenet	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	
		d/s superior	1,34	3,42	1,33	3,27	
		d/s inferior	0,81	0,82	2,03	0,93	
		Dispersão das variáveis	ALTA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	
		CV das variáveis	0,7448	0,2850	0,2271	0,2689	
		DP das variáveis	1,86	23,97	1,26	182.695,68	
		Atributos máximos das variáveis	5	586,00	8	1.276.000,00	
		Atributos médios das variáveis	3	84,11	6	679.295,32	
		Atributos mínimos das variáveis	1	69,31	3	509.992,00	
Amplitude do IC		7,27%	VALORES CALCULADOS (I.C. a 80%)				
Chauvenet crit		2,12	CAMPO DE ARBITRÓ (+ ou - 15%)				
N de dados		15	Grau de precisão II				
1(0,50) - 80%		1,345	Dispersão MÉDIA				
CV		0,1012	DADO HAB				
Dp		824,08	Nº				
			ENDERECO				
			TELEFONE				
			IDADE UH				
			AREA				
			ANDAR				
			PREÇO				
1	2	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 06	2494-9032	5	78,15	5	580.000,00
2	3	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 02	2494-9032	5	93,67	6	738.000,00
3	4	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 03	2494-9032	5	95,64	7	685.000,00
4	9	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2494-9032	3	91,12	8	638.000,00
5	13	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2494-9032	1	69,31	7	509.992,00
6	17	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 01	2494-9032	1	69,36	4	644.411,32
7	19	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2494-9032	1	69,31	6	656.068,28
8	24	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2494-9032	1	86,27	5	835.931,53
9	52	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2112-3454	1	69,31	6	537.313,00
10	53	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2112-3454	1	70,31	5	578.294,50
11	54	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2112-3454	1	70,31	4	582.848,00
12	58	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 02	2187-4450	5	78,20	6	625.000,00
13	59	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 03	2187-4450	5	78,15	6	650.000,00
14	61	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 01	2187-4450	1	69,31	6	541.866,50
15	63	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1515 / AP 507 / BL 04	2187-4450	3	91,29	5	790.000,00
16	218	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1455 / 306 / 03	2494-9032	1	166,00	3	1.276.000,00

OBS: Em vermelho, preços previamente tratados pelo fator relativo à existência de serviços de hotelaria.

Planilha III – Análises univariadas da amostra com 15 dados.

AVALIANDO		Av. Vice-Presidente José Alencar, 1500					
ANÁLISES UNIVARIADAS		Modelo estatístico	FALSO	FALSO	FALSO		
		Conceito por Chauvenet	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	Homogêneo	
		Análise Chauvenet	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	
		d/s superior	1,28	1,66	2,08	2,11	
		d/s inferior	0,85	0,91	1,58	1,39	
		Dispersão das variáveis	ALTA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	
		CV das variáveis	0,7239	0,1300	0,1918	0,1453	
		DP das variáveis	1,68	10,22	1,10	92.917,62	
		Atributos máximos das variáveis	5	95,64	8	835.931,53	
		Atributos médios das variáveis	3	78,65	6	639.515,01	
		Atributos mínimos das variáveis	1	69,31	4	509.992,00	
Amplitude do IC		7,27%	VALORES CALCULADOS (I.C. a 80%)				
Chauvenet crit		2,12	CAMPO DE ARBITRÓ (+ ou - 15%)				
N de dados		15	Grau de precisão II				
1(0,50) - 80%		1,345	Dispersão MÉDIA				
CV		0,1012	DADO HAB				
Dp		824,08	Nº				
			ENDERECO				
			TELEFONE				
			IDADE UH				
			AREA				
			ANDAR				
			PREÇO				
1	2	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 06	2494-9032	5	78,15	5	580.000,00
2	3	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 02	2494-9032	5	93,67	6	738.000,00
3	4	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 03	2494-9032	5	95,64	7	685.000,00
4	9	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2494-9032	3	91,12	8	638.000,00
5	13	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2494-9032	1	69,31	7	509.992,00
6	17	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 01	2494-9032	1	69,36	4	644.411,32
7	19	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2494-9032	1	69,31	6	656.068,28
8	24	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2494-9032	1	86,27	5	835.931,53
9	52	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 02	2112-3454	1	69,31	6	537.313,00
10	53	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2112-3454	1	70,31	5	578.294,50
11	54	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 04	2112-3454	1	70,31	4	582.848,00
12	58	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 02	2187-4450	5	78,20	6	625.000,00
13	59	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1500 / AP 507 / BL 03	2187-4450	5	78,15	6	650.000,00
14	61	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1400 / AP 507 / BL 01	2187-4450	1	69,31	6	541.866,50
15	63	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1515 / AP 507 / BL 04	2187-4450	3	91,29	5	790.000,00
16	218	AV VICE PRES. JOSÉ ALENCAR, 1455 / 306 / 03	2494-9032	1	166,00	3	1.276.000,00

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO		
MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
R\$ 613.196,62	R\$ 634.987,56	R\$ 696.778,27
R\$ 7.846,41	8.125,24	R\$ 8.404,07
R\$ 536.739,41	TOTAL	R\$ 730.235,88
R\$ 6.906,45	UNITÁRIO	R\$ 9.344,03

Planilha IV – Desenvolvimento dos cálculos da Distância de Mahalanobis e confronto à distância crítica, da amostra com 15 dados.

Planilha II – Resultados dos cálculos da Distância de Mahalanobis e confronto à distância crítica, da amostra com 16 dados.

Nº ORIG	Nº MOD	PR TOT	IDADE	ÁREA	ANDAR	$D_{Mahalanobis}$	Análise		
2	1	580.000,00	5	78,15	5	2,2315	Dado homogêneo		
3	2	738.000,00	5	93,67	6	1,4350	Dado homogêneo		
4	3	685.000,00	5	95,64	7	1,7376	Dado homogêneo		
9	4	638.000,00	3	91,12	8	2,3451	Dado homogêneo		
13	5	509.992,00	1	69,31	7	1,8850	Dado homogêneo		
17	6	644.411,32	1	69,36	4	1,7127	Dado homogêneo		
19	7	656.068,28	1	69,31	6	1,9160	Dado homogêneo		
24	8	835.931,53	1	86,27	5	2,4903	Dado homogêneo		
52	9	537.313,00	1	69,31	6	1,3422	Dado homogêneo		
53	10	578.848,00	1	70,31	5	1,2358	Dado homogêneo		
54	11	582.848,00	1	70,31	4	2,0004	Dado homogêneo		
58	12	625.000,00	5	78,20	6	1,4288	Dado homogêneo		
59	13	650.000,00	5	78,15	6	1,2926	Dado homogêneo		
61	14	541.866,50	1	69,31	6	1,1736	Dado homogêneo		
63	15	790.000,00	3	91,29	5	3,6301	Dado homogêneo		
218	16	1.276.000,00	1	166,00	3				
MÉDIAS						679.295,32	2,5	84,11	5,5625

n	variáveis (k)	GL (n-k)	Distr X ² (qui-quadrado)
16	4	12	D _{0,995} (P=0,995)
			3,074

Nº ORIG	Nº MOD	PR TOT	IDADE	ÁREA	ANDAR	$D_{Mahalanobis}$	Análise		
2	1	580.000,00	5	78,15	5	2,1452	Dado homogêneo		
3	2	738.000,00	5	93,67	6	1,5708	Dado homogêneo		
4	3	685.000,00	5	95,64	7	1,9471	Dado homogêneo		
9	4	638.000,00	3	91,12	8	2,4065	Dado homogêneo		
13	5	509.992,00	1	69,31	7	1,9205	Dado homogêneo		
17	6	644.411,32	1	69,36	4	1,6418	Dado homogêneo		
19	7	656.068,28	1	69,31	6	2,3352	Dado homogêneo		
24	8	835.931,53	1	86,27	5	2,5788	Dado homogêneo		
52	9	537.313,00	1	69,31	6	1,2926	Dado homogêneo		
53	10	578.294,50	1	70,31	5	1,2039	Dado homogêneo		
54	11	582.848,00	1	70,31	4	2,1443	Dado homogêneo		
58	12	625.000,00	5	78,20	6	1,8709	Dado homogêneo		
59	13	650.000,00	5	78,15	6	2,1626	Dado homogêneo		
61	14	541.866,50	1	69,31	6	1,2535	Dado homogêneo		
63	15	790.000,00	3	91,29	5	1,8425	Dado homogêneo		
MÉDIAS						639.515,01	2,60	78,65	5,73

n	variáveis (k)	GL (n-k)	Distr X ² (qui-quadrado)
15	4	11	D _{0,995} (P=0,995)
			2,603

APÊNDICE E – RESULTADOS DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR “CIDADE JARDIM + EXPANDIDA” PARA O AVALIANDO DO EXEMPLO

Modelo:

CJ + Expandida

Data de referência:

quinta-feira, 29 de dezembro de 2016

Informações Complementares:

Logradouro: Exemplo

Complemento: Confronto à avaliação por amostra homogênea

Bairro: Jacarepaguá

Município: Rio de Janeiro

UF: RJ

Dados do Imóvel Avaliando:

A priv = 78,15

Data = 195

Suíte = 1

Vagas = 1

Idade = 5

Pd pr = 4

Serv Ht = 0

Evento = 1

Andar = 6

Polo(-) dic = 0,00

Prop cob = 1,00

Valores da Mediana para Nível de Confiança de 80%

VALOR UNITÁRIO

Médio = 8.147,74

Mínimo IC = 7.973,96

Máximo IC = 8.325,31

VALOR TOTAL

Médio = 636.746,51

Mínimo IC (2,13%) = 623.165,55

Máximo IC (2,18%) = 650.623,45

3

MÉTODO COMPARATIVO DIRETO DE DADOS DE MERCADO – TRATAMENTO POR FATORES

Ronaldo Ferreira do Reis
Sergio Eduardo Fattori

Palavras Chave: fatores, homogeneização, método comparativo, saneamento da amostra

A técnica avaliatória de Tratamento por Fatores é aquela onde o valor do imóvel é obtido por comparação com outros semelhantes no qual são conhecidos seus preços no mercado imobiliário. Prevista na Norma Brasileira NBR-14.653-2 como uma das técnicas recomendadas do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado.

Esta técnica foi predominante até meados da década de 90 do século passado, quando da vigência das antigas NB-502/1977 e NBR-5676/1990 devido a facilidade de procedimentos que dispensam o uso de técnicas computacionais, e ainda é muito utilizada nos lugares onde se tem poucos imóveis para se pesquisar. Apesar desta facilidade, o método agrega um grau maior de subjetividade quando se elegem as atribuições dos fatores de homogeneização por parte do profissional avaliador.

Consiste na coleta de dados comparativos disponíveis no mercado, semelhantes ao avaliando, aplicando tratamento matemático e estatístico aos elementos para torná-los homogêneos, equalizando as diferenças existentes entre os diversos elementos pesquisados, possibilitando conferir equivalência financeira entre eles, no tempo e naquela situação física encontrada.

Na prática, para a realização do tratamento dos dados comparativos, inicialmente elege-se uma ou mais características intrínsecas e/ou extrínsecas que se acredita contribuir para a formação do valor do imóvel, tais como:

Oferta, que considera a elasticidade dos preços da oferta em relação ao valor da transação. Na ausência de um fator conhecido ou medido, recomendava a antiga doutrina aplicar-se o fator 0,90, ou 10% de desconto para o preço de oferta;

Localização, também conhecido como Fator de Transposição. Como referência pode-se citar a utilização dos Índices Fiscais da Planta Genérica de Valores da cidade, que levam em consideração a valorização do imóvel de acordo com

sua inserção no bairro ou região;

Fatores de forma do terreno (testada, profundidade, área ou múltiplas frentes). Como referência tem-se a metodologia e fórmulas específicas divulgadas pelo IBAPE/SP;

Fatores padrão construtivo, levam em consideração a classificação dos imóveis em função do padrão de construção e acabamento dos imóveis. Como exemplo pode-se citar o estudo de Valores de Edificações de Imóveis Urbanos do IBAPE/SP, onde os valores divulgados estão circunscritos à cidade de São Paulo;

Fator Depreciação ou de Obsolescência das Edificações, que leva em consideração a idade e estado de conservação, podendo-se valer do critério de Ross-Heidecke.

Outros fatores podem ser considerados como complemento:

Fatores relativos a topografia, tais como declividade, e acidentes topográficos no lote;

Fatores quanto a consistência do terreno devido a presença ou ação da água.

Cada característica é representada por um fator de ordem numérica, significando um grau de diferenciação maior ou menor em relação ao imóvel paradigma – ou ao avaliando.

Imóvel paradigma: situação adotada quando há predominância de características típicas na

ACERVO PRODUTIVA



área pesquisada, enquanto o imóvel avaliando não as possui, por exemplo, em um loteamento há terrenos típicos planos de 10m de testada por 30m de profundidade, enquanto o avaliando possui topografia em declive e dimensões de 8m x 30m.

Homogeneização dos dados: procedimento de cálculo para transformar os preços dos imóveis pesquisados para a situação paradigma ou do avaliando, ora acrescentando valor, ora retirando valor, conforme o dado de mercado esteja em pior ou melhor situação que a paradigma ou do avaliando.

A Norma Brasileira vigente (NBR-14.653-2) recomenda que a técnica de tratamento por fatores seja aplicável a uma amostra de dados de mercado com características mais próximas possíveis do imóvel avaliando e que os fatores adotados devam ser calculados por metodologia científica. Assim, devem ser adotados fatores que tenham sido calculados e divulgados por entidades técnicas reconhecidas ou deduzidos pelo próprio autor do laudo com base em metodologia científica própria – sendo necessária a divulgação desta metodologia pelo autor, seja anexa ao laudo de avaliação ou de divulgação pública reconhecida.

A técnica de Tratamento por Fatores não permite avaliar estatisticamente a pertinência da relevância de determinada característica e sua respectiva representatividade na formação do valor do imóvel.

Evidencia-se assim as limitações desta técnica por sua dependência de metodologia paralela que a sustente, razão pela qual seu emprego vem sendo gradativamente substituído por outras técnicas que confirmam ao laudo menor personificação ou subjetividade por parte do autor do laudo.

Todavia, encontramos larga utilização do Tratamento por Fatores na elaboração de Plantas de Valores Genéricos em grande parte das cidades brasileiras, ainda que elaborada sobre fundamentação técnica de frágil sustentação, ou mesmo equivocada.

Procedimentos

1. **Coletar** dados comparativos de mercado da mesma tipologia do avaliando, os mais semelhantes possíveis, observando as características, abrangência regional e temporal.

2. **Escolher** as características – fatores – da tipologia mais relevantes, capazes de serem mensuradas e que podem influir na formação de seu valor.

Cada característica será representada por um fator de homogeneização numérico.

O fator escolhido deve ter correspondência com estudos divulgados por entidades técnicas reconhecidas, tais como a classificação dos padrões de construção do estudo de “Valores de Edificações de Imóveis Urbanos” do IBAPE/SP, Planta Genérica de Valores, entre outros.

A Norma Brasileira NBR 14653-2 recomenda que esses fatores estejam contidos num

intervalo numérico entre 0,50 a 2,00 em relação ao imóvel avaliando ou da situação paradigma.

3. Método

3.1. Para homogeneização de cada elemento pesquisado é necessário efetuar o seguinte cálculo para cada fator escolhido:

Fator de homogeneização 1 = Índice do imóvel avaliando (ou paradigma) / Índice do elemento pesquisado

Obtidos todos os fatores referentes ao elemento comparativo analisado, aplica-se os fatores na forma de somatório (soma das variações), após a incidência do fator de oferta, quando pertinente:

- $V_u = V_{ox} (\sum F_n - n + 1)$, ou
- $V_u = V_{ox} \{1 + [(F_1 - 1) + (F_2 - 1) + (F_3 - 1) \dots + (F_n - 1)]\}$, onde
- V_u = Valor unitário homogeneizado;
- V_o = Valor de oferta após a aplicação do correspondente fator
- F_n = Fatores de homogeneização
- n = número de fatores utilizados

3.2. Na sequência, extrai-se o valor médio dos valores unitários homogeneizados e procede-se o saneamento da amostra, eliminando-se os dados discrepantes.

Existem vários critérios de saneamento das amostras, destacando-se:

Critério dos limites de +/- 30% e o

Critério de Chauvenet.

3.2.1. No **Critério dos limites de +/- 30%** adota-se o intervalo de elementos homogeneizados entre os limites de 30%, para mais e para menos do valor médio da amostra.

Caso todos os elementos estejam contidos nesse intervalo, acata-se o valor médio como representativo do valor de mercado.

Caso contrário, verifica-se na amostra o elemento que mais se afasta do valor médio, descartando-o, calculando novamente o valor médio e definindo novos limites do intervalo +/-30%.

Esse procedimento é repetido até que todos os elementos da amostra estejam contidos no intervalo +/- 30%, observando que, se os elementos anteriormente descartados passarem a estar contidos nos novos intervalos, recomenda-se reincluí-los.

3.2.2. No **Critério de Chauvenet** para saneamento da amostra, inicialmente calcula-se o desvio médio e o desvio padrão do conjunto de valores dos dados. O desvio de cada um

dos elementos é comparado com o desvio padrão, conforme valores contidos da Tabela 1 (anexa), descartando-se os elementos cujos desvios superarem o valor tabelado. Para a apresentação dos resultados finais, um novo valor médio e um novo desvio padrão são calculados, excluídos os elementos descartados. O critério poderia ser repetido outras vezes, para a eliminação de mais elementos discrepantes, mas na maioria das vezes o procedimento não é necessário.

4. Exercício resolvido para ilustrar a aplicação prática:

Avaliação de um apartamento hipotético situado em condomínio composto de torres com quatro pavimentos sem pilotis e elevador, em bairro com características populares. O imóvel avaliando possui os seguintes ambientes:

- Sala de estar, dois dormitórios, banheiro social, cozinha conjugada com área de serviços;
- Conta também com uma vaga descoberta de estacionamento de veículo no pavimento térreo.

O padrão de construção considerado é simples – segundo a classificação do estudo “Valores de Edificações de Imóveis Urbanos” do IBAPE/SP) e o estado de conservação considerado bom.

Para a realização da avaliação pela técnica de fatores de homogeneização utilizou-se para comparação 14 elementos de transações contemporâneas, todos localizados próximos – no mesmo bairro – e com características físicas semelhantes. As diferenças entre os comparativos, além das áreas privativas, são o padrão de acabamento resultante de melhorias realizadas nas unidades e da localização no bairro – identificada através do índice fiscal da Planta Genérica de Valores da Prefeitura. Como as frações ideais de terreno são bastantes próximas entre os elementos comparativos e o imóvel avaliando, a aplicação do índice fiscal sobre o valor total de cada imóvel não compromete o resultado, tendo em vista que o índice fiscal refere-se a valorização dos terrenos em função de sua posição na malha urbana do município.

Como a proposta deste exercício tem o caráter didático, dispensou-se a anexação dos estudos que deram a origem ao fator de localização (índice fiscal), conforme preconiza a NBR-14653-2.



O estudo de “Valores de Edificações de Imóveis Urbanos – SP” do IBAPE/SP¹ estabelece intervalos de variação em função da classificação de padrão construtivo da tipologia. Assim, para edificações do tipo apartamento padrão simples sem elevador o intervalo varia entre 1,032 e 1,500 do CUB R8N.

Neste exercício, considerando que todos os imóveis comparativos foram vistoriados e que todos estão em bom estado de conservação, convencionou-se para o padrão a aplicação dos seguintes índices em função das melhorias promovidas pelos respectivos proprietários:

- apartamentos sem nenhuma benfeitoria agregada = 1,032
- apartamentos com acabamentos de pisos, louças e metais de linhas comerciais = 1,266

- apartamentos com acabamentos de pisos, louças, metais, armários e box do banheiro de linha superior = 1,500

Isto posto, são as seguintes características a serem homogeneizadas entre os dados comparativos coletados:

Dado	Identif.	Área Priv.	Padrão	I. Fiscal	V.Venda
1	Condom. A	54,00	1,500	2,1289	R\$ 160.000
2	Condom. B	51,70	1,032	2,4654	R\$ 154.900
3	Condom. C	51,70	1,500	2,7963	R\$ 155.000
4	Condom. D	51,70	1,226	2,1566	R\$ 165.000
5	Condom. C	51,70	1,226	2,7963	R\$ 190.000
6	Condom. E	51,70	1,500	2,6751	R\$ 180.000
7	Condom. F	60,00	1,500	2,6717	R\$ 150.000
8	Condom. F	60,00	1,266	2,6717	R\$ 170.000
9	Condom. C	51,70	1,032	2,7963	R\$ 182.000
10	Condom. G	57,00	1,266	2,4218	R\$ 165.000

1 Disponível em <https://goo.gl/BHjL7q>

11	Condom. G	57,00	1,032	2,4218	R\$ 146.000
12	Condom. C	51,70	1,032	2,7963	R\$ 191.000
13	Condom. F	60,00	1,500	2,6717	R\$ 180.000
14	Condom. H	72,00	1,500	2,1289	R\$ 190.000

Para homogeneizar os dados comparativos toma-se cada variável codificada e compara-se com a variável do imóvel paradigma, que no presente caso trata-se do imóvel avaliando.

Consideradas as seguintes características que serão homogeneizadas para o imóvel avaliando, localizado no Condomínio F:

- Área Privativa = 60,00 m²
- Padrão Construtivo (simples) com benfeitorias de linhas comerciais = 1,266
- Índice Fiscal da Planta Genérica de Valores = 2,6717

Assim, aplica-se a equação para cada variável codificada de cada elemento comparativo.

Homogeneização do dado comparativo nº 1:

$$Vu1 = \frac{R\$ 160.000}{54,00 \text{ m}^2} \times \left\{ 1 + \left[\frac{(1,266 - 1)}{1,500} + \frac{(2,6717 - 1)}{2,1289} \right] \right\}$$

$$Vu1 = R\$ 3.256,13/m^2$$

Homogeneização do dado comparativo nº 2:

$$Vu2 = \frac{R\$ 154.900}{51,70 \text{ m}^2} \times \left\{ 1 + \left[\frac{(1,266 - 1)}{1,032} + \frac{(2,6717 - 1)}{2,4654} \right] \right\}$$

Homogeneização do dado comparativo nº 3:

$$Vu3 = \frac{R\$ 150.000}{51,70 \text{ m}^2} \times \left\{ 1 + \left[\frac{(1,266 - 1)}{1,500} + \frac{(2,6717 - 1)}{2,7963} \right] \right\}$$

$$Vu3 = R\$ 2.396,75/m^2$$

Desta forma, realiza-se a homogeneização para os demais dados comparativos, obtendo-se os seguintes valores unitários homogeneizados:

$$Vu1 = 3.256,13 /m^2$$

$$Vu2 = 3.926,17 /m^2$$

$$Vu3 = 2.396,75 /m^2$$

$$Vu4 = 3.953,81 /m^2$$

$$Vu5 = 3.511,25 /m^2$$

$$Vu6 = 2.934,12 /m^2$$

$$Vu7 = 2.110,00 /m^2$$

$$Vu8 = 2.833,33 /m^2$$

$$Vu9 = 4.161,62 /m^2$$

$$Vu10 = 3.193,40 /m^2$$

$$Vu11 = 3.406,46 /m^2$$

$$Vu12 = 4.367,42 /m^2$$

$$Vu13 = 2.532,00 /m^2$$

$$Vu14 = 2.899,99 /m^2$$

$$\text{Valor médio da amostra} = R\$ 3.248,75/m^2$$

Adotando o critério de saneamento da amostra de +/- 30%, temos:

$$\text{Limite inferior (-30\%)} = R\$ 2.274,12/m^2$$

$$\text{Limite superior (+30\%)} = R\$ 4.223,37/m^2$$

Analisando a amostra com 14 dados verifica-se que os dados Vu7 e Vu12 extrapolaram o intervalo de +/- 30%.

Inicialmente descartando-se o elemento mais distante da média (Vu7) e extraindo-se a média e intervalo de +/- 30% da nova amostra, verifica-se que o elemento Vu12 ainda permanece fora do intervalo de +/- 30%.

Assim, agora descartando-se mais o elemento Vu12 da amostra e extraindo-se nova média e intervalo de +/- 30% obtém-se:

$$\text{Valor médio da amostra saneada} = R\$ 3.250,42/m^2$$

$$\text{Limite inferior (-30\%)} = R\$ 2.275,29/m^2$$

$$\text{Limite superior (+30\%)} = R\$ 4.225,55/m^2$$

Analisando a nova amostra saneada observa-se que não há novos elementos discrepantes

do intervalo de +/- 30% e pode ser acatado o valor médio de R\$ 3.250,42/m².

Pelo critério de saneamento de Chauvenet tem-se o seguinte procedimento:

Obtém-se o desvio padrão da amostra = R\$ 658,31/m².

Aplica-se a fórmula (Valor unitário do dado – Valor médio da amostra) / desvio padrão) para todos os dados da amostra:

$$\text{Dado 1} = (\text{R\$ } 3.256,13/\text{m}^2 - \text{R\$ } 3.248,75/\text{m}^2) / \text{R\$ } 658,31/\text{m}^2 = 0,01122$$

$$\text{Dado 2} = (\text{R\$ } 3.926,17/\text{m}^2 - \text{R\$ } 3.248,75/\text{m}^2) / \text{R\$ } 658,31/\text{m}^2 = 1,02903$$

$$\text{Dado 3} = (\text{R\$ } 2.396,75/\text{m}^2 - \text{R\$ } 3.248,75/\text{m}^2) / \text{R\$ } 658,31/\text{m}^2 = -1,2942$$

Desta forma é calculado para todos os elementos da amostra. Daí, com base na quantidade de elementos da amostra (14) observa-se na tabela de Chauvenet que a razão entre o máximo desvio aceitável e o desvio padrão é 2,10. Então deverão ser descartados todos os elementos que, em valores absolutos, superarem este índice.

Analisando a amostra calculada verifica-se que nenhum dos elementos superou o valor de 2,10, concluindo-se que poderá ser adotado o valor médio de R\$ 3.248,75/m².

Portanto, os valores do imóvel avaliando pelo

A. Critério de saneamento de +/- 30% é de R\$ 3.250,42/m² x 60,00 m² = R\$ 195.025,20, enquanto pelo

B. Critério de saneamento de Chauvenet é de R\$ 3.248,75/m² x 60,00 m² = R\$ 194.925,00.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro de adequada fundamentação na Norma vigente, o Método Comparativo Direto de Dados De Mercado - Tratamento por Fatores ainda possui ampla utilização na composição das Plantas de Valores Genéricos nos municípios brasileiros; e

Baseando-se no próprio exemplo deste texto, conclui-se que este método de avaliação presta-se a determinados casos em que os elementos de pesquisa são raros ou mesmo precisam ser homogeneizados com os demais para que possam fazer parte da Amostra Comparativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Normas Brasileiras NBR 14.653-1 e NBR 14.653-2;
- Engenharia de Avaliações – IBAPE/SP- Ed. Pini – 1ª edição – 1974;
- Publicação Curso Básico de Avaliação de Imóveis Urbanos – Joaquim da Rocha Medeiros Jr. – DEOP/SP;
- Norma para Avaliação de Imóveis Urbanos. IBAPE/SP:2011. Disponível em <https://goo.gl/EHVeMO>
- Valores de Edificações de Imóveis Urbanos – SP do IBAPE/SP. Disponível em <https://goo.gl/BHjL7q>
- Palestra sobre Tratamento por Fatores – Marcos Mansour Chebib Awad – IBAPE/SP – 2014. Disponível em <https://goo.gl/8D0wZy>

TABELA 1 – CRITÉRIO DE CHAUVENET PARA REJEIÇÃO DE DADOS DISCREPANTES

Número de leituras, n	Razão entre o máximo desvio aceitável e o desvio padrão, d_{max} / σ
3	1,38
4	1,54
5	1,65
6	1,73
7	1,80
8	1,85
9	1,91
10	1,96
11	1,99
12	2,03
13	2,06
14	2,10
15	2,13
16	2,16
17	2,18
18	2,20
19	2,22
20	2,24
21	2,26
22	2,28
23	2,30
24	2,31
25	2,33
26	2,35
27	2,36
28	2,37
29	2,38
30	2,39
50	2,57
100	2,81
300	3,14
500	3,29
1000	3,48

REGRESSÃO LINEAR SIMPLES OU MÚLTIPLA

Erieldon Bezerra Leão

Moises Ricardo Pinheiro Castilho

Ricardo Marques Trevisan

ACERVO PRODUTIVA | IJEAB - FREEPIK



Avaliação de imóveis faz distinção entre dois conceitos que o senso comum muitas vezes trata como sinônimos:

PREÇO X VALOR

De acordo com a ABNT NBR 14.653-1:2001

Preço: Quantia pela qual se efetua, ou se propõe efetuar uma transação envolvendo um bem, um fruto ou um direito.

Valor de mercado: Quantia mais provável pela qual se negocia voluntariamente e

conscientemente um bem, numa data de referência, dentro das condições do mercado vigente.

Das definições da norma, preço diz respeito a um imóvel específico. É a quantia pela qual coloco um imóvel à venda ou, após negociação com o comprador, a quantia pela qual transacionamos.

O valor de mercado diz respeito a uma categoria de bens. Se um apartamento vale R\$ 300.000,00, outro apartamento com características similares também valerá R\$ 300.000,00, ainda que seja negociado por um valor diferente.

O valor de mercado é formado pelas informações de diversas ofertas ou negociações de bens e é probabilístico, não determinístico. Quando afirmamos que o valor de determinado imóvel é R\$ 300.000,00, estamos afirmando que aquele é o valor mais provável pelo qual ele será transacionado, mas isso não impede que o imóvel seja transacionado por R\$ 290.000,00 ou R\$ 310.000,00 pois há variação aleatória nos preços das negociações. Em um caso o vendedor pode ter pressa em vender o imóvel e por isso aceitar um valor abaixo do mercado e no outro o comprador pode ter interesse especial em determinado imóvel, “valendo” para ele mais que o valor de mercado.

A metodologia avaliatória mais intuitiva é, sem dúvida, o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado.

Para saber, por exemplo, quanto vale um carro, procura-se outros carros com as mesmas características (mesmo ano, mesmo modelo, mesma motorização etc) e através da comparação direta, conclui-se qual o valor do carro em questão.

Por exemplo, qual o valor de um “Honda Civic EXL 2017”? Buscando em um site de venda de carros são encontradas as

seguintes ofertas para carros similares:

R\$ 101.490,00	R\$ 102.890,00
R\$ 106.990,00	R\$ 107.100,00
R\$ 105.900,00	R\$ 107.400,00

E o valor de mercado do carro que estamos pesquisando pode ser a média (ou qualquer outra medida de tendência central, como a mediana ou a moda), logo o carro que estamos avaliando vale R\$ 105.295,00.

No caso da avaliação de imóveis, o raciocínio é o mesmo, mas há um dificultador: os imóveis são menos padronizados que os automóveis!

Quando buscamos informações de carros, normalmente conseguimos diversos dados com características similares ao que estamos avaliando, mas os imóveis quase sempre possuem alguma variação nas características.

Vamos a um exemplo no mercado imobiliário. Avaliemos um terreno com as seguintes características:

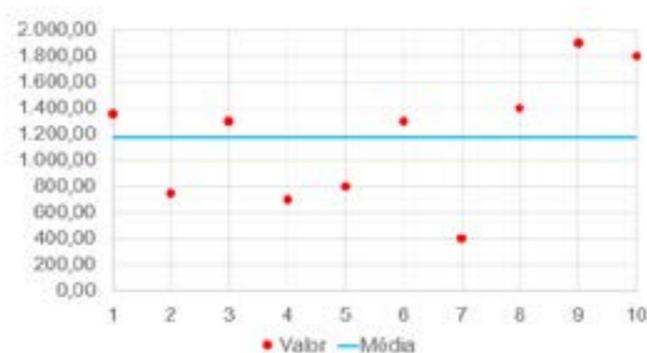
Área: 400m²
 Índice Fiscal: 50
 Frente: 12m

Buscamos dados de terrenos no mercado e encontramos o seguinte:

Dado	Valor	Dado	Valor
1	1.350,00	6	1.300,00
2	750,00	7	400,00
3	1.300,00	8	1.400,00
4	700,00	9	1.900,00
5	800,00	10	1.800,00

A primeira aproximação continua sendo a média, somamos todos os dados e dividimos o valor por 10. Desta forma, nosso terreno vale: R\$ 1.170,00.

Graficamente:

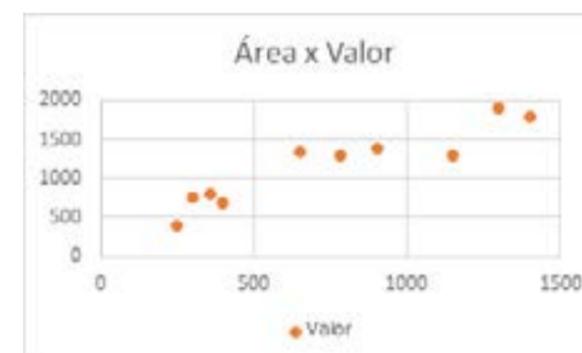


Mas, ao contrário do exemplo do carro, nossos dados não são homogêneos, há diferença

nas características. Nem todos os dados têm, por exemplo, área de 400m² como o avaliando:

Dado	Área	Valor	Dado	Área	Valor
1	650	1.350,00	6	780	1.300,00
2	300	750,00	7	250	400,00
3	1150	1.300,00	8	900	1.400,00
4	400	700,00	9	1300	1.900,00
5	360	800,00	10	1400	1.800,00

É plausível que a variação da área corresponda a uma variação do valor do terreno, sendo assim, a aproximação pela média quando temos terrenos que variam de 250m² a 1.400m² parece grosseira. Mas como relacionar a variação da área com a variação dos valores? Este é justamente o papel da regressão linear. Primeiro, vamos plotar um gráfico relacionando os valores com as áreas:

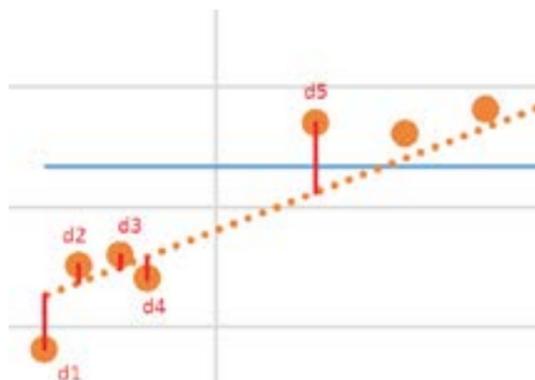


Visualmente percebemos que há uma relação entre as duas variáveis. Quanto maior a área, maior o valor e quanto menor a área, menor o valor. Podemos inclusive traçar, manualmente, uma reta que se aproxime dos valores. Matematicamente temos metodologias para obter uma reta que se adeque aos dados, sendo a mais comumente usada o método dos mínimos quadrados.

O método dos mínimos quadrados consiste em calcularmos a distância vertical de cada um dos dados a uma reta genérica cuja equação está no formato:

$$\text{Valor} = a + b \times \text{Área}$$

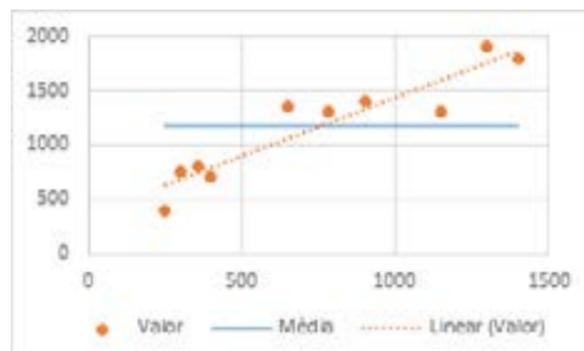
e calcularmos os valores de "a" e "b" que apresentem menor soma das distâncias elevadas ao quadrado.



Assim, como queremos a reta que apresente a menor soma das distâncias ao quadrado: $d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots$

Podemos derivar a equação da reta em relação a “a” e “b” e igualar a zero.

O resultado é um sistema de duas equações com duas variáveis onde calculamos “a” e “b” de forma que a reta se aproxime ao máximo dos pontos. Essa é nossa reta de regressão.



Após calcularmos a reta, percebemos que a média (linha azul) não é a melhor aproximação para os dados com áreas pequenas ou grandes. A reta calculada pelo método dos mínimos quadrados (tracejada em laranja) se aproxima muito mais dos dados. Pela equação da reta, podemos também calcular os valores esperados para cada uma das áreas:

$$\text{Valor} = 366,05 + 1,07 \times \text{Área}$$

Desta forma, para nosso terreno com 400m² temos um valor de R\$ 795,39, bem menor que os R\$ 1.170,00 estimados pela média.

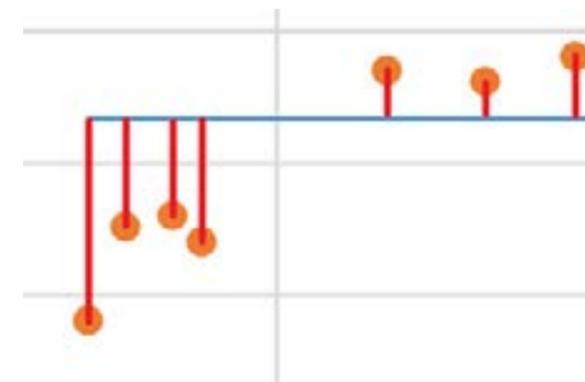
O que acabamos de apresentar é a chamada “Regressão Linear Simples”.

“Linear”, porque os cálculos são feitos em relação a uma reta (posteriormente veremos que podem haver transformações).

“Simples”, pois estamos utilizando apenas uma variável independente – área – para estimarmos os valores da variável dependente, o valor do terreno.

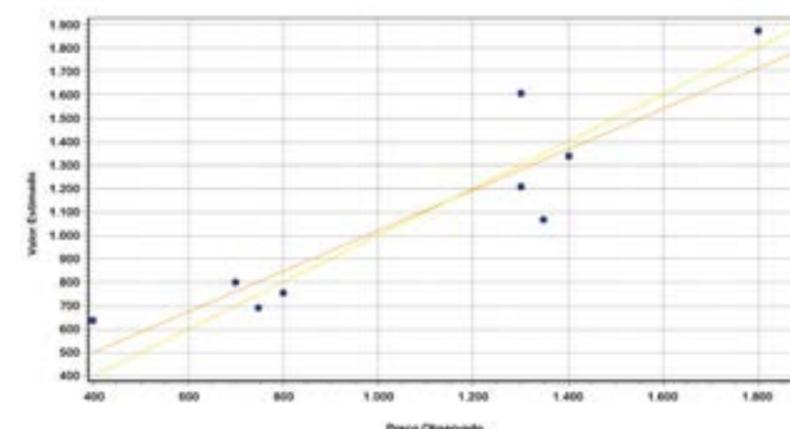
Uma forma de calcularmos quanto uma equação se aproxima dos dados é chamada de “coeficiente de determinação”. Ele representa quanto da variação em relação à reta média foi explicado pela equação de regressão.

Por exemplo, digamos que a soma das distâncias ao quadrado de cada dado em relação à reta média tenha sido 100.000:



Como a reta de regressão se aproxima mais dos dados que a reta média, a soma ao quadrado dos seus desvios será menor que 100.000, digamos 13.000. Desta forma, podemos dizer que do resíduo total (de 100.000), 87.000 foram explicados pela reta de regressão ou, 87%. Neste caso, o coeficiente de determinação da nossa equação é de 0,87. Quanto maior o coeficiente de determinação, menor o resíduo entre os valores estimados pela equação para os dados e o valor real de cada um dos dados:

Coeficiente de determinação: 0,87



No gráfico acima, quanto maior o coeficiente de determinação, mais próximos os dados estarão da reta amarela. Se todos os dados estivessem sobre a reta amarela nossa equação calcularia um valor exatamente igual ao preço que encontramos no mercado, para cada um dos dados e o coeficiente de determinação seria igual a “1”.

A regressão linear simples é, sem dúvida alguma, uma ferramenta importante para trabalharmos,

pois permite que comparemos imóveis que não são idênticos. Mas, ainda assim, é difícil conseguir, no mercado, imóveis que sejam diferentes do que queremos avaliar em apenas um aspecto. Voltando ao exemplo, percebemos que os dados além de não possuírem áreas iguais ao imóvel que queremos avaliar, também possuem localizações diferentes.

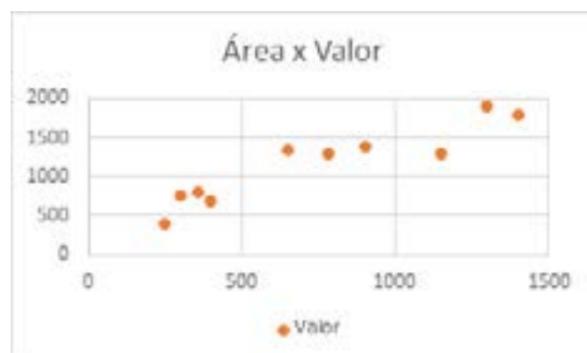
Área	Localização	Valor	Área	Localização	Valor
250	50	400,00	780	150	1.300,00
300	100	750,00	900	180	1.400,00
360	150	800,00	1150	90	1.300,00
400	80	700,00	1300	210	1.900,00
650	250	1.350,00	1400	120	1.800,00

Percebemos que existem lotes em locais piores, com índice fiscal da planta de valores do município igual a "50" e locais melhores, com índice fiscal igual a "250".

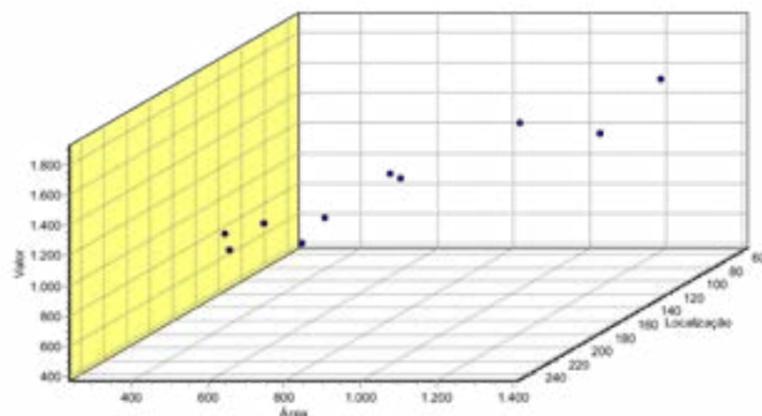
Mas como trabalhar com mais de uma variável independente? O que foi feito na regressão linear simples vale também para mais variáveis?

Com alguns cuidados, vale sim. É a chamada Regressão Linear Múltipla.

A primeira dificuldade da regressão linear múltipla é que com duas variáveis independentes os pontos não são plotados no plano, o nosso gráfico anterior:



Se torna um gráfico tridimensional, o que dificulta bastante a visualização:



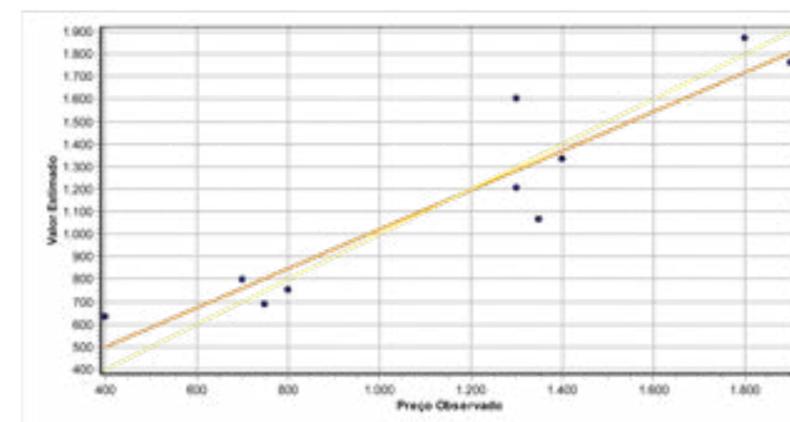
No caso de mais de duas variáveis independentes, a visualização já deixa de ser possível.

Mas a aplicação do método dos mínimos quadrados não apresenta maiores dificuldades e chegamos à seguinte equação:

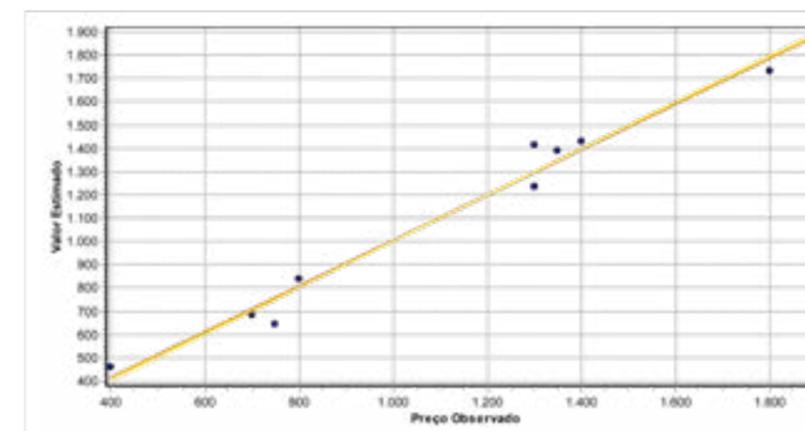
$$\text{Valor} = 84,92 + 0,94 \times \text{Área} + 2,78 \times \text{Localização}$$

Com a equação acima, podemos calcular novamente o coeficiente de determinação, comparando com o caso anterior.

Coeficiente de determinação anterior: 0,87



Coeficiente de determinação atual: 0,98



Podemos perceber que o coeficiente aumentou com a inclusão da nova variável e que no gráfico os dados ficaram muito mais próximos da reta amarela. Um coeficiente de 0,98 significa que apenas 2% da variação dos dados não foi explicada pela equação.

Com a nova equação, se inserirmos os dados do nosso avaliando chegaremos a um valor de R\$ 598,56.



Aproximação pela média:	R\$ 1.170,00
Valor calculado para 400m ² :	R\$ 795,39
Com a área e índice fiscal 50:	R\$ 598,56

Os valores estão baixando a cada variável que incluímos! Isso ocorre pois o imóvel que queremos avaliar possui características abaixo da média dos dados coletados:

Área média:	749m ²
Localização média:	138.

Nossa primeira aproximação não seria tão ruim para um lote de 749m² que estivesse em um local com índice fiscal de 138, mas como nosso avaliando tem apenas 400m² e está em um local com índice fiscal 50, é esperado que seu valor seja inferior ao valor médio.

Pelo que foi exposto até o momento, fica a impressão de que quanto maior o coeficiente de determinação, melhor o modelo. Sendo assim, perguntas comuns são: “Qual o valor mínimo?” ou “A partir de que valor o modelo está bom?”

Relembrando o conceito, o coeficiente de determinação é a relação entre a variação que o modelo consegue explicar e a variação total, ou seja, a soma entre variação explicada e não explicada.

A variação explicada é a parcela da variação do preço que as variáveis independentes explicam, ou seja, no primeiro exemplo chegamos à conclusão que 87% da variação dos preços era explicada pela variável área.

A variação não explicada, entretanto, possui dois componentes:

- Variação que pode ser explicada por outras variáveis não incluídas no modelo;
- Variação aleatória (a flutuação de preços normal do mercado).

Tendo isto em mente, sempre queremos minimizar a variação não explicada que poderia ser explicada por outras variáveis não incluídas no modelo, mas como já explicamos antes, a situação ideal é compararmos com dados tão homogêneos quanto possível, o que resulta em grande parte da variação ser aleatória.

Desta forma, modelos mais homogêneos são mais interessantes e possuem coeficiente de determinação baixo e “macro modelos” não são uma boa ferramenta para avaliações pontuais e possuem coeficiente de determinação muito alto. A conclusão é que o coeficiente de determinação é uma ferramenta importante para selecionarmos uma equação, mas não há “número mágico” e existem bons modelos com coeficiente baixo.

No início do nosso exemplo, dissemos que o imóvel que queremos avaliar possui frente de 12m, essa informação influencia no valor do imóvel? Se todos os dados possuírem frente do mesmo tamanho, não haveria variação e poderíamos desconsiderar a variável. Se considerarmos que lotes com frentes de tamanho variável, mantidas as demais características, possuem o mesmo valor, também poderíamos desconsiderar a variável. Mas caso exista variação e consideramos que a variação na característica influencia no valor, devemos testar a variável.

A estatística possui o conceito de teste de hipóteses, podemos testar qual a probabilidade de errarmos ao afirmarmos que determinada variável influencia no valor, essa grandeza é chamada de “significância” da variável.

Digamos que incluímos a variável “Frente” em nosso modelo e chegamos ao seguinte resultado para as significâncias das variáveis:

Área:	0,01
Localização:	9,55
Frente:	43,54

Traduzindo do “Estatistiquês” para português:

Quando afirmamos que a variável área influencia no valor do imóvel, temos 0,01% de chance de estarmos errando; quando afirmamos que a localização influencia, temos cerca de 10% de chance de estarmos errando e quando afirmamos que a frente influencia, 43% de chance.

A norma técnica de avaliação de imóveis (NBR 14.653-2) prevê que variáveis com significância maior que 30% não podem ser utilizadas se o laudo for classificado pelo Grau de Fundamentação, pois a chance de errar quando se mantém a variável no modelo é muito grande; no caso acima, teríamos que retirar a variável frente. Isso prova que a variável frente não influencia no valor do imóvel? Não necessariamente.

A significância de uma variável pode ser maior que 30% pois a variável realmente não influencia no valor do imóvel, por exemplo a idade do vendedor.

Ela pode ser superior a 30% pois a variável, apesar de influenciar, não possui amplitude

suficiente para superar as variações aleatórias, por exemplo, podemos ter terrenos com áreas variando entre 355m² e 360m². Apesar de termos certeza de que a variável área influencia no valor do imóvel, a variação de valor entre 355m² e 360m² é desprezível e provavelmente esta variável apresentará significância alta.

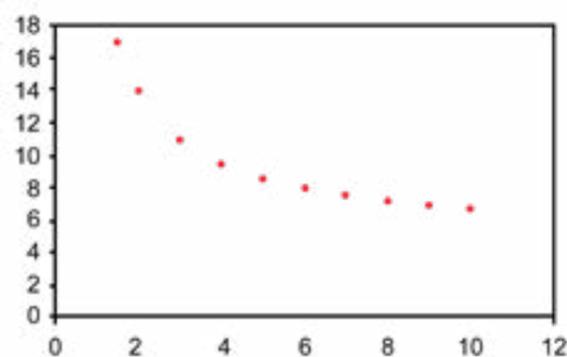
Apesar da variável influenciar na formação de valor, sua influência é pequena e pode ser confundida com outras variáveis, aumentando sua significância.

Por exemplo, é um fato aceito que as pessoas preferem morar em condomínios menores, mantidas todas as demais variáveis constantes. Entretanto, a variável quantidade de unidades no condomínio costuma ter correlação com a quantidade de equipamentos (salão de festas, piscinas, academia etc) e/ou com a taxa de condomínio (inversamente proporcional). Sendo assim, apesar de esperarmos observar uma diminuição do valor do imóvel com o aumento das unidades no empreendimento, essa variável muitas vezes tem significância alta, sendo necessário excluí-la do modelo.

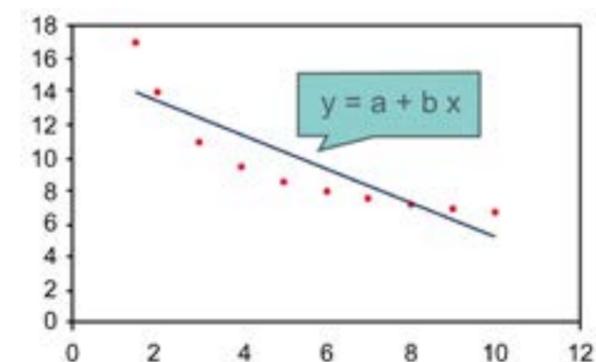
Transformações:

Apesar de termos tratado até o momento apenas de aproximações lineares, algumas relações entre a variável independente e o valor não são lineares. Um exemplo clássico é a distância ao mar.

Um imóvel em frente ao mar costuma valer muito mais que um a uma quadra de distância, mas um imóvel a 10 quadras costuma ter um valor muito parecido com um a 9 quadras. O gráfico de tal relação se aproxima de:

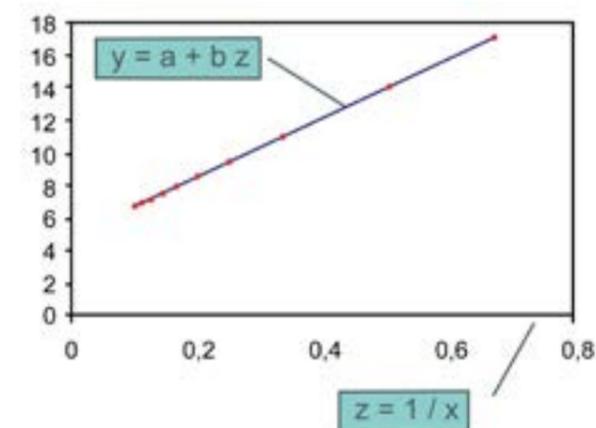


Aproximar o gráfico por uma relação linear claramente é um erro grosseiro:



Mas o método dos mínimos quadrados funciona apenas para aproximações por retas (de onde advém o “linear” da regressão). Como proceder?

A solução encontrada é transformar a variável. Se a variável é “distância ao mar”, podemos transformá-la em “1/distância ao mar”. Fazendo isso verificamos em qual das equações temos melhor aderência aos dados:



Desta forma, é possível lidar com relações não lineares, sendo as transformações mais comuns “1/x” e “ln(x)”.

A metodologia continua sendo denominada regressão linear pois os cálculos são feitos em relação à reta, mas a transformação permite que se englobe outras relações.

A regressão linear brevemente apresentada neste artigo é a metodologia mais utilizada na avaliação de imóveis atualmente, apresenta bons resultados e já existem diversos softwares comerciais que a implantam na avaliação de imóveis. A norma NBR 14.653-2 apresenta diversos outros critérios não tratados neste texto, que devem ser observados para evitar possíveis incoerências entre o modelo matemático calculado e o mercado, como:

- micronumerosidade;
- normalidade dos resíduos;

- homocedasticidade;
- multicolinearidade;
- extrapolação;

Como pode ser percebido, o presente trabalho não pretende esgotar o assunto nem ser um manual de procedimento para aplicação da regressão linear. A proposta é apresentar a metodologia de forma agradável, familiarizar com os conceitos e indicar o caminho a ser seguido caso exista interesse em aprofundar na metodologia.

BIBLIOGRAFIA

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Norma Técnica de Avaliação de Bens, Imóveis Urbanos – NBR 14653:2, Rio de Janeiro: 2011.

DANTAS, Rubens Alves. Engenharia de Avaliações: Uma Introdução à Metodologia Científica. São Paulo : Pini, 1998.



1. INTRODUÇÃO

As cidades são tecidos vivos que se renovam constantemente. Áreas rurais são transformadas em áreas residenciais, estas em áreas comerciais ou de serviços, áreas ocupadas são degradadas, enquanto outras recebem investimento e são recuperadas.

A dinâmica da ocupação dos espaços urbanos altera a atratividade dos locais para determinadas atividades, modificando sua vocação com conseqüente valorização ou desvalorização.

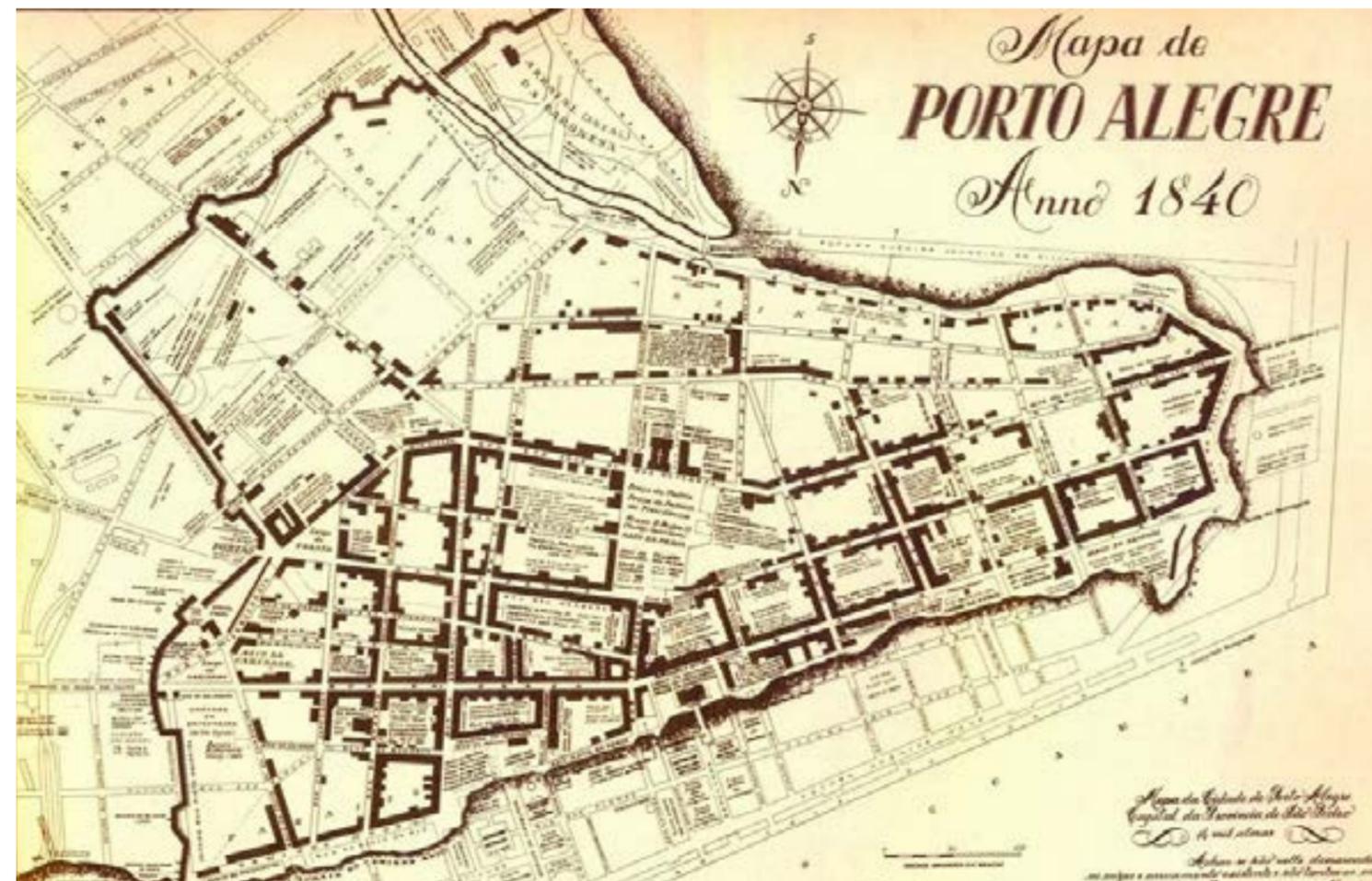
Explicar tal dinâmica, identificando os fatores que da formação dos preços dos imóveis é um dos focos da avaliação de bens imóveis.

Áreas com características semelhantes tendem a apresentar preços de imóveis também semelhantes, no entanto, estimativas de valor de grupo de imóveis de determinadas áreas, apresentam erros aparentemente sem a aleatoriedade esperada.

Tais erros podem ser gerados por falta de especificação de variáveis ou podem ser decorrentes de influência de vizinhança a qual podemos exemplificar com a escolha de um comprador que tem duas opções de imóveis de mesmo preço e características, intrínsecas e extrínsecas, muito semelhantes, que opta pelo imóvel que tem a vizinhança próxima considerada de maior valor.

Se os preços dos imóveis ou características das áreas próximas influenciam o mercado imobiliário, efeitos de interação podem estar presentes (AGUIAR; SIMÕES; GOLGHER, 2017).

A obtenção de dados distribuídos espacialmente e o emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em conjunto com análises de dados espaciais e técnicas de modelagem espacial, têm se tornado populares em economia aplicada, análise de políticas e especialmente no mercado imobiliário. O enfoque em localização e a interação espacial têm, recentemente, tomado papel central não somente na econometria aplicada como teórica. Por causa da importância da localização nas análises do mercado imobiliário, observações de variáveis em estudos empíricos tendem a ser espaciais ou georreferenciadas. O elo entre a similaridade locacional e a similaridade de valor – autocorrelação espacial - pode ser o resultado de processos de interação espacial, externalidades, difusão espacial, transbordamentos ou escolha deficiente



de unidades de observação. O reconhecimento de que as técnicas econométricas tradicionais podem falhar diante da presença de autocorrelação espacial, situação comum em dados (de corte transversal) geograficamente distribuídos, é uma motivação para o crescente interesse na econometria espacial (ANSELIN, 1998).

Como iniciativas nacionais que consideram questões espaciais podemos citar o estudo de um modelo espacial para a cidade de Aracaju de DANTAS, PORTUGAL e PRADO (2006); FURTADO (2011) com uma aplicação na cidade de Belo Horizonte; TRIVELLONI e HOCHHEIM (2006) ao utilizar técnicas geoestatísticas em uma área de São José-SC e DANTAS (2003) com uma trabalho de demanda habitacional para a cidade de Recife.

Este trabalho intenta apresentar, de forma introdutória, aspectos metodológicos da regressão espacial e um estudo empírico com a incorporação dos efeitos espaciais a um modelo de preços de apartamentos na cidade de Porto Alegre.

Na seção 2 é apresentada a metodologia de preços hedônicos, conjuntamente com condições de sua aplicação e de que forma, habitualmente, o fator localização é incorporado às avaliações. Na seção 3 são expostos conceitos da regressão espacial. De forma a demonstrar a aplicação da metodologia, na seção 4, são realizados testes e diagnósticos de autocorrelação espacial para a criação de um modelo de regressão espacial para apartamentos em Porto Alegre. Finalmente, na seção 5 são empreendidas conclusões e recomendações para desenvolvimento de novos estudos.

2. REGRESSÃO HEDÔNICA

Em decorrência da heterogeneidade dos imóveis, a avaliação de imóveis recorre usualmente ao modelo de preços hedônicos (DANTAS; MAGALHÃES; VIRGOLINO, 2007).

Os preços dos imóveis podem ser considerados como uma função baseada nos seguintes fatores: características estruturais, tais como número de quartos, garagem, área útil; descritivas de localização, tais como distância ao centro da cidade, distância até estação de metrô, etc.; e de qualidade da vizinhança, tais como qualidade do bairro, parques, etc. (DUBIN, 1988).

O modelo hedônico associa o preço dos imóveis com suas características, com o intento de achar a contribuição marginal de cada atributo. A forma funcional mais comum para o modelo hedônico é a log-linear (SHEPPARD, 1997):

$$\ln P_i = X_{ij}\beta + \varepsilon_i$$

onde P_i é preço do imóvel; X_{ij} é a matriz de características do imóvel; β são os coeficientes do modelo; e ε são os erros.

A relevância da componente localização na determinação dos preços dos imóveis urbanos levou a inclusão da distância ao Centro de Negócios - *Central Business District* (CDB) e outros pontos de referência como avenidas de acesso, subcentros fornecedores de empregos, centros de comércio e serviços aos modelos de preços hedônicos (FURTADO, 2011).

Os recursos utilizados para inclusão das características de localização são, essencialmente, dois: variáveis de distância e de zonas homogêneas.

A consideração de distância a polos valorizantes na construção dos modelos apresentam algumas restrições (TRIVELONNI; HOICHEIM, 2006):

- dificuldade na identificação da área de influência real de cada polo;
- dificuldade na determinação da forma funcional do valor com a distância, bem como a que distância seu efeito é nulo;
- as dificuldades citadas podem introduzir erros de especificação, importando na falta de significância estatística de variáveis de localização relevantes;
- possível presença de multicolinearidade, pois geralmente uma região tende a concentrar a presença de vários pólos de atratividade próximos entre si, conformando-se centros e subcentros de valorização.

As variáveis do tipo zonas homogêneas definem regiões teoricamente homogêneas em relação a características de localização, normalmente construídas com base em informações sociais, econômicas, e ambientais. A adoção da homogeneidade no interior dessas zonas

pode representar uma simplificação que pode levar a falta de significância dos regressores e a introdução de erros de medida (DANTAS; MAGALHÃES; VIRGOLINO, 2007).

Essa divisão em zonas homogêneas representa a vizinhança apenas de forma imperfeita incorporando, assim, erros de medida (LESAGE, 1997).

O emprego de zonas fiscais, geralmente extraídas dos cadastros fiscais existentes ou a utilização de variáveis socioeconômicas como *proxy* do valor de localização (renda média das famílias ou *per capita*, nível de escolaridade, entre outras) apresentam as mesmas limitações de suporte espacial e homogeneidade real (TRIVELONNI; HOICHEIM, 2006).

Uma das hipóteses do modelo clássico de regressão linear é de que não há autocorrelação entre os termos de erro. A autocorrelação pode ser a correlação entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo (como nas séries temporais) ou no espaço (como nos dados de corte transversal) (GUJARATI; PORTER, 2011).

A presença de dependência espacial e/ou heterogeneidade espacial entre as observações podem implicar vies ou não eficiência na estimação de modelos econométricos não espaciais (LESAGE, PACE, 2009).

A existência destes efeitos espaciais torna a metodologia tradicional inapropriada, podendo levar a obtenção de resultados não confiáveis (DANTAS; MAGALHÃES; VIRGOLINO, 2007).

3. MÉTODO DE ANÁLISE ESPACIAL (REGRESSÃO/ECONOMETRIA ESPACIAL)

Em contraste aos modelos de regressão tradicionais, a regressão espacial reflete a situação em que os valores observados em um local ou região, denominada i , dependem dos valores das observações vizinhas, em locais próximos (LESAGE; PACE, 2009).

A econometria espacial lida com metodologias que consideram, explicitamente, os efeitos espaciais, como autocorrelação espacial e heterogeneidade espacial em modelos econométricos (ANSELIN, 1999).

Como em toda análise de regressão, todas as variáveis explanatórias relevantes devem ser incluídas. Caso contrário, os efeitos das variáveis omitidas serão incluídas no termo erro. Este fato é particularmente problemático no mercado imobiliário, porque imóveis próximos uns aos outros, tenderão a comportamento similar, relativo às variáveis omitidas, fazendo com que o erro seja autocorrelacionado espacialmente (DUBIN, 1988).

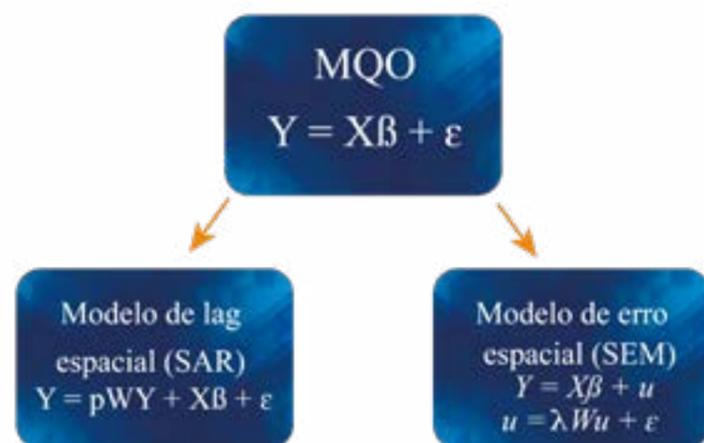
Variáveis omitidas podem facilmente surgir em modelagem espacial, pois fatores inobserváveis diretamente, como amenidades, acessibilidade ou prestígio da vizinhança podem exercer influência sobre a variável dependente. É improvável que variáveis exploratórias estejam prontamente disponíveis para capturar essas influências latentes (LESAGE, PACE, 2009).

Modelos que possuem agentes que interagem mudam o foco principal da análise que parte do comportamento atomizado para a interação dos dados, indivíduos, incluindo externalidades e transbordamentos (*spillover*). Este fato permite o desenvolvimento de perspectivas teóricas que analisam efeitos como: efeito de pares, efeitos de vizinhança, transbordamentos espaciais, etc. (ANSELIN, 2003).

Ao modelo de regressão linear padrão, a dependência espacial pode ser incorporada de duas formas distintas: com a adição de um regressor na forma de uma variável espacialmente defasada (Wy), ou na estrutura dos erros ($E_{[\epsilon, \epsilon_j]} \neq 0$). O primeiro é referenciado como modelo de defasagem espacial (*spatial lag*) e é apropriado quando o foco é a avaliação da existência e intensidade da interação espacial. Já a dependência espacial no termo erro, ou modelo de erro espacial, é apropriada quando a preocupação é corrigir potenciais influências de vieses decorrentes de autocorrelação espacial, devido ao usos de dados espaciais (ANSELIN, 1999).

A abordagem padrão para a maioria dos trabalhos empíricos é iniciada com a obtenção de um modelo de regressão linear não espacial (MQO), com posteriores testes para verificar se o modelo demanda ou não extensões com efeitos de interação espacial. Esta abordagem é conhecida estratégia específica-geral (ELHORST, 2010).

FIGURA 01 – MODELOS ESPACIAIS



Compara-se o modelo MQO com os modelos SAR e SEM fazendo uso dos testes LM (*Lagrange multiplier*) robustos, descritos no item a seguir. Assim, depois de realizados os testes, se ambas as hipóteses nulas ($H_0: p = 0$ e $H_0: \lambda = 0$) não forem rejeitadas, isto é, os testes não forem significativos, ficamos com o modelo MQO. Caso contrário, passamos para o modelo de erro espacial ou defasagem espacial, dependendo de qual hipótese tenha sido rejeitada (ANSELIN, 2003).

Alternativamente, existe a abordagem geral-específica, não abordada neste trabalho, que se inicia com a utilização de um modelo mais geral, que idealmente abrange todas as hipóteses alternativas, reduzindo-se para um modelo específico, de acordo com os resultados empíricos

(MANSKI, 1993).

3.1 Diagnóstico de dependência espacial

A estatística mais popular para a identificação da autocorrelação espacial deriva de uma estatística desenvolvida por Moran. Em notação matricial o teste Moran's I é (ANSELIN, 1999):

$$I = \left(\frac{N}{S_0} \right) \left(\frac{e'We}{e'e} \right)$$

sendo e um vetor dos resíduos do modelo MQO e $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$, um fator padronizado que corresponde a soma dos pesos para os produtos cruzados não nulos.

Entretanto, a estatística de Moran's I não identifica o tipo de efeito (erro ou defasagem espacial), apenas afasta a hipótese nula de presença de dependência espacial (DANTAS; MAGALHÃES; VIRGOLINO, 2007).

Para superar essa limitação, existem testes baseados nos multiplicadores de Lagrange. A estatística do teste, sob certas condições, tem distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade, e é assintoticamente distribuído (ANSELIN; REY, 1991):

$$LM_{err} = [e'We / (e'e/N)]^2 / [tr(W^2 + W'W)]$$

(LM erro robusto)

$$LM_{lag} = [e'Wy / (e'e/N)]^2 / D$$

(LM lag/defasagem robusto)

onde

$$D = [(WX\beta)'(I - X(X'X)^{-1}X')(WX\beta) / \sigma^2] + tr(W^2 + W'W)$$

A escolha entre autocorrelação espacial do erro e a defasagem espacial é realizada com base nos resultados dos multiplicadores de Lagrange. Quanto maior for o valor encontrado da estatística do teste, menor será o nível de significância, e, portanto, maior será o efeito espacial correspondente a estatística, o que guia a escolha entre as duas formas.

A norma ABNT NBR 14653-2 (2011) recomenda que, após georreferenciamento dos

elementos amostrais e espacialização dos erros, o diagnóstico de autocorrelação espacial seja feito por meio de:

- procura por formação de agrupamentos, *clusters*, através de uma análise gráfica espacial dos erros;
- análise do semivariograma;
- aplicação dos testes Moran I, LM (erro) ou LM (defasagem)

3.2 Modelo de defasagem espacial (SAR)

O modelo de defasagem espacial (lag espacial) tem como equação:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Em comparação com a equação MQO, é adicionada uma variável, dada por WY , onde W é a matriz de pesos espaciais (matriz de vizinhança) e o parâmetro ρ mede a associação entre y e WY , e representa a magnitude da dependência espacial entre as observações (LESAGE; PACE, 2009).

Transações que ocorrem próximas podem exibir um efeito de adjacência, que pode ser incorporado pelo modelo de defasagem espacial (CAN; MEGBOLUGBE, 1997).

3.3 Modelo de erro espacial (SEM)

O modelo de erro espacial tem a seguinte equação:

$$Y = X\beta + u$$

$$u = \lambda Wu + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

Diversamente do modelo de defasagem espacial, a matriz de pesos aparece no erro da equação, ou seja, os erros são espacialmente correlacionados (GOLGHER, 2015).

O modelo de erro espacial é obtido se existir uma variável omitida ou não observada que apresente correlação espacial. Outra possibilidade que motiva o emprego deste modelo é a existência de erros de medida ocasionados por variáveis aleatórias correlacionadas espacialmente. Um exemplo para o mercado imobiliário, descrito por Dubin (1988): “Os preços de imóveis são definidos em parte pela localização deste. Assim, fatores locais afetam os imóveis localizados próximos uns dos outros. Qualquer erro de medida com relação a esses fatores implica em uma possível correlação espacial dos erros”.

3.4 Matriz de pesos espaciais

A autocorrelação espacial, ou a coincidência de valores similares em localizações similares pode ser formalmente expressa por (ANSELIN, 1999):

$$Cov_{[y_i, y_j]} = E_{[y_i, y_j]} - E_{[y_i]} \cdot E_{[y_j]} \neq 0, \text{ para } i \neq j$$

Em amostragens de corte transversal, como não há informações suficientes para a estimativa da matriz de covariâncias a partir dos próprios dados, é necessária a imposição de uma estrutura para esta covariância, que é realizada por meio de operador espacial de defasagem: a matriz de pesos espaciais (TRIVELONNI; HOICHEIM, 2006).

A matriz de pesos é usada na econometria para descrever a estrutura de dependência entre as unidades de análise. Essencialmente, Wy (ou analogamente Wu) constrói uma nova variável consistindo em uma média ponderada das observações vizinhas (HARRIS; KRAVTSOVA, 2009).

O procedimento mais usual para construção da matriz de pesos é o estabelecimento não estocástico da estrutura espacial, *a priori* (LESAGE; PACE, 2009).

Um exemplo de matriz de pesos muito popular é aquela cujos pesos são definidos a partir de uma função decrescente das distâncias entre as observações: $W_{ij} = f(d_{ij})$.

Em geral, assume-se isotropia, ou seja, apenas a distância importa na determinação dos pesos, independente da direção:

$$f(d_{ij}) = \frac{1}{d_{ij}}$$

Pode-se também estabelecer uma distância limite L para interações nulas. Para todos os pares i e j que se localizarem até este limite, isto é, $d_{ij} < L$, teremos $W_{ij} > 0$, caso contrário ficamos com $W_{ij} = 0$ (GOLGHER, 2015).

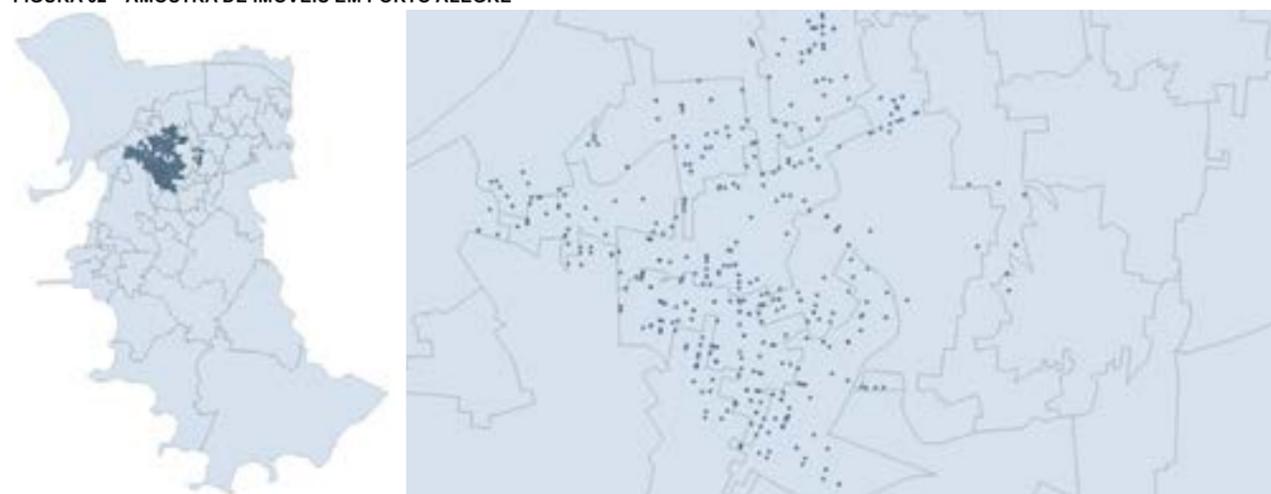
4. ESTUDO DE CASO PARA APARTAMENTOS EM PORTO ALEGRE

4.1 Descrição da amostra

A amostra do estudo de caso é composta por 432 dados de apartamentos na cidade de Porto Alegre/RS, distribuídos nos bairros Auxiliadora, Bela Vista, Boa Vista, Bom Fim, Chácara das Pedras, Farroupilha, Higienópolis, Independência, Jardim Botânico, Moinhos de vento, Mont Serrat, Petrópolis, Rio Branco e Santa Cecília, compreendendo ofertas e transações.

A distribuição espacial dos dados pode ser visualizada a seguir:

FIGURA 02 – AMOSTRA DE IMÓVEIS EM PORTO ALEGRE



4.2 Modelo de preços hedônicos (MQO)

A forma funcional semi-log foi adotada para o modelo de preços hedônicos (MQO). Este modelo tem sido largamente utilizado para comportamentos do mercado imobiliário (DANTAS; MAGALHÃES; VIRGOLINO, 2007).

$$\ln p = X\beta + \varepsilon$$

Nome da variável	Descrição
Área Privativa	Área privativa do apartamento, em m ² .
Cod_Data	Mês do evento: Jan 1998=1; Jan 2017=229
Origem_Inform	Variável dicotômica: se dado de oferta=1; se dado de transação=0;
Num_Un_Cond	Nº de unidades residenciais no condomínio/empreendimento;
Elev	A unidade é servida por elevador=1; Sem elevador=0;

Padrão	Padrão construtivo do prédio: 1=mínimo (não representado); 2=baixo; 3=normal/baixo; 4 normal; 5 normal/alto; 6=alto; 7=luxo;
Conservação	1=demolição e 2= ruim (não representados na amostra); 3= reparos importantes; 4= reparos simples; 5= boa; 6 =novo;
Ano Construção	Ano de construção do empreendimento;
Pav (Uh/100)	Pavimento do prédio onde está a unidade;
Quartos	Nº de quartos na unidade;
Lav_serv	Nº de lavabos + banheiros de serviço;
Vg_Cob	Nº de vagas de estacionamento cobertas;
Vg_Desc	Nº de vagas de estacionamento descobertas;
Eq_Un	Nº de equipamentos da unidade, considerando armários embutidos, lareira, churrasqueira, sacada, hidromassagem, ar condicionado central, vista panorâmica e piscina privativa;
Sub	Distância do condomínio/empreendimento de setor censitário considerado "subnormal": fonte IBGE.
Renda	Renda familiar do setor censitário onde está localizada a unidade;
Banheiros	Nº de banheiros privativos e sociais na unidade;
Eq(cond+infra)	Nº de equipamentos de lazer, segurança e infra-estrutura disponíveis para as unidades no condomínio/empreendimento: portaria/guarita, equipamento de segurança, salão de festas, playground, sauna/ofurô/hidromassagem, quadra poliesportiva, quadra de tênis, mini quadra, piscina, espaço com churrasqueira, outros salões de lazer, campo de futebol/golf, pilotis, aquecimento solar, gerador, gás central, poço artesiano, central de aquecimento de água e outros equipamentos.

TABELA	02	- RESULTADOS DO		MODELO	MQO
Variável	Forma	Coeficiente	Probabilidade %		
Constante		-1,64368			
Área Privativa	ln(x)	-0,40955	0,01		
Cod_Data	x	0,004943	0,20		
Origem_Inform	x	0,090365	0,01		
Num_Un_Cond	x	-0,00018	2,01		
Elev	x	0,096577	0,01		
Padrão	ln(x)	0,231394	0,01		
Conservação	x	0,031752	3,38		
Ano Construção	X	0,004118	0,01		
Pav (Uh/100)	x	0,013497	0,01		
Quartos	x	0,03397	3,19		
Lav_serv	x	0,024094	11,93		
Vg_Cob	x	0,155649	0,01		
Vg_Desc	x	0,075557	1,46		
Eq_Un	x	0,018498	6,80		
Sub	ln(x)	0,057464	0,01		
Renda	ln(x)	0,140511	0,01		
Banheiros	x	0,041337	2,73		
Eq(cond+infra)	x	0,008223	1,85		

4.3 Diagnóstico da dependência espacial

O diagnóstico da presença da dependência espacial foi efetuado por meio dos testes estatísticos LM Robusto (erro) e LM Robusto (defasagem) sobre os resíduos provenientes do modelo MQO, estimado no item 4.2.

A matriz de pesos espaciais empregada foi a proposta por Case, Rosen e Hines (1993), determinada de forma *ad hoc*, onde cada elemento da matriz *W* representa o inverso da distância entre as observações (adoção de critério geográfico para consideração da vizinhança).

A matriz resultante com 432 linhas e 432 colunas foi padronizada/normalizada por linha.

Em substituição a construção de um variograma, para identificação do patamar (*sill*) e o alcance (*range*), que permitiria a indicação da distância onde os efeitos espaciais são consideráveis, optou-se pela atribuição de distâncias máximas de 500m, 1.000m e 1.500m para aferição.

Os resultados dos testes, para as 3 distâncias máximas, são:

TABELA 03 – RESULTADOS TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL

Testes	Valor	Probabilidade
LM Robusto (erro) 500 m	5,46815	0,01937
LM Robusto (defasagem) 500 m	8,55875	0,00344
LM Robusto (erro) 1.000 m	3,25587	0,07117
LM Robusto (defasagem) 1.000 m	7,29056	0,00693
LM Robusto (erro) 1.500 m	2,12013	0,14537
LM Robusto (defasagem) 1.500 m	6,68730	0,00971

Conforme tabela acima, vemos que os resultados mais significativos são apresentados para distância máxima de 500m.

Com base nos resultados obtidos, ajustou-se um modelo de defasagem espacial (SAR), ao nível de significância inferior a 1%.

4.4 Modelo de defasagem espacial

O modelo resultante foi:

$$Inp = X\beta + pWlnP + \varepsilon$$

Tabela 04 – Resultados do modelo de defasagem espacial

Variável	Forma	Coefficiente	Probabilidade %
Constante		-2,65064	
Área Privativa	ln(x)	-0,401391	0,00
Cod_Data	x	0,00484607	0,16

Origem_Inform	x	0,0898529	0,00
Num_Un_Cond	x	-0,000167793	2,26
Elev	x	0,0915673	0,00
Padrão	ln(x)	0,199353	0,08
Conservação	x	0,0340596	1,86
Ano Construção	X	0,00418196	0,00
Pav (Uh/100)	x	0,0136242	0,00
Quartos	x	0,034344	2,45
Lav_serv	x	0,0234296	11,71
Vg_Cob	x	0,151347	0,00
Vg_Desc	x	0,0725948	1,50
Eq_Un	x	0,0211727	3,13
Sub	ln(x)	0,0612981	0,00
Renda	ln(x)	0,121206	0,00
Bhpriv+Bhsociais	x	0,0407421	2,41
Eq(cond+infra)	x	0,00912842	0,67
Wy	x	0,121980442	1,125

Os resultados da estimação do coeficiente ρ , da variável espacialmente defasada, indicam que o efeito espacial é estatisticamente significativo a menos de 2%, o que denota um forte efeito de defasagem espacial.

Deste modelo ajustado, observa-se que a formação dos preços dos apartamentos são influenciados positivamente pelos imóveis vizinhos (correlação espacial positiva).

Pode-se verificar a ocorrência de modificações nos resultados das estimações dos parâmetros e suas significâncias.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise empírica para o caso de Porto Alegre, reforça a importância de, explicitamente, se levar em consideração a correlação e a heterogeneidade espacial na estimação do modelo hedônico de preços.

As variáveis de localização e amenidades urbanas não são suficientes para a construção do modelo, sendo que a posição em que se encontra o dado e a relação com seus vizinhos são relevantes.

Existe para o caso em estudo a interação espacial entre os preços dos imóveis (efeito de vizinhança), comprovada pelos testes de correlação espacial.

Pode-se concluir que as negociações de compra dos apartamentos não ocorrem de forma independente, como o modelo hedônico pressupõe.

Inferências com base em um modelo MQO podem importar em viés de estimação, diante da presença de correlação espacial, o que reforça a necessidade da introdução de efeitos espaciais para a predição de valores, principalmente em modelos de avaliação em massa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Norma Técnica de Avaliação de Bens, Imóveis Urbanos – NBR 14653:2, Rio de Janeiro: 2011.

AGUIAR, Marina Moreira; SIMÕES, Rodrigo; GOLGHER, André Braz. Housing market analysis using hierarchical-spatial approach: the case of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Regional Studies, Regional Science**. Belo Horizonte, p. 116-137. 2014.

ANSELIN, Luc (Ed.). Spatial Econometrics. In: BALTAGI, Badi H. (Ed.). **A Companion to Theoretical Econometrics**. Malden: Blackwell Publishing Ltd, 2003. Cap. 14. p. 310-330.

ANSELIN, Luc; REY, Serge. Properties of tests for spatial dependence in linear regression models. **Geographical Analysis**. Athens, p. 112-131. April, 1991.

ANSELIN, Luc. GIS research infrastructure for spatial analysis of real estate markets. **Journal Of Housing Research**. p. 113-133. 1998

CAN, Ayse; MEGBOLUGBE, Isaac. Spatial dependence and house price index construction. **Journal Of Real Estate And Economics**. p. 203-222. 1997.

CASE, Anne; ROSEN, Harvey; HINES, James. Budget spillovers and fiscal policy interdependence: evidence from the states. **Journal of Public Economics**. North-holland, p. 285-307. October, 1993.

DANTAS, Rubens Alves; PORTUGAL, José Luiz; PRADO, João Freire. Avaliação de cidades por inferência espacial: um estudo de caso para a cidade de Aracaju. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 13, 2006, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Ibape, 2006. p. 1 - 22.

DANTAS, Rubens Alves; MAGALHÃES, André Matos; VERGOLINO, José Raimundo de Oliveira. Modelos espaciais aplicados ao mercado de apartamentos do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 12, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: Ibape, 2003. p. 1 - 25.

DANTAS, Rubens Alves; MAGALHÃES, André Matos; VERGOLINO, José Raimundo de Oliveira. Avaliação de imóveis: a importância dos vizinhos no caso de Recife. **Economia Aplicada**. São Paulo, p. 231-251. Abril-junho, 2007.

DANTAS, Rubens Alves. **Modelos espaciais aplicados ao mercado habitacional**: um estudo de caso para a cidade do Recife. 2003. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

DUBIN, Robin Ann. Estimation of regression coefficients in the presence of spatially autocorrelated error terms. **The Review Of Economics And Statistics**. Cambridge, p. 466-474. August, 1988.

ELHORST, J. Paul. Applied Spatial Econometrics: Raising the bar. **Spatial Economic Analysis**. p. 9-28. March, 2010.

FURTADO, Bernardo Alves. **Análise quantílica-espacial de determinantes de preços de imóveis urbanos com matriz de bairros**: evidências no mercado de Belo Horizonte. Rio de Janeiro: Ipea, 2011. 45 p.

- GOLGHER, André Braz. **Introdução à econometria espacial**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015. 384 p.
- GUJARATI, Damodar; PORTER, Dawn. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p.
- HARRIS, Richard; KRAVTSOVA, Victoria. In search of "W". **Spatial Economic Analysis**. Glasgow, p. 249-270. March, 2011.
- LESAGE, James; PACE, Robert Kelly. **Introduction to Spatial Econometrics**. New York: CRC Press, 2009. 323 p.
- LESAGE, James. **The Theory and Practice of Spatial Econometrics**. 1999. Disponível em: <<http://www.spatial-econometrics.com/html/sbook.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2017.
- MANSKI, Charles Frederick. Identification of endogenous social effects: the reflection problem. **The Review Of Economics And Statistics**. Stockholm, p. 531-542. July, 1993.
- SHEPPARD, Stephen. Hedonic analysis of housing markets. In: CHESHIRE, Paul; MILLS, Edwin (Ed.). **Handbook of regional and urban economics**. Amsterdam: Elsevier, 1999. Cap. 8. p. 1595-1635.
- TRIVELLONI, Carlos Alberto Peruzzo; HOCHHEIM, Norberto. O valor da localização dos imóveis: determinação por métodos de análise espacial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 22., 2006, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza: Ibape, 2006. p. 1 - 40.

INTRODUÇÃO

As Redes Neurais Artificiais estão inseridas no contexto da Inteligência Artificial¹, também conhecida como inteligência computacional. Em um primeiro momento, imagina-se a Inteligência Artificial como algo complexo, servindo para automatizar robôs futuristas altamente sofisticados ou naves espaciais produzidas para missões interestelares. Realmente, estas são algumas de suas utilidades, mas, além disso, essa tecnologia já faz parte do nosso cotidiano. Os principais sistemas operacionais, tais como o Windows, OsX, IOS e o Android, já incorporam funções em seus núcleos computacionais. Por exemplo, aproximar a íris para o login no computador, rotinas de inteligência computacional estão sendo utilizadas.

Sabe-se que os computadores, uma vez programados pelo homem, executam tarefas pré-definidas. Desta forma, um analista ou programador de sistemas define um conjunto de instruções, que fazem com que uma máquina armazene, administre e controle uma série de informações. Esta é uma programação linear ou convencional. Muito utilizada em robótica. A Inteligência Artificial busca o desenvolvimento de sistemas capazes de extrair informações do meio externo e, a partir deste aprendizado, apresentar uma boa capacidade de generalização.

Podemos encontrar sistemas controlando o saldo da nossa conta bancária, nossas despesas com internet e telefônicas, e até o consumo dos carros mais sofisticados. Estes sistemas são convencionais, pois a tarefa é registrar, controlar eventos e armazenar informações.

Enquanto os computadores têm um funcionamento predeterminado, proporcionando maior eficiência na resolução de tarefas sequenciais, o cérebro humano funciona de modo paralelo e conectado ao seu ambiente, sendo mais eficiente na resolução de tarefas, que exigem a interpretação de diversas variáveis. É a capacidade cognitiva do cérebro humano.

As grandes diferenças entre os Sistemas que utilizam Inteligência Artificial e os sistemas convencionais, é que, enquanto os sistemas convencionais seguem uma programação definida a priori, a Inteligência Artificial está preocupada em utilizar estas informações para auxiliar na tomada de decisão.

A Inteligência Artificial se propõe a fazer o que realmente seu nome sugere: uso da inteligência para auxiliar em uma decisão, procurando para isso utilizar princípios da própria inteligência humana. E como isto poderia ser aplicado às avaliações de imóveis? A resposta é simples: aprender sobre o mercado e depois utilizar o conhecimento para generalizar realizando

¹ Máquinas com capacidade cognitiva para solução de problemas reais

avaliações de imóveis.

A Inteligência Artificial é, em termos singelos, uma maneira de se fazer o computador pensar inteligentemente, isto é, que ele execute um programa capaz de pensar criando uma inteligência. Os programas com inteligência artificial, à semelhança da mente humana, podem incorporar novos conhecimentos, sem desestruturar os fatos armazenados anteriormente. Exemplos de aplicação da Inteligência Artificial: Redes Neurais Artificiais, Algoritmos Genéticos, Lógica Fuzzy, Teoria do Caos e Sistemas Especialistas – Sistemas Híbridos – onde podem estar presentes duas ou mais metodologias.

Nas Redes Neurais Artificiais, a ideia é realizar o processamento de informações, tendo como princípio a organização de neurônios do cérebro. Como o cérebro humano é capaz de aprender e tomar decisões baseadas na aprendizagem, as Redes Neurais Artificiais devem fazer o mesmo. Assim, uma rede neural pode ser interpretada como um esquema de processamento capaz de armazenar conhecimento, baseado em aprendizagem (experiência), e disponibilizar este conhecimento para a aplicação em questão.

Neste capítulo será explorado um dos segmentos da Inteligência Artificial: as Redes Neurais Artificiais – RNAs e a aplicação nas avaliações de bens utilizando o método comparativo de dados de mercado.

HISTÓRICO

O primeiro modelo artificial de um neurônio biológico foi fruto do trabalho pioneiro de V. Van der Pol e Walter Pitts – matemático. O início dos estudos das Redes Neurais pode ser considerado a partir de 1943, com o trabalho publicado “A logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”.

O aprendizado de Redes Neurais Artificiais veio a ser objeto de estudo somente anos depois do trabalho de McCulloch e Pitts. Donald Hebb, em 1949, mostrou como a plasticidade da aprendizagem de Redes Neurais é conseguida através da variação dos pesos de entrada dos Nodos. Hebb propôs que a conectividade do cérebro é continuamente modificada conforme um organismo vai aprendendo tarefas funcionais, e que os agrupamentos neurais são criados por tais modificações.

Em 1956, Nathaniel Rochester (IBM), desenvolveu uma simulação, em computador, do neurônio de McCulloch & Pitts com regra de treinamento Hebbiana.

Em 1958, Frank Rosenblatt demonstrou, com o seu novo modelo, o Perceptron, que, se fossem acrescentadas de sinapses ajustáveis, as RNAs com Nodos MCP poderiam ser treinadas para classificar certos tipos de padrões. O seu Perceptron tinha como objetivo o reconhecimento de padrões ópticos (modelo de visão humana).

Em 1960, Bernard Widrow e Marcian Hoff introduziram o algoritmo do mínimo quadrado médio, e o usaram para formular o ADALINE (ADAPTIVE LINEAR ELEMENT – elemento linear adaptativo). Simularam e programaram em hardware um sistema de Redes Neurais Artificiais.

Os anos seguintes foram marcados por um entusiasmo exagerado de muitos pesquisadores, que passaram a publicar diversos artigos e livros, onde faziam uma previsão futurista sobre máquinas tão poderosas quanto o cérebro humano, e que surgiriam em um curto espaço de tempo.

Entretanto, pela falta de comprovação e recursos computacionais, isto tirou quase toda a credibilidade dos estudos desta área, e causou grandes aborrecimentos aos técnicos de outras áreas.

Em 1969, Marvin Minsky e Seymour Papert publicaram o livro “Perceptrons”. Chamaram atenção para algumas tarefas que o Perceptron não era capaz de executar. Argumentaram também que, embora existisse um algoritmo de aprendizado, que garantia a convergência para modelos com uma única camada de Neurônios, como era o caso do modelo Perceptron original, o mesmo não acontecia para redes Perceptron com mais de uma camada. Depois da publicação desse livro, foram encerrados os financiamentos de pesquisas de Redes Neurais Artificiais.

Um período de pesquisa silenciosa seguiu-se, de 1969 a 1982, quando poucos trabalhos foram publicados. Na perspectiva da Engenharia, nos anos 70, a teoria conexionista ficou



adormecida (em grande parte devido à repercussão do trabalho de Minsky e Papert). Uma das razões foi a tecnológica – não havia computadores pessoais ou estações de trabalho para experimentação. Entretanto, aqueles que pesquisavam nesta época, e todos os que se seguiram, conseguiram novamente estabelecer um campo concreto para o renascimento da área.

Em 1982, John Hopfield publicou um artigo que chamou a atenção para as propriedades associativas das RNAs. O grande feito de Hopfield foi, sem dúvida, mostrar a relação entre redes recorrentes auto-associativas e sistemas físicos, sendo responsável por parte da retomada das pesquisas da área. Hopfield desmistificou a visão pessimista de Minsky e Papert sobre o Perceptron. Ainda neste ano, o artigo de Kohonen, sobre os mapas auto-organizáveis, tornou-se uma referência para avaliação de outras inovações.

Em meados da década de 80, houve nova explosão de interesse pelas RNAs na comunidade internacional. O maior fator, responsável pela retomada de interesse na área, em primeiro lugar, foi o avanço da tecnologia, sobretudo da microeletrônica, que permitiu a realização física de modelos de Nodos e sua interconexão, de um modo antes impensável.

Em 1984, Braitenberg defende o princípio do desempenho auto-organizado, direcionando o objetivo. Sob o pretexto da ficção científica, Braitenberg ilustra este princípio, descrevendo várias máquinas com uma arquitetura interna simples. As propriedades das máquinas e seu comportamento são inspirados em fatos acerca dos cérebros animais.

Finalmente em 1986, David Rumelhart descobre o desenvolvimento do algoritmo de retro-propagação (back-propagation). Propuseram sua utilização para aprendizagem de máquina e demonstraram como isto poderia funcionar.

Em 1994, foi realizado o 1º Congresso de Redes Neurais Artificiais no Brasil.

CONTEXTUALIZAÇÃO METODOLÓGICA

As redes neurais artificiais (RNA) possuem diversas vantagens quando comparadas com os métodos convencionais de inferência. Podemos listar:

- se baseia na estrutura do sistema nervoso animal, principalmente o cérebro. Este fato amplia bastante o estudo das RNA e suas aplicações;
- as RNAs têm a capacidade de aprender. A primeira fase do processo é a aprendizagem. Trata-se de fornecer dados como entrada RNA e comparar com a saída (resposta) que é esperada.

- uma RNA cria seu próprio conhecimento do ambiente externo e sua representação, sem a necessidade do usuário definir a sua auto-organização;
- considerando que uma RNA pode armazenar informações de forma redundante, esta pode continuar a responder a questões sobre generalização de uma forma aceitável, mesmo que esteja parcialmente enviesada. Ela é tolerante a falhas.
- Uma rede neural não deve lidar com alterações na informação de entrada, pois ruídos ou outras alterações na entrada pode não ser processada na saída.
- A estrutura de uma RNA é paralela, de modo que se for implementado com computadores ou dispositivos eletrônicos especiais, podem obter respostas em tempo real.

Mas existe uma principal desvantagem no uso de avaliações quando comparada aos métodos clássicos, como a regressão linear. A questão gira em torno dos parâmetros definidos para a validação dos resultados. Enquanto nas Redes Neurais os resultados são obtidos de testes práticos, na regressão linear a validação se dá por intermédio de testes estatísticos, mas que podem estar afastados das realidades sendo estudadas. Em resumo, existe um conforto com resultados estatísticos, mesmo que estes possam não representar a realidade em estudo.

APLICABILIDADE

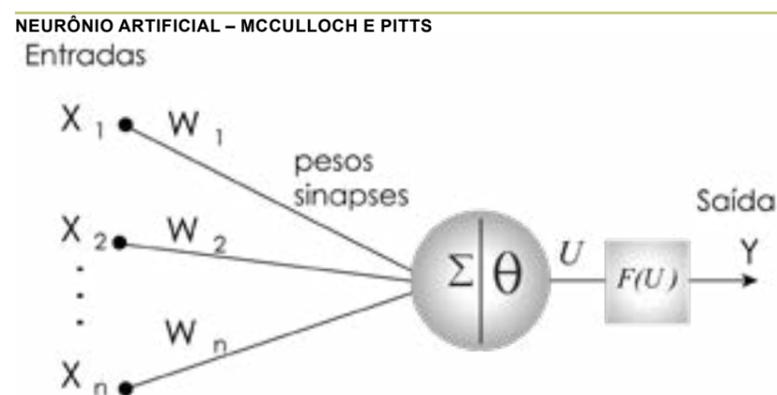
As Redes Neurais Artificiais podem ser aplicadas para resolver uma diversidade de problemas. Um bom exemplo de aplicação está nos softwares de reconhecimento de voz, que precisam aprender a conhecer a voz de determinadas pessoas. Redes Neurais Artificiais também são usadas em robôs, que desarmam bombas. Se você já usou um scanner para retirar um texto de um jornal, por exemplo, saiba que o software de OCR, que é responsável por isso, precisa aprender a reconhecer caracteres da imagem. Logo, ele certamente possui algoritmos de rede neural. Os principais usos das Redes Neurais Artificiais são: aproximador universal de funções (aqui se enquadra a avaliação de imóveis); Reconhecimento Automático de Padrões; Reconhecimento de Caracteres; Robótica; Diagnóstico Médico; Sensoriamento Remoto; Processamento de Voz; Biometria.

METODOLOGIA

O cérebro humano é considerado o mais fascinante processador de informações, sendo composto por aproximadamente 10 bilhões de neurônios. Todas as funções e movimentos do organismo estão relacionados ao funcionamento destas pequenas células.

O neurônio é uma célula no cérebro, que tem como funções coletar, processar e disseminar sinais elétricos. Acredita-se que a capacidade de processamento de informações do cérebro emerge, principalmente, das redes de tais neurônios. Os neurônios estão conectados uns aos outros, através de sinapses, e juntos formam uma grande rede. Por essa razão, uma parte do trabalho inicial da Inteligência Artificial teve como objetivo criar RNAs (outros nomes para o campo incluem conexionismo, processamento distribuído paralelo e computação neural), que representam de certa forma, as redes biológicas, ou Redes Neurais Artificiais. Esta grande rede proporciona uma fabulosa capacidade de processamento e armazenamento de informações.

McCulloch e Pitts simplificaram o modelo do neurônio humano, e propuseram uma estrutura conhecida com MCP, e que resultou no modelo de neurônio artificial que está definido na seguinte figura:



O modelo matemático, proposto, possui n variáveis de entrada, representadas acima pelo vetor x [$x_1, x_2 \dots x_n$], e uma variável de saída, Y (representando o axônio). Simulando o comportamento das sinapses, as variáveis de entrada têm seus pesos acoplados aos pesos w_1, w_2, \dots, w_n , cujos valores podem ser positivos ou negativos, dependendo das sinapses serem inibitórias ou excitatórias.

De forma geral, a operação de um neurônio artificial se resume em:

- sinais são apresentados à entrada;
- cada sinal é multiplicado por um peso, que indica sua influência na saída da unidade;
- é feita a soma ponderada dos sinais, a qual produz um nível de atividade;
- se este nível excede um limite (threshold), a unidade produz uma saída.

Podemos escrever o modelo matemático da seguinte forma:

$$\sum_{K=0}^n W_K \cdot X_K \geq \theta$$

A saída do neurônio será igual a 1 ou a 0, definindo se o neurônio deve ou não disparar, comparando o somatório dos produtos dos valores de entrada pelos seus respectivos pesos, com o limiar (θ) do neurônio.

Este modelo é uma simplificação do neurônio natural, pois considera que todos os neurônios disparam sincronizadamente. Nos sistemas biológicos, não existe um mecanismo para sincronizar as ações dos nodos, bem como não existem restrições, para que as suas saídas sejam ativadas em tempos discretos.

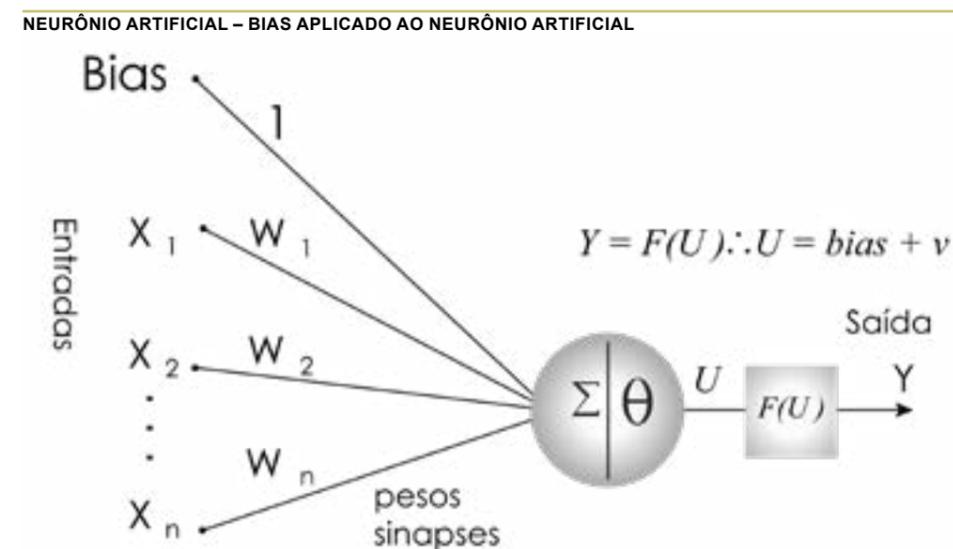
Sobre o modelo proposto – MCP – podemos verificar que:

- redes com MCP de apenas uma camada somente podem implementar funções, que sejam linearmente separáveis;
- pesos negativos são mais adequados para disparos inibidores;
- o modelo proposto utiliza pesos fixos, que não são ajustáveis.

As funções de transferência, conhecidas pelo nome de funções de ativação, surgiram após o modelo proposto originalmente por MacCulloch e Pitts, onde o valor, em uma saída qualquer, não precisa ser necessariamente 1 ou 0. As mais utilizadas são:

- linear,
- sigmóide e
- tangente hiperbólica.

Estes modelos também incluem um bias aplicado externamente, que tem o efeito de aumentar ou diminuir a entrada líquida da função de ativação.



O modelo do Perceptron é composto de uma camada única, e as redes lineares do tipo Adaline, possui capacidades computacionais similares à Regressão Linear. O estudo do

Perceptron tem uma importância histórica por seu pioneirismo e foi o início do processo de treinamento e posterior generalização.

O modelo linear, que na realidade corresponde ao modelo clássico MCP, tem uma capacidade computacional limitada a funções linearmente separáveis, que se traduzem nas funções de limiar. Para entradas binárias, onde $x \in \{0,1\}^n$, as funções de limiar correspondem a um pequeno subconjunto do total de funções binárias possíveis, possuindo baixa capacidade computacional. Com relação à porta de limiar quadrática, esta foi projetada para resolver problemas de um nível superior, ou seja, mais complexos, possuindo um número maior de parâmetros, ajustáveis através de algoritmos de treinamento.

As questões básicas, relativas ao modelo Perceptron, são o entendimento do algoritmo de treinamento, por correção de erros, que foi descrito por Rosenblatt. O teorema de convergência do Perceptron, mostra que o algoritmo de treinamento sempre encontra uma solução, em número finito de interações, caso as classes em questão sejam linearmente separáveis.

Como uma continuação natural da descrição do Perceptron, temos o modelo Adaline, proposto por Widrow e Hoff. Este modelo também utiliza o neurônio MCP como unidade básica; mas o treinamento da rede é feito através do cálculo do gradiente do erro quadrático da saída, em relação aos pesos da rede. O modelo Adaline também se diferencia do Perceptron, pelo fato de que o erro de saída é calculado em relação à sua saída linear, e não em relação à saída não-linear, como no Perceptron, e na maioria dos algoritmos de treinamento de RNAs, e os resultados obtidos se assemelham àqueles obtidos através dos Mínimos Quadrados.

EXEMPLO ILUSTRATIVO

Suponha que foi coletada uma amostra, composta por lotes situados em determinado bairro de uma cidade, idênticos em relação a todos os seus atributos, mas diferentes pela localização em rua residencial ou comercial e pelo tamanho da testada:²

Ref.	Endereço	Frente	Vocação	PU R\$/m ²
1	Rua B, 58	10,00	0	50,00
2	Rua F, 59	20,00	0	60,00
3	Rua G, 60	15,00	0	54,00
4	Rua A, 61	12,00	0	53,00
5	Rua B, 62	18,00	0	58,00
6	Rua C, 63	17,00	0	55,00
7	Rua B, 64	14,00	0	55,00
8	Rua A, 65	17,00	0	56,00
9	Rua D, 66	14,00	0	54,00
10	Rua F, 67	19,00	0	60,00

² Os dados deste exemplo correspondem a um dos casos analisados pelo Eng^o Rubens Alves Dantas, no trabalho citado anteriormente.

11	Av. B, 68	12,00	1	60,00
12	Av. B, 74	18,00	1	75,00
13	Av. B, 80	16,00	1	67,00
14	Av. B, 86	12,00	1	62,00
15	Av. B, 92	17,00	1	70,00
16	Av. B, 98	13,00	1	60,00
17	Av. B, 104	15,00	1	69,00
*18	Av. B, 110	17,00	1	64,00
19	Av. B, 116	20,00	1	80,00
20	Av. B, 122	15,00	1	65,00

Obs.: O dado 18 foi excluído do modelo de regressão.

O modelo de regressão linear possui os seguintes parâmetros estimados:

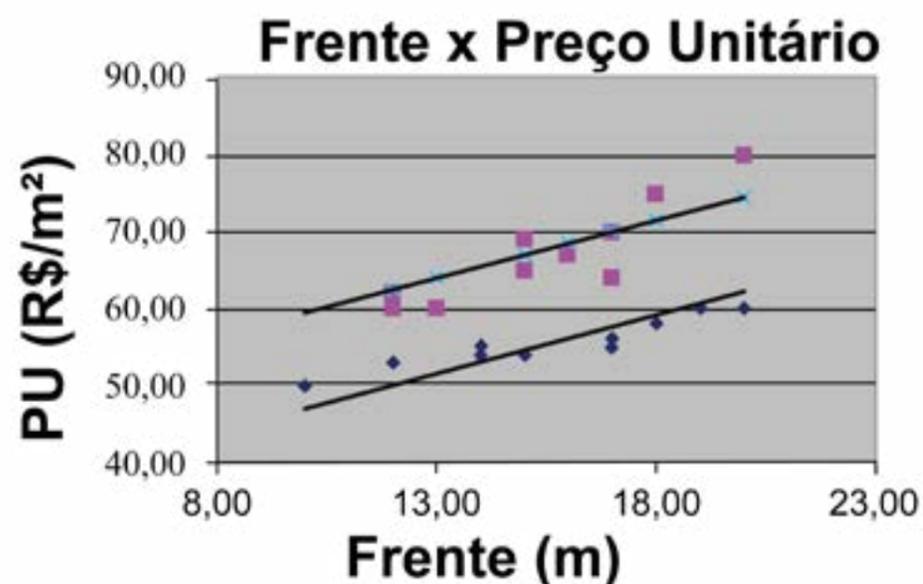
$$\text{Preço Unitário} = + 31,81648936 + 1,518173759 \times \text{Frente} + 12,46040189 \times \text{Vocação}$$

Esse modelo apresentou um coeficiente de determinação de 0,90, e a hipótese nula dos regressores utilizados (frente e vocação) é rejeitada a um nível de significância de 0,01%.

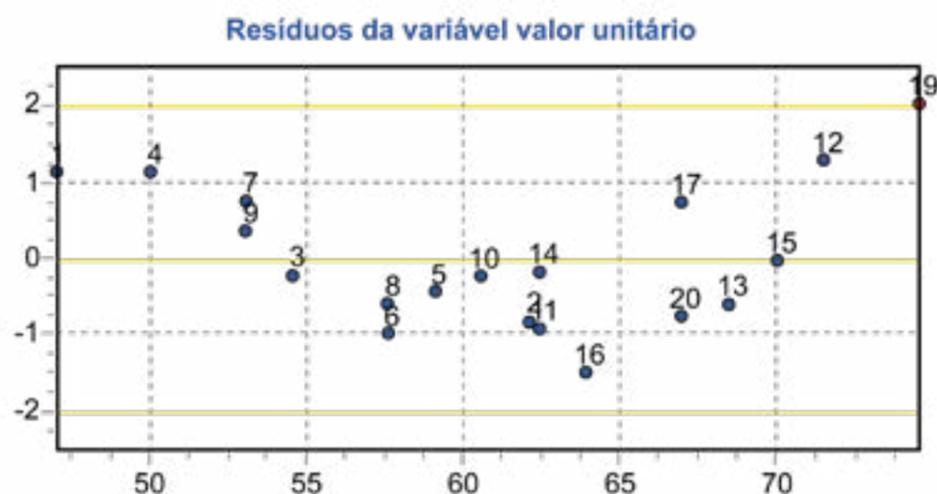
Tendo sido utilizadas duas variáveis independentes, a curva de regressão é, naturalmente, um plano, cuja representação é mais difícil. O Gráfico 1 a seguir apresenta os resultados obtidos nesse tratamento, apresentando as projeções sobre o plano Frente x Preço Unitário.

As duas retas que figuram no gráfico representam a projeção das interseções do plano de regressão com os planos verticais que contêm, respectivamente, as observações de vocação residencial (vocação = 0, cujos pontos observados estão marcados com losangos) e as de vocação comercial (vocação = 1, marcados com quadrados).

Ao analisarmos o gráfico de resíduos x valores ajustados abaixo, percebemos visualmente uma tendência geral de os preços unitários ajustados dos terrenos residenciais (numerados de 1 a 10) variarem inversamente com o resíduo, enquanto para os lotes comerciais (numerados de 11 a 20), a tendência é inversa.



Isto quer dizer que o modelo subestima sistematicamente os preços dos terrenos residenciais de menor valor (menor frente) e superestima os de maior valor (maior frente). Para os terrenos comerciais, ele superestima os de menor valor (menor frente) e subestima os de maior valor (maior frente).



Veremos a seguir que o ajustamento obtido na abordagem anterior pode ser substancialmente melhorado e, para isso, vamos introduzir uma nova variável, correspondente ao produto frente x vocação, que chamaremos de F x V. Esta variável corresponde ao fator de interação entre frente e vocação e assumirá os valores da tabela a seguir.

Tabela 1 – Dados de mercado

Ref.	Endereço	Frente	Vocação	F x V	PU (R\$/m²)
1	Rua B, 58	10,00	0	0	50,00

2	Rua F, 59	20,00	0	0	60,00
3	Rua G, 60	15,00	0	0	54,00
4	Rua A, 61	12,00	0	0	53,00
5	Rua B, 62	18,00	0	0	58,00
6	Rua C, 63	17,00	0	0	55,00
7	Rua B, 64	14,00	0	0	55,00
8	Rua A, 65	17,00	0	0	56,00
9	Rua D, 66	14,00	0	0	54,00
10	Rua F, 67	19,00	0	0	60,00
11	Av. B, 68	12,00	1	12,00	60,00
12	Av. B, 74	18,00	1	18,00	75,00
13	Av. B, 80	16,00	1	16,00	67,00
14	Av. B, 86	12,00	1	12,00	62,00
15	Av. B, 92	17,00	1	17,00	70,00
16	Av. B, 98	13,00	1	13,00	60,00
17	Av. B, 104	15,00	1	15,00	69,00
18	Av. B, 110	17,00	1	17,00	64,00
19	Av. B, 116	20,00	1	20,00	80,00
20	Av. B, 122	15,00	1	15,00	65,00

A introdução desta variável redundou num modelo com a seguinte equação:

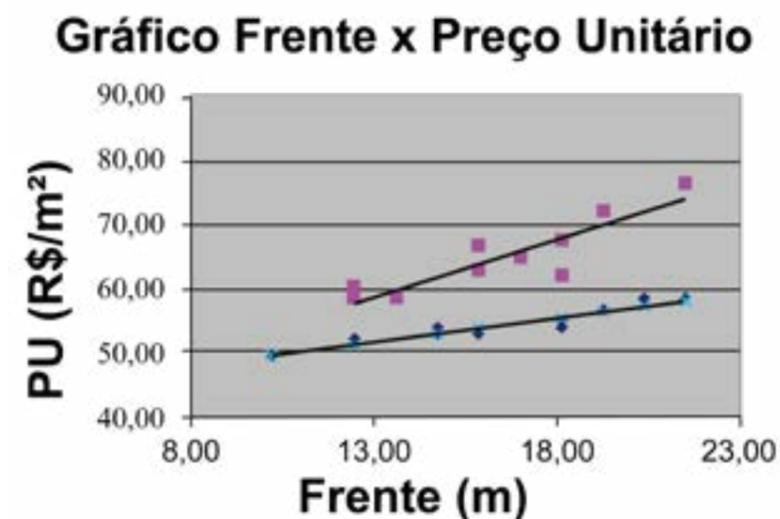
$$\text{Preço Unitário} = + 40,83185841 + 0,9402654867 \times \text{Frente} - 9,905932481 \times \text{Vocação} + 1,448623402 \times (\text{F} \times \text{V})$$

Esse modelo apresentou um coeficiente de determinação de 0,98, melhorando ainda mais o poder de explicação, em relação ao tratamento anterior, que chegara a 0,90, e a hipótese nula dos regressores utilizados (frente, vocação e fator de interação F x V) foi rejeitada a um nível de significância de 3%.

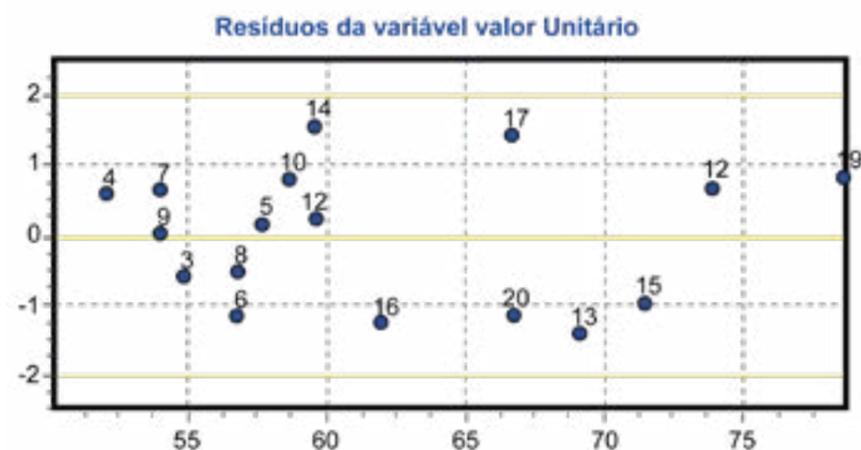
Tendo sido utilizadas três variáveis independentes, a curva de regressão é, naturalmente, um hiperplano, cuja representação se complica significativamente. O Gráfico 2 a seguir apresenta os resultados obtidos nesse segundo tratamento, apresentando as projeções sobre o plano Frente x Preço Unitário.

As duas retas que figuram no gráfico representam a projeção das interseções do hiperplano de regressão com os hiperplanos verticais que contêm, respectivamente, as observações de vocação residencial (vocação = 0, cujos pontos observados estão marcados com losangos) e as de vocação comercial (vocação = 1, marcados com quadrados).

Observa-se um melhor ajuste, em relação ao Gráfico 1, e que as duas retas não são mais paralelas, o que corresponde a dizer que acréscimos de frente geram, neste modelo, mais acréscimos de preço unitário nos terrenos comerciais do que nos residenciais, comprovando que a utilização do fator de interação trouxe benefícios à modelagem.



O gráfico resíduos x valores ajustados, nesse caso, apresenta valores dispersos, sem tendências definidas, o que permite constatar a sua superioridade, em relação aos anteriores (ver gráfico a seguir).



Veremos, a seguir, a repercussão do uso de cada um dos modelos anteriores na avaliação de imóveis.

Imóvel	Frente	Vocação	F x V	Avaliação		Diferença % dos modelos
				Modelo 1	Modelo 2	2/1
1	10	0	0	47,00	50,23	6,89%
2	15	0	0	54,59	54,94	0,64%
3	20	0	0	62,18	59,64	-4,09%
4	10	1	10	59,46	54,81	-7,81%
5	15	1	15	67,05	66,76	-0,43%
6	20	1	20	74,64	78,70	5,44%

Verifica-se que a utilização do modelo 1 (dicotômica sem fator de interação) superestima o valor dos terrenos residenciais com grandes frentes e comerciais com pequenas frentes,

enquanto subestima o valor dos terrenos comerciais de grandes frentes e residenciais de pequenas frentes.

De fato, um terreno comercial de 20 m de frente, avaliado com a utilização de fator de interação, pode ter um valor unitário estimado 16,41% superior ao mesmo imóvel avaliado pelo Modelo 1 e 5,44% em relação ao Modelo 2.

Por essas razões, as interações devem ser sempre examinadas, de forma a que sejam obtidos modelos mais compatíveis com os fenômenos que se observam no mercado imobiliário, quando se utiliza a regressão linear. Passamos agora a analisar o modelo através do uso das redes neurais artificiais.

O passo seguinte foi elaborar as modelagens matemáticas através da utilização das Redes Neurais Artificiais. Geralmente o maior esforço para o treinamento de uma rede neural encontra-se na coleta de dados e no pré-processamento deles. O pré-processamento consiste na normalização dos dados da entrada e da saída. Para o tipo de rede considerada o único requisito é que os valores das entradas e das saídas se encontrem no intervalo de 0 a 1 por compatibilidade com a função de transferência. Adotamos procedimentos visando normalizar os dados das entradas associados às suas respectivas saídas, antes de usá-los no treinamento das Redes Neurais Artificiais.

As RNA's utilizadas neste trabalho são redes multicamadas, e o tipo de aprendizado selecionado para estas redes é conhecido como aprendizado supervisionado, baseado no sistema "retro propagação do erro". Estas redes utilizam duas ou mais camadas de neurônios de processamento. A camada de entrada recebe as entradas externas enquanto que a camada de saída é a responsável pela geração da resposta da rede. Existindo uma terceira camada entre as duas anteriores, esta recebe o nome de "camada escondida". A escolha da complexidade da rede ou seja, o número de camadas escondidas e o número de neurônios nestas camadas segue alguns critérios empíricos.

As estruturas escolhidas para o treinamento dos dados amostrados diferem em sua natureza e podem ser descritas como:

Nesta estrutura, o número de neurônios para a camada escondida foi igual a 5. O número de neurônios na camada de saída, igual a 1, correspondente ao número de saídas da rede.

Esta RNA, do tipo "retro propagação do erro", foi treinada por meio de um aprendizado supervisionado. O processo utiliza o padrão de dados coletados no mercado imobiliário à entrada da rede e da saída desejada, que se constitui no valor unitário praticado neste mercado. Para cada conjunto padrão os pesos da rede são ajustados para minimizar a diferença entre as saídas da rede e as desejadas. O erro é minimizado utilizando a técnica do gradiente com um fator de convergência chamado "taxa de aprendizagem".

Para alimentar o processo de treinamento da RNA foram utilizados os dados coletados relacionados na Tabela 1.

Foi desenvolvida uma rede MLP composta de 5 neurônios na camada escondida, sendo utilizada a função linear na saída da rede e tangente hiperbólica na camada oculta.

Os resultados obtidos com a RNA são os apresentados para o Modelo 3 abaixo, tendo sido utilizadas apenas as variáveis de entrada Frente e Vocação, e como variável de saída Valor Unitário:

Imóvel	Frente	Vocação	Avaliação		
			Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
1	10	0	47,00	50,23	49,03
2	15	0	54,59	54,94	54,75
3	20	0	62,18	59,64	58,59
4	10	1	59,46	54,81	54,90
5	15	1	67,05	66,76	66,27
6	20	1	74,64	78,70	77,66

A análise dos resíduos demonstra o bom resultado obtido com as redes neurais artificiais, dispensando o uso das variáveis de interação:



As redes neurais demonstram possuir grande potencial para a modelagem de dados, voltada para a Engenharia de Avaliações. Neste contexto, a existência de banco de dados do mercado imobiliário, a modelagem utilizando técnicas tais como o Bagging, Treinamento Multi-Objetivo e Pruning já permitem o emprego sistemático desta ferramenta na Engenharia de Avaliações.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Norma Técnica de Avaliação de Bens, Procedimentos Gerais – NBR 14653:1, Rio de Janeiro: 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Norma Técnica de Avaliação de Bens, Imóveis Urbanos – NBR 14653:2, Rio de Janeiro: 2004.

BRAGA, A. P., CARVALHO, A. P. L. F., LUDEMIR, T. B., “Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações”, Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BRAGA, A. P., CARVALHO, A. P. L. F., LUDEMIR, T. B., “Sistemas Inteligentes – Fundamentos e Aplicações”, RECOPE-IA – Rede Cooperativa de Pesquisa em Inteligência Artificial, Manole, págs. 141 a 168, 2003.

BREIMAN, L., “Bagging Predictors”, Technical Report No. 421, 1994.

CHARNES, A., W. W. Cooper and Rhodes, Measuring the Efficiency of Decision –Making Units, European Journal of Operational Research, 2, No.6 - 1978.

CUN, Y. Le, DENKER, J. S., SOLLA, S. A., Optimal Brain Damage: Advances in Neural Information Processing Systems, vol.2, Morgan Kaufmann, San Mateo, p 598-605, 1989.

FAHLMAN, S. E., Libiere, C., Advances in Neural Information Processing Systems, Vol. 2, D. S. Touretzky Ed., Morgan Kaufmann, San Mateo, p 524, 1990.

GONZÁLEZ, M. A. S. – Metodologia de Avaliação de Imóveis – Novo Hamburgo, SGE, 2003.

GONZÁLEZ, M. A. S. – Aplicação de técnicas de descobrimento de conhecimento em bases de dados e de inteligência artificial em avaliações de imóveis – Novo Hamburgo, SGE, 2003.

GONZÁLEZ, M. A., Formoso, C. T., “Análise Conceitual das dificuldades na Determinação de Modelos de Formação de Preços através de Análise de Regressão”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), Págs. 65 – 75, número 8 – 2000;

GUEDES, J. C., “Aplicação de Redes Neurais na Avaliação de Bens - Uma comparação com à análise de regressão”, II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Avaliações (AVALIAR), São Paulo, Anais do Simpósio, p. 3-10, 2000.

GUEDES, J. C., “O EMPREGO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AVALIAÇÃO DE BENS”, VIII Congresso de Avaliações e Perícias (COBREAP), Florianópolis, 1995.

HAGAN, M. T., MENHAJ, M. B., “Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm”, IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 5, no. 6, 1994.

HASSIBI, B., Stork, D. G., In Advances in neural information processing systems 5, Ed.: Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, p 164, 1993.

HAYKIN, S., “Redes neurais: princípios e prática”, 2º Ed., Porto Alegre: BOOKMAN, 2001.

HAYKIN, S., “Neural Networks, A Comprehensive Foundation”, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, p 218, 1999.

KOVÁCS, Z. L., “Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Aplicações”, 3ª Ed., São Paulo: LIVRARIA DA

FÍSICA, 2002.

PELLI NETO, A., ZÁRATE, L. E., "Avaliação de Imóveis Urbanos com Utilização de Redes Neurais Artificiais", XII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, COBREAP, Belo Horizonte, Anais COBREAP, Set. 2003ª – Resumo p.14, 2003.

PELLI NETO, A., "Avaliação de Imóveis Urbanos com utilização de Sistemas Nebulosos (Redes Neuro-Fuzzy) e Redes Neurais Artificiais", Congreso Panamericano de Valuación - SCdA UPAV, Cartagena / Colombia - 20 a 23 de setembro de 2004, trabalho 08, Versão digital em CD, 2004.

PELLI NETO, A., ZÁRATE, L.E., "Valuation of Urban Real Estate Through Artificial Neural Networks", Artificial Intelligence and Applications, September 8-10, Benalmádemá / Spain, A Publication of the International Association of Science and Technology for Development, IASTED, V. 403-169, p. 523-528, 2003.

PELLI NETO, A., BRAGA, A. P., "Redes Neurais Artificiais: aplicação e comparação dos resultados com regressão linear na avaliação de imóveis urbanos", V concurso Internacional de Avaluación y Catastro, SOITAVE, Caracas/ Venezuela, 17 a 20 de Abril de 2005, versão digital em CD, 2005.

PELLI NETO, A., MORAIS, G. R., "RNA sob dupla ótica – Modelando a análise envoltória de dados (EDO-DEA) para aplicação nas avaliações de imóveis urbanos", XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias, Fortaleza / CE, 2006.

REED, Russel, "Pruning Algorithms – A Survey", IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 4, no. 4, 1993.

RUSSELL, S. J., NORVING, P., "Inteligência Artificial" - 2ª Ed. – Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2004.

SOLLA, S., CUN, Y. L., DENKER, J., "Optimal Brain Damage – In Advances in Neural Information Processing Systems". NIPS 2, 598-605, San Mateo, Morgan Kaufmann Publishers Inc."

STORK D., HASSIBI B., "Second order derivatives for networking pruning: Optimal Brain Surgeon – In Advances in Neural Information Processing Systems". NIPS 5, 164-171, San Mateo, Morgan Kaufmann Publishers Inc.", 1993.

7

PLANTA DE VALORES GENÉRICOS – PVG

Carlos Etor Averbeck

INTRODUÇÃO

Definição de Planta de Valores Genéricos

PVG – Planta de Valores Genéricos consiste em um documento gráfico que representa a distribuição espacial dos valores médios dos terrenos em cada região da cidade, normalmente apresentados por face de quadra, acompanhado de modelos para determinação do valor individual de cada imóvel, para efeito de tributação imobiliária.

Muitos municípios possuem os valores médios em tabelas, por trechos de logradouros, também denominadas, o seu conjunto, PVG.

A denominação Planta Genérica de Valores – PGV também é encontrada, porém o entendimento predominante é que os valores são genéricos, não a planta, que é específica, de valores médios. Daí a prevalência do uso do termo Planta de Valores Genéricos.

Objetivo da PVG

O objetivo principal de uma PVG é possibilitar ao município a determinação do valor individual de cada imóvel para tributação imobiliária, quer do IPTU – Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana, quer do ITBI – Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis e de Direitos a eles Relativos, Intervivos, que se diferencia do ITCMD – Imposto sobre a Transmissão Causa Mortis ou Doação, este de competência dos estados.

Como outros objetivos tem-se:

- utilização de valores para utilização na Contribuição de Melhoria;
- utilização de valores para indenização em processos de ações de desapropriações;
- conhecimento do poder público para estabelecimento de políticas públicas;
- conhecimento dos valores pela sociedade;
- fixação das alíquotas do IPTU, para definir a distribuição do montante a arrecadar entre os contribuintes.

As figuras 1 e 2, abaixo, apresentam exemplos de plantas e de tabela de valores, utilizadas como PVG por municípios.

FIGURA 1 – EXEMPLO DE PVG EM FORMA DE PLANTAS

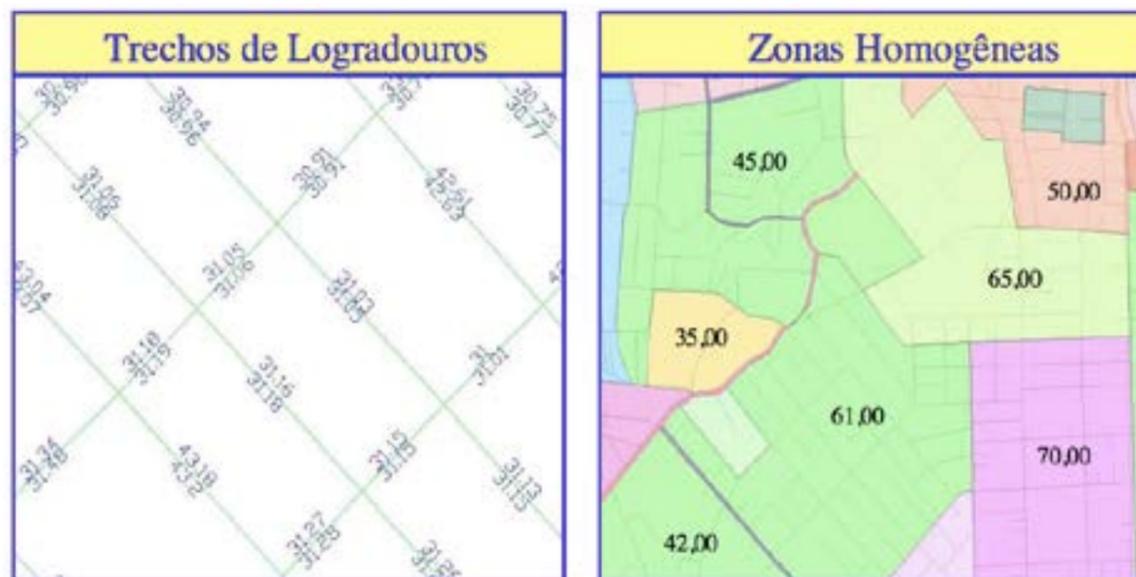


FIGURA 2 – EXEMPLO DE PVG EM FORMA DE TABELA.

D	S	COD.	Tipo Log.	Nome do Logradouro	Seção	Lado	Valor do m ²
1	4	1 R.		VEREADOR EMIDIO AMORIM VIRISSIMO	164	D	R\$ 75,00
1	4	1 R.		VEREADOR EMIDIO AMORIM VIRISSIMO	164	E	R\$ 75,00
1	4	1 R.		VEREADOR EMIDIO AMORIM VIRISSIMO	224	D	R\$ 75,00

Aspectos do Cadastro e dos Tributos Imobiliários

Para a melhor compreensão das questões que envolvem PVG, cabe trazer a definição dos tributos imobiliários que serão mais citados neste texto - IPTU e ITBI, e do Cadastro Territorial Multifinalitário, ou simplesmente Cadastro.

(i) **IPTU** - Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana. É de competência municipal (CF, art. 156), tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de bem imóvel por natureza ou acessão física, como definido na lei civil, localizado na zona urbana do município.

A zona urbana é aquela definida em lei municipal, que pode considerar urbanas as áreas urbanizáveis ou de expansão urbana, constantes de loteamentos aprovados pelos órgãos competentes, destinados à habitação, à indústria ou ao comércio, mesmo que localizados fora

da zona urbana, mas que tenham no mínimo dois melhoramentos públicos, construídos ou mantidos pelo poder público, como:

- meio-fio ou calçamento, com canalização de águas pluviais;
- abastecimento de água;
- sistema de esgotos sanitários;
- rede de iluminação pública, com ou sem posteamento para distribuição domiciliar;
- escola primária ou posto de saúde a uma distância máxima de 3 Km do imóvel considerado.

A base de cálculo do IPTU é o valor venal do imóvel e o contribuinte é o proprietário do imóvel, o titular do seu domínio útil ou o seu possuidor a qualquer título.

As alíquotas são definidas pelo município e podem ser progressivas no tempo (CF, art. 182), progressivas em razão do valor do imóvel e diferenciadas de acordo com a localização e o uso do imóvel (EC nº 29/2000). Usualmente encontram-se alíquotas entre 0,2% e 2%.

O IPTU é cobrado anualmente, a partir da situação do imóvel (valor e propriedade / ocupação) do dia 1º de Janeiro. A avaliação, então, deve ser referente a essa data.

O IPTU na verdade corresponde a dois impostos: sobre a propriedade predial urbana e sobre a propriedade territorial urbana. Esta característica deve ser compreendida, pois é usual haver alíquotas distintas e até mesmo políticas tributárias distintas, inclusive nos objetivos extrafiscais.

Por exemplo, na parcela territorial é usual a aplicação de alíquotas maiores sobre terrenos vazios, induzindo sua ocupação (objetivo extrafiscal), e de alíquotas maiores sobre terrenos sem passeio público, induzindo sua implantação (também objetivo extrafiscal).

No aspecto predial é comum a aplicação de alíquotas maiores sobre a parcela do valor das edificações de uso comercial ou multifamiliar (objetivo fiscal). Caso o município queira incentivar o comércio em determinada região (ou indústria, ou hotéis/hospedagens...), poderá definir alíquota menor sobre a edificação (objetivo extrafiscal).

Essa distinção de alíquotas e objetivos, quando ocorrer, exigirá a separação dos valores de terreno e de edificações, na avaliação individual de cada imóvel, o que é um dificultador ao profissional de avaliações, especialmente nos casos de apartamentos, salas comerciais, lojas e vagas de garagem. Municípios que não fazem distinção de alíquotas para terrenos e benfeitorias apresentam maior facilidade na avaliação e precisão nos seus resultados.

Para alteração do valor do IPTU a cada ano há necessidade de aprovação da Câmara de Vereadores, exceto em caso de correção limitada pela inflação, segundo entendimento do Superior Tribunal de Justiça - STJ. Essa questão política tem impacto muito forte na

determinação dos valores da PVG, pois sujeita o trabalho técnico à atuação dos vereadores, que, em última instância, definirão os valores de avaliação.

Para o STJ a mudança do valor venal compreende alteração da base de cálculo, enquanto os técnicos que estudam o tema entendem que não se altera a base de cálculo, que é a definição legal (valor venal), mas altera-se a base calculada, que é a determinação do valor de cada imóvel – dever de ofício do gestor municipal. Assim como no IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores a alteração do valor dos veículos a cada ano não se constitui em alteração da base de cálculo, para o IPTU deveria haver semelhante entendimento.

(ii) **ITBI** - Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis e de Direitos a eles Relativos, Intervivos. É de competência municipal (da localização do imóvel) e tem como fato gerador a transmissão “inter vivos”, a qualquer título, por ato oneroso, de bens imóveis, por natureza ou acessão física, e de direitos reais sobre imóveis, exceto os de garantia, bem como cessão de direitos a sua aquisição (CF, art. 156).

A base de cálculo é o valor venal dos bens ou direitos transmitidos e o contribuinte do imposto é qualquer das partes na operação, como dispuser a lei.

As alíquotas são variadas entre municípios, normalmente entre 2% e 3% sobre o valor venal. O CTN – Código Tributário Nacional cita que a alíquota não poderá exceder os limites fixados em resolução do Senado (nunca editada), que distinguirá, para efeito de aplicação de alíquota mais baixa, as transmissões que atendam à política nacional de habitação (CTN, art.39). Com efeito, muitos municípios adotam alíquota diferenciada sobre a parcela financiada do valor dos imóveis.

A legislação municipal traz seu entendimento de valor venal, freqüentemente adotando o maior valor dentre o valor do cadastro municipal (PVG), o valor venal atualizado pelo município e o valor declarado no documento de transmissão. Sobre esta questão haverá comentário posterior que trata de lavagem de dinheiro. Registra-se que o entendimento de valor venal como valor de mercado não se encontra pacificado no meio jurídico, com carência dessa definição. Por conseguinte, os municípios adotam o seu valor venal, como se fosse possível ter outros valores venais que não os de mercado.

Alteração do ITBI não necessita de aprovação da Câmara de Vereadores, razão porque de freqüente existência de um segundo procedimento para avaliação de imóveis, distinto do utilizado na PVG para efeitos de IPTU. Ou seja, o fato de para o IPTU a PVG requerer aprovação da Câmara de Vereadores, que atua de forma política e, por essa razão, muitas vezes impede a atualização dos valores ou põe freios nos valores para que o gestor municipal não melhore a arrecadação, leva o município a ter um segundo trabalho de determinação de valor, com foco no ITBI.

Como a data de referência do ITBI está relacionada à data da transação imobiliária, é natural

que o valor adotado para o ITBI seja um pouco diferente do valor para IPTU, que tem data de referência do primeiro dia do ano. Mas nesta questão surgem soluções muito diversas. Há municípios que utilizam a mesma PVG para IPTU e ITBI, com significativa desatualização frente aos valores de mercado. Outros possuem valores distintos do mesmo imóvel, para IPTU ou ITBI. Alguns conseguem ter relativamente atualizados os valores para ITBI. Raros conseguem praticar valores atualizados para IPTU e ITBI.

(iii)- **Cadastro Territorial Multifinalitário** – Cadastro - é um conjunto de informações gráficas, descritivas e tabulares de uma porção da superfície terrestre, contendo as propriedades imobiliárias corretamente georreferenciadas, possibilitando o conhecimento detalhado sobre todos os aspectos levantados (Lima et al, 2000).

O Cadastro é o reservatório de informações sobre a infraestrutura urbana e as características físicas dos imóveis utilizadas para a elaboração da PVG e a determinação do valor individual de cada imóvel. A qualidade das informações do Cadastro refletirá na qualidade da avaliação individual. De outra forma, a ausência de informações importantes no Cadastro impactará na modelagem da avaliação e na precisão dos resultados.

A multifinalidade do Cadastro é uma questão moderna, de evolução gradativa e natural dos antigos cadastros, facilitada pelas novas soluções tecnológicas e pelo aumento da qualificação dos técnicos municipais. O desenvolvimento de um Cadastro Multifinalitário exige a estruturação para o uso por diferentes usuários.

Dentre os cadastros que podem e devem estar integrados podemos citar: vegetação, solos, hidrografia, redes de infraestruturas (todas, públicas e privadas), imobiliário, usos atuais, usos possíveis, zoneamento, socioeconômico, equipamentos urbanos, contribuintes, valor dos imóveis, valor dos tributos (inclusive em atraso).

A construção de uma base cadastral única, das parcelas do território, é essencial à expansão da multifinalidade do cadastro. Parcerias com empresas e instituições que atuam sobre o território, bem como exigências legais que induzem a atualização e o uso da base única, são recomendadas. Naturalmente devem ser buscadas também parcerias para a diluição do custo dos cadastros e de sua atualização. Instituições como Correios, cartórios de registro de imóveis, companhias de distribuição de energia, companhias de água e esgoto, de telefonia, de TV a cabo, de redes de fibra ótica e outras, conseguem significativos ganhos se trabalharem de maneira integrada ao Município, sobre base cadastral única e atualizada.

Em outro exemplo, em muitas cidades as concessionárias de energia possuem imagem de satélite, com restituição, mapeamento de suas redes e instalações, cadastro de seus equipamentos, com cartografia que, as vezes, sequer o município possui. E as concessionárias necessitam das informações de novos loteamentos, bairros e ruas das cidades. No entanto, não fornecem facilmente suas informações, nem disponibilizam seus produtos cartográficos. Fica evidente o quanto é econômica a integração e a parceria para casos assim.

O Cadastro pode ser caracterizado como uma estrutura de apoio à gestão que funciona em diferentes dimensões ou ondas. A primeira envolve a questão fiscal (cadastro físico e econômico), utilizada por 100% dos municípios brasileiros. A figura abaixo (in Erba, 2009) ilustra a estrutura prevista para a evolução do Cadastro.

FIG. 3 – ESTRUTURA DE EVOLUÇÃO DO CADASTRO



Merece referência a previsão de integração do Cadastro com os cartórios de registro de imóveis, expresso na Lei nº 6.015/73, que exige a informação, na matrícula dos imóveis, do número da inscrição imobiliária do Cadastro, se houver, em claro movimento pela integração, já em 1973.

HISTÓRICO

O tema PVG é assunto complexo e de difícil solução na gestão municipal desde há muito tempo. No meio jurídico igualmente ocorrem interpretações complexas e nem sempre convergentes.

A tributação imobiliária e a arrecadação dos tributos são obrigações legais do gestor público, não cabendo a opção de não instituir a cobrança de IPTU ou ITBI. Para tanto, definir alíquotas, apurar a base de cálculo, lançar e cobrar o tributo são ações administrativas de responsabilidade do Município, de seu gestor.

A interpretação dada pelo STJ, que caracteriza a atualização dos valores (nos casos de majoração de valor) como alteração da base de cálculo e exige lei aprovada pela Câmara de Vereadores, salvo se corrigido apenas pela inflação, traz o processo político municipal para dentro da atividade de apuração da base de cálculo (definição dos valores venais) e prejudica o processo de avaliação.

A avaliação de imóveis é técnica, por natureza, e exige profissionais habilitados e qualificados. Determinar o valor dos imóveis, mesmo em processos de avaliação em massa, corresponde a fotografar a realidade dos valores dos imóveis, à semelhança da fotografia para caracterização física na atualização do Cadastro. Fica claro que o entendimento do STJ dificulta a atualização das PVG.

Por outro lado, tem sido recorrente a formação de comissões de avaliação pelos municípios, formadas por membros indicados pelo Poder Executivo, não especialistas em avaliações, que definem os valores da PVG com distanciamento das técnicas de avaliação e das normas da ABNT e comprometimento dos resultados. Sujeitos à atuação do Legislativo e sem formação profissional na área de Engenharia de Avaliações, essas comissões tendem a acatar as reclamações dos vereadores e inserir novos fatores de correção, agora relacionados aos vereadores. São conhecidas fórmulas com diversos fatores k ligados, cada um, a determinado vereador.

Ao invés da atuação dos vereadores voltar-se à construção ou ajustes da política tributária, com definição de alíquotas, progressividade ou diferenciação de alíquotas, isenções, forma de pagamento etc., seu foco é a determinação dos valores venais, que leva, com muita frequência, a prejuízo no resultado do trabalho técnico da avaliação, quando não à perda completa do trabalho técnico.

O IPTU representa no Brasil uma receita próxima a 0,5% do PIB (ITBI=0,2% PIB, BACEN, 2015), enquanto que países como Austrália, Canadá e USA apresentam receitas próximas de 3%.

No Brasil a arrecadação do IPTU é inferior à do IPVA. No entanto o patrimônio imobiliário, a riqueza dos imóveis, é muito superior que a dos veículos.

O IPTU é um imposto visível, que se recolhe individualmente e não fica escondido no preço de produtos, como ocorre com o ICMS, ISS, IPI e outros. O cidadão recebe o carnê, vê o tributo, paga e tem direito a reclamar, seja do valor do tributo ou dos serviços prestados pelo poder público.

O aumento dos valores dos imóveis, em um processo de avaliação em massa, é visto pela população como aumento dos tributos, que possui um custo político e afeta a popularidade dos políticos. Essa é uma das grandes razões, senão a maior, de desatualização das PVG nos municípios. E está inserida na alta carga tributária que incide sobre a renda das pessoas, de uma forma geral. Evidente que a população não faz comparação do valor do IPTU com o valor do IPVA ou com o valor do condomínio de seu prédio.

Por outro lado, é atual o debate sobre a distribuição da carga tributária, em que os municípios lutam por aumento de suas quotas de repasse dos recursos da União (percentual do FPM – Fundo de Participação dos Municípios), alegando insuficiência de recursos para atendimento às necessidades locais. Porém há muito que fazer para resolver as deficiências no Cadastro e

na PVG, sob sua gestão direta. Significa querer mais recursos de outras instâncias de governo, sem dar a atenção devida aos recursos próprios, de arrecadação local. Justiça seja feita às exceções de municípios que estão melhorando a gestão dos tributos locais.

Dentre outras razões para o estado de desatualização das PVG podemos citar:

- Carência de conhecimento técnico dos municípios, seja para elaborar, seja para contratar a elaboração de PVG. Raros são os municípios que possuem profissional com formação em Engenharia de Avaliações.
- Baixo nível de especificação na contratação da elaboração de PVG.
- Elaboração da PVG por comissões de avaliação que não dominam as técnicas avaliatórias.
- Utilização de procedimentos de avaliação empíricos, distantes da realidade, inapropriados, que provocam distorções nos valores.
- Correções sucessivas, por muitos anos, dos valores por índices de inflação, que não levam em conta as valorizações do mercado imobiliário.
- Interesses contrários de setores específicos, que se sentem prejudicados com a reavaliação (grandes proprietários de imóveis, construtoras, imobiliárias...).
- Ausência de legislação que exija um desempenho mínimo da PVG.
- Ausência de legislação que defina tempo máximo (ou ciclo) para reavaliação.
- Atenção dos órgãos de controle (TCE, MP...) voltada às despesas, com pouca atenção às receitas municipais.
- Ausência de cobrança da responsabilidade dos gestores municipais (inclusive vereadores), que permitem desatualizações da PVG e prejudicam a arrecadação e a justiça fiscal.
- Irrelevância do IPTU nas receitas dos municípios pequenos.
- Ausência de transparência da PVG, dos tributos e das inconsistências que geram iniquidades e tratamento desigual do cidadão, ao se cobrar valores diferentes para imóveis semelhantes, por erro de avaliação.

As cidades que melhor administram os tributos imobiliários apresentam desempenho geral de gestão pública também superior. Cobrar bem os tributos significa ter mais recursos para investimento, o que importa em valorização imobiliária e conseqüente possibilidade de melhoria da arrecadação. Existe então uma espiral virtuosa relacionando gestão, investimentos e valorização imobiliária. Evidentemente o inverso também ocorre, de modo não transparente e justificado por outras motivações.

A atualização do Cadastro e da PVG nos municípios do Estado de Santa Catarina permitiria

melhorar a arrecadação do IPTU em cerca de 50% (sobre dados de 2000) e evitar elevadas iniquidades, segundo conclusão de estudo específico (Averbeck, 2003).

Quando se fala em atualização de valores dos imóveis para fins fiscais, naturalmente se contempla o IPTU e o ITBI, mesmo que possa existir uso de valores distintos para um e para outro tributo.

O IPTU busca tributar o estoque de imóveis, a riqueza constituída em imóveis, enquanto o ITBI busca tributar a transferência, o giro desses imóveis. É assunto recorrente a tributação sobre grandes fortunas no Brasil, assim como o IPTU progressivo no tempo. Percebe-se que o IPTU "normal" ainda não está bem solucionado e que a adequada gestão do IPTU terá efeitos na tributação das grandes riquezas, notadamente com o uso da possibilidade de alíquotas diferenciadas para os imóveis, por tipologias ou classes de valor.

As receitas advindas do IPTU apresentam comportamento de estabilidade de um ano a outro, com tendência a aumento em razão dos novos loteamentos e edificações, além da correção usual pela inflação. A característica de estabilidade das receitas é muito importante para o planejamento financeiro do município. Já o ITBI possui comportamento mais associado à dinâmica da economia, com melhor desempenho quando aumenta a atômica do mercado.

O estudo do ITBI traz uma percepção de outra conotação, muito séria e com profundos impactos na sociedade.

Um primeiro aspecto diz respeito aos maiores interessados na desatualização dos valores dos imóveis, que são os grandes proprietários de imóveis, em especial as construtoras/incorporadoras. É vendida para a sociedade a ideia de imperioso incremento no preço dos imóveis em caso de aumento do ITBI, como se o preço de venda fosse resultado de uma matriz de custos. Preço de venda é definido pelo mercado, em que sempre se busca o máximo preço que o mercado pode pagar, característica do sistema capitalista. Logo, se o Município deixar de cobrar o ITBI, ou cobrar menos (por redução de alíquota ou por subavaliação), o preço de venda não será diminuído. Isso significa que quando o Município não cobra o que é de seu direito, alguém cobra e fica com esse dinheiro.

Um segundo aspecto é a tendência para a subdeclaração dos valores de transação. Ao comprador interessa subdeclarar para pagar menos ITBI. Ao vendedor interessa subdeclarar para pagar menos IR - Imposto de Renda, nos casos de lucro imobiliário. Se o negócio é entre duas partes que se beneficiam da subdeclaração, é muito provável que esta aconteça, em prejuízo aos cofres públicos (nos diferentes níveis de governo) e à coletividade. A simples atualização dos valores quebraria esse ciclo, pois retiraria a vantagem do comprador no ITBI, que pensaria duas vezes em subdeclarar e com isso assumir o "ônus" do IR por eventual lucro imobiliário futuro.

Em dissertação de mestrado com pesquisa sobre dados de 2000 dos municípios de Santa Catarina (Averbeck, 2003), chegou-se à conclusão que o potencial de arrecadação de ITBI

é superior a 70% ao valor arrecadado, em razão da desatualização do cadastro e, especialmente, da PVG. Outra conclusão é que a perda anual em IPTU e ITBI é superior ao custo de atualização do Cadastro e da PVG, no conjunto dos municípios catarinenses.

O Governo Federal não conhece em profundidade esse problema da subdeclaração e não percebe o quanto perde. Inexistem ações articuladas nos níveis de governo para evitar ou diminuir a subdeclaração dos valores. A ausência de apoio efetivo, em grande escala, aos municípios para a melhoria da gestão dos tributos locais é agravada pela ação de agentes de mercado, públicos e privados, que negociam, financiam e emprestam recursos com garantias sobre imóveis irregulares, não cadastrados corretamente no município ou não averbados nas respectivas matrículas. Omitem-se as questões ilegais ou irregulares; incentiva-se a sonegação (IPTU, ITBI, IR, INSS, FGTS, taxas de cartórios...); prejudica-se a coletividade.

Estudo feito em projeto de dissertação de mestrado (Sperotto, 2009) apresenta interessantes conclusões sobre os dados do ITBI do ano de 2007 da cidade de Florianópolis. (i) A subdeclaração ocorre entre ricos e pobres (imóveis de alto e baixo valor) em proporção semelhante, da ordem de 50% dos valores. (ii) A avaliação dos imóveis para ITBI apresenta importante regressividade, frente aos preços de mercado, com o Nível de Avaliação (relação entre valor avaliado e preço de mercado) menor para imóveis de maior valor, que beneficia proprietários e compradores dos imóveis das classes altas.

Um terceiro aspecto relacionado ao ITBI diz respeito a informalidade e lavagem de dinheiro. Quando um cidadão compra um imóvel e subdeclara o valor da transação, para beneficiar-se do menor



ITBI, informa o valor baixo para o Cartório de Registro de Imóveis, assim como para sua Declaração de Renda. É natural que no momento da venda do mesmo imóvel esse cidadão volte a fazer pressão para a subdeclaração do valor, desta vez para fugir do IR sobre o lucro imobiliário. Perpetua-se, desta maneira, o interesse na subdeclaração que, se o Município permitir, será exercitada. Pelo lado do vendedor do imóvel acontece movimento idêntico, porém com argumento diferente. Ao vender um imóvel com valor subdeclarado, que lhe beneficia no IR, e adquirir outro imóvel com o mesmo dinheiro, haverá a necessidade do comprador comprovar a origem dos recursos. Ou seja, também pelo lado do vendedor perpetua-se a pressão por subdeclaração do valor do imóvel.

Pergunta-se: com a subdeclaração, para onde vai a diferença resultante da subavaliação? Para a informalidade. Pode-se deduzir então que a desatualização da PVG provoca aumento da sonegação e da informalidade.

O Banco Central apresenta um indicador de giro da moeda no País, denominado Velocidade Renda da Moeda, que representa quantas vezes o dinheiro gira para a produção do PIB (quociente entre PIB e dinheiro disponível a vista e em depósitos de curto prazo, PIB/M2). Em 2015 esse indicador era 3, ou seja, o dinheiro circulava 3 vezes ao longo do ano no nosso País para gerar o PIB. Em cada operação comercial existem tributos incidentes, que o dinheiro na informalidade não será alcançado, da ordem de 3 vezes ao ano.

Além de prejuízos de sonegação de ITBI e IR e de perda de arrecadação sobre os recursos que circulam na informalidade, o volume expressivo dos recursos levados à informalidade por subdeclaração do valor soma-se aos recursos oriundos do contrabando, do tráfico de entorpecentes e de armas, do caixa 2 de empresas, da corrupção a políticos e gestores públicos, favorecendo a criação de estruturas profissionais de lavagem de dinheiro, como os recentes exemplos trazidos pelas investigações da Polícia, do Ministério Público e da Justiça.

Da mesma forma que PVG desatualizadas induzem à sonegação e à informalidade, também favorecem a lavagem de dinheiro, onde imóveis comprados com subdeclaração do valor são vendidos posteriormente a preço de mercado, com pagamento dos tributos devidos. E há casos de declaração de valor de venda maior, para pagar o ITBI respectivo e utilizar essa informação oficial do município na contabilidade do ingresso de dinheiro.

A própria “indústria de laranjas” fica facilitada com PVG desatualizadas, pois é mais fácil encontrar alguém com renda para assumir a compra de um imóvel de valor muito defasado.

Entende-se que essa questão da informalidade e da lavagem de dinheiro é um problema ainda maior que a sonegação de ITBI e de IR, afetando os três níveis de governo.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – ainda não construiu uma norma específica para elaboração de PVG, ou avaliação em massa nos municípios, apesar de esse tema ter sido recorrente nas reuniões e congressos de Engenharia de Avaliações. As normas de avaliação da ABNT não convergem com as normas tributárias e os municípios não se

sentem obrigados a seguir as normas da ABNT.

O Ministério das Cidades, por meio do Programa Nacional de Capacitação das Cidades - PNCC, desenvolveu um conjunto de ações voltadas à capacitação de técnicos dos municípios e profissionais do mercado, nas áreas de Cadastro Territorial Multifinalitário, Cartografia, Avaliação de Imóveis e Tributos Imobiliários, que promoveu seminários regionais por todo o Brasil entre os anos de 2004 e 2014, capacitando alguns milhares de técnicos de municípios, e que gerou importante material para a elaboração de livros e cartilhas, distribuídos aos municípios de todo o País.

Os seminários regionais de capacitação trouxeram à tona a carência dos municípios para atualização do Cadastro, da PVG e da legislação tributária, além da reclamação pela ausência de legislação específica, que auxilie na administração e atualização desses instrumentos de gestão pública.

Foram elaboradas então, pela equipe de capacitação do Ministério das Cidades, as Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos Municípios Brasileiros, apresentadas e aprovadas em seminário nacional e trazidas para a legislação como Portaria Ministerial Nº 511, de 07/12/2009.

Em que pese uma Portaria Ministerial não apresentar a força de uma lei federal, a instituição das Diretrizes representa passo importante na evolução da gestão pública e pode servir de base para um projeto de lei com esse escopo.

Na temática Avaliação de Imóveis as Diretrizes apresentam:

“CAPÍTULO VI – DA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

Art. 28 O CTM, acrescido de outros cadastros temáticos, fornece informações para a avaliação de imóveis para fins fiscais, extrafiscais e quaisquer outros fins que envolvam valores dos imóveis urbanos e rurais.

Art. 29 A avaliação de imóveis é um processo técnico, que deve ser transparente, estar em conformidade com as normas da ABNT e fornecer ao Município o valor venal, entendido como o valor de mercado, base de cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU e demais tributos imobiliários.

Art.30 Recomenda-se que o resultado final da avaliação retrate a real situação dos valores dos imóveis no mercado, permitindo o fortalecimento da arrecadação local dos tributos imobiliários e a promoção da justiça fiscal e social, com o tratamento isonômico dos contribuintes.

§1º A atividade de avaliação dos imóveis e a necessidade de manter os seus valores atualizados cabe aos administradores municipais.

§2º Para manter atualizada a base de cálculo do IPTU e demais tributos imobiliários recomenda-se que o ciclo de avaliação dos imóveis seja de, no máximo, 4 (quatro) anos.

§3º Para Municípios com população até 20.000 habitantes e em que não ocorra evidência de variação significativa nos valores dos imóveis, comprovada por meio de relatórios e pareceres técnicos, a avaliação de imóveis poderá ser dispensada no período de um ciclo, desde que observado o limite máximo de 8 (oito) anos.

§4º O nível de avaliação é definido como a média dos quocientes dos valores avaliados, conforme constam no cadastro fiscal, em relação aos preços praticados no mercado para cada tipo de imóvel. A ocorrência de nível de avaliação para cada tipo de imóvel inferior a 70% (setenta por cento) ou acima de 100% (cem por cento) indica a necessidade de atualização dos valores.

§5º A uniformidade é definida pelo coeficiente de dispersão dos valores, que se traduz como o percentual médio das variações, em módulo, dos valores avaliados em relação aos preços praticados no mercado, para cada tipo de imóvel. A ocorrência de coeficiente de dispersão para cada tipo de imóvel superior a 30% (trinta por cento) indica falta de homogeneidade nos valores e a necessidade de atualização.

Art. 31 Recomenda-se que o Município forneça informações claras e precisas dos dados físicos e do valor do imóvel ao contribuinte, facilitando o atendimento a esclarecimentos e reclamações decorrentes do CTM e da avaliação de imóveis.”

As Diretrizes contemplam as questões principais discutidas nos debates e congressos de Engenharia de Avaliações, a saber:

- a atividade técnica de avaliação de imóveis, conforme normas da ABNT;
- o valor venal, como sendo o valor de mercado;
- o ciclo de avaliação, de quatro anos;
- os parâmetros de desempenho das avaliações – Nível de Avaliação e Uniformidade.

Não se tem conhecimento de exemplos de diagnóstico de desempenho de PVG, sendo esse um trabalho importante para nortear o Município. O diagnóstico da PVG pode também ser aplicado para os casos de contratação da elaboração de nova avaliação, em que o resultado da nova avaliação seja submetido à análise de desempenho, nos parâmetros Nível de Avaliação e Uniformidade.

No Anexo II apresenta-se exemplo e descrição da forma de obtenção do Coeficiente de Dispersão – CD, usado para verificação da uniformidade das avaliações.

CONTEXTUALIZAÇÃO METODOLÓGICA

O desenvolvimento de modelos de avaliação em massa permite estimativas de valor que incorporam um erro aleatório, não evitável, que é uma parte não explicada da estimativa, decorrente de diversos fenômenos ligados à fonte da informação, imprecisão nos dados, particularidades das negociações etc. Mas também incorporam parcela de desvios, evitáveis, relacionados a erros de quantificação, variáveis não incorporadas no modelo, técnicas inadequadas etc.

A avaliação em massa para fins fiscais ou a elaboração de uma PVG apresenta um conjunto de questões próprias, nem sempre presentes nas demais avaliações em massa.

(i) A primeira questão diz respeito à individualização dos valores dos imóveis a partir da PVG. O Município possui seu Cadastro, com características físicas dos imóveis, seus proprietários, infraestrutura disponível e outras informações. Porém não possui muitas informações utilizadas para construção de bons modelos de avaliação em massa, como número de quartos e de banheiros, estado de conservação, localização no andar (ou pavimento), vista favorável, insolação favorável e outras.

Mas o modelo (ou modelos) de avaliação do município deverá possibilitar a obtenção do valor individual dos imóveis constantes no Cadastro, o que exigirá a adaptação do modelo de avaliação ao nível de informação disponível no Cadastro. Reconhece-se uma condição de perda de precisão nessa adaptação ou aumento da parcela dos desvios evitáveis.

(ii) A segunda questão refere-se à necessidade do Município, na maioria dos casos, dispor dos valores individualizados de terreno e edificações para exercer sua política tributária, nos aspectos fiscais e extrafiscais, como já comentado. Isso tem levado à preferência pelo uso do Método Evolutivo, como definido na NBR 12.453, com o uso de fórmulas e fatores de ajustes. No entanto, raros são os casos de uso do Fator de Comercialização, para corrigir o custo para valor de mercado. E raros são os casos de pesquisa e extração dos fatores de ajustes a partir do mercado local. Novamente tem-se elementos que diminuirão a precisão dos resultados.

(iii) A terceira questão é que o universo dos imóveis que necessitam de avaliação é grande e diversificado em muitas cidades, o que exigirá o domínio e uso de diferentes métodos de avaliação, destacando-se Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, Método da Capitalização da Renda, Método Evolutivo, Método Involutivo e os métodos de obtenção de custos.

(iv) A quarta questão é de caráter temporal, em que a PVG deve ficar concluída até por volta de final de outubro, para permitir a tramitação e aprovação na Câmara de Vereadores até o final de dezembro (princípio da anterioridade do tributo). O planejamento da avaliação em

massa deve considerar esses tempos.

(v) A quinta questão tem relação com o lançamento do tributo, em que os carnês são normalmente distribuídos aos contribuintes nos primeiros meses do ano. Nesse momento haverá necessidade de os técnicos locais estarem empoderados no tema, para as explicações nos casos de dúvidas e reclamações. Entender questões básicas do modelo e da modelagem auxiliam na capacidade de resposta e soluções. Também deve ser considerada a possibilidade de presença de Engenheiro de Avaliações que participou da elaboração da PVG, para eventuais ajustes ou correções. Audiências públicas prévias para divulgação do processo de avaliação e demonstração de exemplos diminuem a incidência de reclamações.

(vi) A sexta questão que se apresenta é a importância maior de se obter resultados uniformes, com elevado grau de equidade, que possibilitam tratamento isonômico dos contribuintes, frente à precisão quanto ao valor de mercado. É preferível ter resultados um pouco abaixo dos médios de mercado, porém uniformes, com semelhante relação entre valor avaliado e valor de mercado, que não provoquem iniquidades nas avaliações.

As iniquidades podem ser denominadas horizontais, quando ocorrem diferenças no Nível de Avaliação entre grupos de imóveis, em que para imóveis com mesmo valor de mercado, tem-se valores de avaliação distintos. Ou iniquidades verticais, que ocorrem quando há diferenças no nível de avaliação para grupos de imóveis classificados por valor, em que a relação entre o valor de avaliação e o de mercado é crescente conforme aumentam os valores dos imóveis (progressividade) ou crescente na medida em que diminuem os valores dos imóveis

ACERVO PRODUTIVA



(regressividade).

A IAAO – International Association of Assessing Officers – entidade voltada a avaliação de imóveis e definição de parâmetros de desempenho de avaliações em massa para fins tributários, recomenda uma variação máxima de 0,90 a 1,10 do Nível de Avaliação desejado. Ou seja, se o Nível de Avaliação for definido em 90% do valor de mercado (objetivo do avaliador), os resultados são considerados satisfatórios se estiverem entre 81% e 99% do valor de mercado.

(vii) A sétima questão é a histórica repetição de avaliações com procedimentos avaliatórios obsoletos, uso de fórmulas e fatores de ajustes de valores empíricos, sem comprovação de aderência ao mercado, elaboradas por “comissões de avaliação” formadas por membros não conhecedores das normas e das técnicas de avaliação.

A CAIXA desenvolveu metodologia para construção de indicadores gerais do comportamento do mercado imobiliário e o Banco Central constituiu a sua metodologia e o seu índice de evolução dos preços dos imóveis, que podem ser úteis para correção dos valores de avaliação pelos municípios a cada ano. Significaria a aplicação do índice de inflação dos preços dos imóveis, que é mais coerente do que a aplicação de um índice de inflação de preços gerais. Certamente haveria necessidade de ajustes na legislação para possibilitar a utilização desses indicadores.

O método mais utilizado no mundo para avaliação em massa para fins tributários é o comparativo de dados de mercado, com apoio da análise de regressão múltipla. No Brasil já é larga a utilização da regressão múltipla nas avaliações de uma forma geral, e também para PVG, em que pese muitas vezes haver definição de fatores de correção de valores, em adaptação ao Cadastro e à legislação tributária.

Municípios pequenos e médios, porém, ainda são reféns de métodos e técnicas de avaliação superadas, legislação tributária antiga que traz fatores de correção de valores e que tende a se repetir em tentativas de atualizações ou correções de valores futuras. Os resultados dessas avaliações distanciam-se da realidade do mercado imobiliário e geram problemas aos contribuintes e ao município. Ou seja, o processo equivocado de avaliação é gerador de iniquidades, que levam ao não tratamento isonômico dos contribuintes, à injustiça fiscal e à baixa arrecadação. Romper esse ciclo é desafio a ser enfrentado.

PLANEJAMENTO DA ELABORAÇÃO DA PVG

A elaboração de uma PVG requer estrutura e planejamento meticuloso, face às inúmeras variáveis envolvidas no processo. A questão temporal é fundamental, como explicado anteriormente, pois a Câmara de Vereadores precisa aprovar a PVG no ano anterior à mudança do IPTU.

O profissional avaliador será exigido em múltiplas habilidades, além do conhecimento profundo em avaliações e nos diferentes métodos de avaliação. Construir parcerias, extrair informações, comunicar-se com servidores e o público, convencer vereadores são habilidades que podem ser necessárias ao avaliador.

Em decorrência do caráter político das avaliações para fins fiscais e do histórico de interferência dos vereadores nos valores de avaliação, em claro comportamento indevido, a parceria com o Ministério Público - MP constitui-se em valiosa contribuição. Exemplo em cidade do litoral de Santa Catarina trouxe resultados de avaliação muito próximos dos valores de mercado, com protagonismo do MP na coordenação das reuniões e na apresentação dos resultados, com aprovação dos valores pela Câmara de Vereadores.

Inúmeras são as alternativas de planejamento e apresentamos uma linha básica, que deve ser ajustada para cada realidade.

Identificamos 11 fases distintas para o planejamento da elaboração de uma PVG, sem a pretensão de esgotar o tema.

FASE 1 – DEFINIÇÃO DO OBJETO DE AVALIAÇÃO E DO PRAZO FINAL PARA ENTREGA DO TRABALHO – Normalmente a definição do objeto ocorre mediante edital de licitação e contrato de execução de serviços. Porém já envolve a compreensão da quantidade de imóveis, as características básicas da cidade, a distância do endereço da equipe de avaliação e os meios de transporte, o nível de exigência do edital, além do prazo para finalização do trabalho.

FASE 2 – DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIA DE COMUNICAÇÃO – Definir como será a comunicação da equipe avaliadora com os técnicos municipais, secretários municipais, vereadores, prefeito, comunidade, Ministério Público, imprensa. Definir um marketing do processo de avaliação, de forma a construir um clima propício à execução dos trabalhos e facilitar a receptividade da ideia e a aprovação pelos vereadores.

FASE 3 – ANÁLISE DA BASE DE IMÓVEIS DO CADASTRO – Envolve o estudo do Cadastro e das plantas cadastrais, seus aspectos tecnológicos, a quantidade e proporção de imóveis por tipologia, a amplitude das características físicas, os imóveis especiais que exigirão procedimento diferenciado para avaliação, as informações disponíveis no Cadastro para modelagem, o estudo do Plano Diretor.

FASE 4 – ESTUDO DA CIDADE E DOS AGENTES DO MERCADO IMOBILIÁRIO – Compreende estudar a cidade em todos os sentidos e mapas, identificar zonas com características similares que possam ser consideradas zonas homogêneas para efeito

de avaliação, identificar variáveis que possam influenciar nos preços e que precisarão ser investigadas, mapear colaboradores para obtenção de informações do mercado imobiliário e construir parcerias, analisar eventuais trabalhos de avaliação ou bancos de dados para avaliação e identificar variáveis utilizadas, para comparação com a disponibilidade do Cadastro.

FASE 5 – SELEÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO – Identificar quais métodos serão utilizados para cada tipologia de imóvel, quais as informações necessárias, a priori, para a modelagem, inclusive dos imóveis especiais.

FASE 6 – COLETA DE DADOS – Abrange a coleta de dados do ITBI, agentes do mercado imobiliário, cartórios, bancos, avaliadores, informações de oferta ou venda de particulares. Também dados de custo de construção, úteis no uso do Método Evolutivo e do Involutivo, de valores de alugueis e taxas financeiras, para o uso do Método da Capitalização da Renda.

FASE 7 – ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS – Verificar a quantidade e a qualidade dos dados obtidos por tipologia, amplitude das características dos imóveis pesquisados e eventual necessidade de retorno ao mercado, fontes de informação e data dos eventos coletados, de modo a caracterizar uma base de dados sempre o mais semelhante aos imóveis em avaliação, mas também de dados atuais e de fontes variadas e confiáveis. Formular as hipóteses preliminares de comportamento dos preços frente às variáveis pesquisadas.

FASE 8 – CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS – Desenvolvimento de modelos de avaliação, aplicação de testes de hipóteses, verificação dos pressupostos, verificação das restrições de uso do modelo, validação dos resultados com uma amostra independente, cálculo e análise do Nível de Avaliação e da Uniformidade, conforme definido nas Diretrizes do Ministério das Cidades. Recomenda-se buscar reduzir ano-a-ano o Coeficiente de Dispersão, medida de Uniformidade, reduzindo-se com isso as iniquidades.

FASE 9 – APLICAÇÃO DOS MODELOS DE AVALIAÇÃO – Definir valores médios de terrenos por face de quadra (ou por zona homogênea, se for o caso), aplicar os modelos aos imóveis do Cadastro, definir eventuais fatores de ajustes dos valores, elaborar quadro de valores por tipologias que facilite a visualização da distribuição da riqueza na cidade, a simulação de arrecadação e auxilie para a definição de alíquotas, identificar exemplos para utilização educativa, sendo interessante mostrar a situação antes e depois da nova PVG, em especial quanto a distorções que geram iniquidades.

FASE 10 – DEFESA PÚBLICA – Apresentar os trabalhos ao prefeito, secretários e técnicos municipais, aos vereadores, à sociedade e MP (imagina-se três defesas públicas), sujeitando-se a debate e defesa dos pressupostos e da consistência dos trabalhos. É útil demonstrar o resultado com uso de imóveis enigmáticos, como residências do prefeito e do presidente da Câmara de Vereadores, imóveis de diferentes bairros e tipologias. A divulgação de anomalias de valores da PVG anterior e seus efeitos na arrecadação e no tratamento não isonômico dos contribuintes pode ser explorada. Sugere-se convite aos agentes do mercado imobiliário (ou até reunião exclusiva, com participação do MP), para possibilitar eventual contestação de valores. É possível que ao final das audiências sejam necessários ajustes nos modelos ou adoção de percentual abaixo do valor central (Nível de Avaliação), dentro do intervalo de confiança ou do campo de arbítrio do avaliador.

FASE 11 – TREINAMENTO DE EQUIPE LOCAL PARA USO E DEFESA DA PVG – Treinar técnicos municipais no uso e aplicação da PVG, considerando que receberão questionamentos de contribuintes e reclamação para alteração do valor do IPTU, via de regra quando o carnê chegar ao contribuinte, momento em que o avaliador talvez não esteja mais na cidade. Deve ser analisada a possibilidade de incluir no Edital a necessidade de presença do avaliador no momento da distribuição dos carnês.

Em caso de elaboração de avaliação em massa para uso no ITBI, o planejamento trazido também é válido, com pequenos ajustes em algumas fases. Uma sugestão é o uso do mesmo modelo de avaliação (ou modelos) para IPTU e ITBI, com adoção de valores centrais para o ITBI e valores do Nível de Avaliação adotado para o IPTU, dentro do campo de arbítrio. Se houver atualização anual do modelo para o ITBI, fica fácil a atualização do modelo para IPTU.

SITUAÇÕES ESPECÍFICAS DE MODELAGEM

Retorna-se à questão de individualização dos valores de terreno e edificação, usada por quase a totalidade dos municípios brasileiros, que praticam tarifas distintas e com objetivos extrafiscais também distintos. Aliada à simplicidade e facilidade de entendimento e manuseio do Método Evolutivo pelos municípios, observa-se uma grande predominância desse método nas PVG.

O problema não é o uso do Método Evolutivo em si que, sabe-se, traz parcela de imprecisão, pois custo não é valor de mercado, apesar de identificar-se correlação. O problema é o uso de fatores e parâmetros de correção de valores que não refletem a realidade local e não são testados para utilização. O Anexo I traz exemplo de fatores vigentes, empíricos, adotados no

Município de Florianópolis.

Dentre os parâmetros e fatores sem maiores estudos, de uso freqüente, citam-se o custo adotado de construção, os percentuais de depreciação de edificações, a classificação das edificações quanto a padrão de acabamento, os fatores de testada, área, profundidade, esquina, relevo (ou topografia), pedologia. A ABNT define a possibilidade de uso de fatores apenas em caso de comprovação da origem a partir da realidade de mercado ou em caso de divulgação por entidade representativa, que logicamente também fará a investigação e a comprovação.

Para padrão de acabamento das edificações, que o Cadastro traz uma forma de pontuação e enquadramento, sugere-se um ajuste da pontuação a partir de vistoria amostral aos imóveis do Cadastro e reclassificação ou novo enquadramento. Para novas inclusões no Cadastro adotar-se-ia o novo enquadramento, de forma automática. Para as edificações existentes no Cadastro, a sugestão proposta evitaria a necessidade de nova vistoria.

Diferentemente do que preceitua a NBR 14.653-1 para o uso do Método Evolutivo, não se verificam na prática investigações e utilizações do Fator de Comercialização em PVG, que busca corrigir os preços de custo de reedição para valor de mercado.

O desenvolvimento de modelo a partir do Método Evolutivo, com a consideração do Fator de Comercialização, demonstra ser interessante via de solução para a PVG, na maior parte das tipologias dos imóveis. Ter-se-ia então o valor de mercado e as parcelas de terreno e edificação individualizadas, como convém ao município.

A investigação do Fator de Comercialização poderia ocorrer a partir de pesquisa sobre qual dos custos de construção calculados sistematicamente e disponibilizados publicamente (CUB/SINDUSCON, SINAPI/IBGE, FGV, ...) possui maior aderência ao custo de construção local.

Identificado o custo mais aderente, haveria segurança que, ano após ano, o Município tivesse disponível o custo, para atualização dos valores dos imóveis. Atualmente é o município quem define os valores de custos, distantes da realidade de mercado.

A pesquisa do Fator de Comercialização parece interessante, pois trata-se de vetor adimensional, incidente sobre a soma dos valores de terreno e edificação, com maior estabilidade no comportamento, com facilidade de compreensão, inclusive da diferença de região para região, de tipologia para tipologia e ao longo do tempo. Sua variação normalmente acontece entre 0,80 e 1,50, com valor menor em momentos de crise.

Desse modo, o valor do terreno seria obtido pelo Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, o Fator de Comercialização também obtido por comparação, a partir do mercado, e o valor final de avaliação pelo Método Evolutivo.

Outra questão relevante é a ocorrência de casos de superaproveitamento e de subaproveitamento dos terrenos com edificações. Para utilização do Método Comparativo de



Dados de Mercado esse ponto não seria problema, pois o modelo traria facilmente a resposta. Porém, no caso de uso do Método Evolutivo haveria necessidade de estudo particular desses casos, para evitar distorção nas avaliações.

Esclarece-se que essas questões são trazidas para discussão tendo em vista ser usualmente mais indicado ajustar o processo avaliatório à realidade do cadastro e das leis municipais, do que o inverso. Mas deve ser destacado que seria mais fácil e seguro poder utilizar o Método Comparativo de Dados de Mercado sempre que possível, sem necessidade de separar valor do terreno e da edificação.

A elaboração de uma PVG pode indicar a necessidade de dois procedimentos básicos de modelagem para valores de terrenos. Um primeiro, para obtenção dos valores médios em cada região homogênea de avaliação, disponibilizados por face de logradouro. Para esse procedimento é possível a modelagem a partir das características (variáveis) pesquisadas no mercado, independentemente de fazerem parte do Cadastro. Obtidos os valores médios de terrenos, há necessidade de modelo (ou fórmula) para cálculo dos valores individuais dos terrenos, a partir das variáveis disponíveis no Cadastro. Nesse momento perde-se precisão, pois as variáveis do Cadastro exigirão adaptações de fórmulas e coeficientes de ajustes, com respeito à legislação tributária. Caso seja usado esse procedimento, recomenda-se a investigação dos fatores de ajustes (relevo, pedologia, esquina, frente, profundidade...) no mercado local, com comprovação de seu comportamento, de modo a adequar a avaliação ao previsto na ABNT e obter maior precisão nos resultados. Da mesma forma para os fatores (e custos) relacionados às benfeitorias.

Situação muito particular é a existência de trechos extensos de logradouros em uma mesma quadra, que apresentam imóveis com variação dos preços ao longo do logradouro, no mercado imobiliário. Por exemplo, o caso de ruas que se afastam da orla do mar e possuem quadras de grandes dimensões, em que o preço de um imóvel no início da quadra é significativamente diferente do preço na outra extremidade da quadra. No entanto é usual vermos valores únicos para cada face de quadra. Sugere-se definição de subtrechos e adoção de valores diferenciados por subtrecho para essas situações.

No caso de municípios muito pequenos haverá provável dificuldade de obtenção de dados de mercado para permitir o desenvolvimento de modelo de avaliação, seja para terrenos ou para imóveis edificadas. Nesses casos entende-se que informações de valores de laudos de avaliação, que apresentam viés de média por natureza, podem ser utilizados como representativos de mercado. Em situações extremas, mas naturais, a opinião de pessoas da cidade pode auxiliar nos trabalhos de avaliação, como percepção de regiões mais valorizadas e suas razões e checagem de resultados. O uso de modelos com abrangência de mais de uma cidade, como trazido no caso de Salgadinho/PE (Moura, 2004), e a formação de consórcios entre municípios pequenos e próximos pode apontar solução melhor de otimização de custos e trabalhos.

Para municípios muito grandes pode ser interessante a divisão em macroregiões, para contratação de empresas especializadas, com possibilidade de empresas distintas efetuarem os serviços. Nesses casos destaca-se a importância de um coordenador do processo, do município, para acompanhar os serviços e verificar coerências no Nível de Avaliação e na Uniformidade, de modo a evitar-se que parte dos contribuintes seja penalizada por definição diferenciada dos valores.

Técnicas modernas permitem elaboração de mapas de valores, com visão tridimensional e facilidades de demonstração aos envolvidos e interessados, que muito contribuem para o conhecimento e aprovação de uma PVG.

O uso da Regressão Múltipla e da Regressão Espacial, sem prejuízo a outras técnicas de obtenção de valor, tem permitido grandes avanços na qualidade dos trabalhos de PVG. O distanciamento da legislação tributária das normas técnicas para avaliação é dificultador da transposição para resultados mais precisos, uniformes e justos.

A variação dos preços dos imóveis no território urbano deveria levar sempre o avaliador a investigar as variáveis que melhor representam a variabilidade, com atenção especial às influências da localização. Variáveis como Renda Familiar, Distância a Pólos Valorizantes e Desvalorizantes, Padrão das Edificações do Entorno, dentre outras, podem proporcionar melhoria dos modelos de regressão. Em Dantas (2016) vemos importante contribuição no uso da Regressão Espacial, com recomendação da incorporação de Proxies Espaciais em avaliações em massa e PVG, em razão da significativa melhora da eficiência e do poder de

explicação dos modelos de regressão.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE UMA PVG

Apresenta-se no Anexo I o exemplo da legislação tributária de Florianópolis/SC, que define a forma de correção dos valores dos imóveis da base cadastral, a partir dos valores médios de terrenos da PVG e de custos das benfeitorias. Os ajustes dos valores dos imóveis ainda são por fatores empíricos, consignados na legislação tributária.

A PVG foi elaborada sobre pesquisa de preços de terrenos, com definição dos valores médios por trechos de logradouros a partir de modelos de regressão. Os valores médios dos terrenos são submetidos, para cada terreno, a fatores de correção e recebem o acréscimo do custo das edificações, também com fatores de correção, segundo o Código Tributário Municipal de Florianópolis.

O resultado final nos valores dos imóveis de Florianópolis com a aplicação dos valores da PVG, dos custos das edificações e dos fatores citados gera valores entre 20% e 50% do valor de mercado, ou seja, o Nível de Avaliação ainda é muito baixo.

Merece destaque a inclusão na legislação tributária de Florianópolis da necessidade de reavaliação dos imóveis a cada 4 anos (Art. 236, § 3º).

RECOMENDAÇÕES FINAIS

A legislação que rege os cartórios de registro de imóveis define a necessidade de informação, na matrícula dos imóveis, da inscrição imobiliária (designação cadastral), se houver. Pretendia o legislador facilitar a integração entre cartórios e municípios, mediante informação da chave entre os cadastros, que é a inscrição imobiliária. Com o mesmo objetivo, de integração de bases de dados, os agentes de mercado deveriam apresentar a mesma chave – inscrição imobiliária - nas citações ou referências aos imóveis, inclusive nos laudos de avaliação.

Deve ser compreendido pelo avaliador o caráter político ainda existente na definição dos valores dos imóveis para efeito de IPTU. Mas deve ser desenvolvida pelo avaliador a habilidade de apresentar o trabalho técnico e indicar os riscos de se alterar os valores de mercado que obteve. Deve ser indicado aos políticos o foco de atuação da política tributária, como as alíquotas, as progressividades e diferenciações de alíquotas, as isenções, a forma de pagamento, os descontos a vista, a estimativa total e parcial de arrecadação, por conjunto dos imóveis, de modo a facilitar o trabalho do Poder Legislativo.

A atividade de avaliação em massa a partir de informações do Cadastro leva à diminuição da precisão na avaliação, uma vez que muitas variáveis que influenciam nos preços dos imóveis não fazem parte do Cadastro. Recomenda-se a inclusão, no Cadastro, de informações importantes para a avaliação, com o objetivo de melhorar a precisão e facilitar a atividade de avaliações futuras.

A maior acurácia dos resultados de avaliação pode ser alcançada com modelos mais eficientes e aderentes ao comportamento de mercado. Aumento gradativo do Nível de Avaliação e redução do Coeficiente de Dispersão são objetivos no horizonte do avaliador. Recomenda-se seguir as Diretrizes de cadastro e avaliações em massa para fins tributários, buscando melhorar o desempenho das avaliações.

Observa-se que recentes elaborações de PVG contratadas pelos municípios continuam apresentando sérios problemas de distanciamento da realidade de mercado, resultado do baixo nível de exigência do edital de contratação, da baixa qualificação profissional de quem elabora a PVG e da dificuldade dos municípios na verificação da qualidade do produto recebido. Recomenda-se fortalecer o nível de qualificação dos técnicos dos municípios para melhor especificar e melhor analisar a PVG, que inclui os indicadores de desempenho das avaliações.

É fundamental a criação de bases de dados estruturadas de informações do mercado imobiliário, para obtenção de forma contínua de elementos necessários às avaliações e para aumentar a qualidade dos trabalhos. Parcerias com empresas e instituições que atuam no mercado imobiliário (agentes imobiliários, bancos, avaliadores, cartórios...) são essenciais para esse objetivo.

Por fim, o avaliador deve compreender que seu trabalho pode ser completamente deixado de lado e não ser aplicado, por conta da atuação política, inclusive com prejuízo do custo da avaliação. Sugere-se demonstrar claramente que a não aprovação da nova PVG significa aprovação da velha PVG e continuidade dos problemas de arrecadação e iniquidades históricas, que valem a pena ser ilustrados nas reuniões públicas.

Anexo I

CÓDIGO TRIBUTÁRIO DE FLORIANÓPOLIS – LEI COMPLEMENTAR Nº 7/1997

Art. 228 As alíquotas do Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana são as seguintes:

I - EDIFICAÇÕES SEGUNDO A UTILIZAÇÃO:								
ÁREA DAS EDIFICAÇÕES	USOS Residenciais	USO Recreativos e Esportivos	USOS de Saúde	USOS Educacionais	USOS Culturais e de Culto	USOS Comerciais e de Serviços	USOS Industriais	USOS Mistos
I - Até 150	0,5%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
II - 151 a 300	0,7%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%
III - 301 a 600	1,0%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,2%
IV - Acima de 600	1,2%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%

II - TERRENOS									
CLASSIFICAÇÃO CONFORME OS USOS	EDIFICAÇÕES COM CONSTRUÇÕES DO TIPO						NÃO EDIFICADOS COM GABARITO DE CONSTRUÇÃO DE		
	Casa	Apartamento	Sala	Galpão	Telheiro	Especial	Até 02 Pavimentos	Até 04 Pavimentos	Acima de 04 Pavimentos
I - Residenciais	a) unifamiliares	0,5%					1,0%	1,5%	2,0%
	b) Multifamiliares		2,0%				1,0%	1,5%	2,0%
II - Recreativos e Esportivos		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
III - Saúde		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
IV - Educacionais		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
V - Comerciais e de Serviços		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
VI - Culturais e de culto		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
VII - Industriais		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
VIII - Mistos		0,5%	2,0%	2,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%

§ 1º Para a aplicação das alíquotas previstas neste artigo serão adotados, além dos conceitos contidos no Código de Obras e Edificações do Município, instituído pela Lei Complementar nº 060 de 2000, as seguintes definições:

I - edificação: obra destinada a abrigar atividades humanas, instalações, equipamentos ou materiais;

II - terreno: superfície do terreno na situação em que se apresenta ou apresentava na natureza, ou conformação dada por ocasião da execução do loteamento;

III - habitação multifamiliar: edificação usada para moradia em unidades residenciais autônomas;

IV - habitação unifamiliar: edificação usada para moradia de uma única família;

V - uso residencial: ocupação ou uso da edificação, ou parte da mesma, por pessoas que nela habitam de forma constante ou transitoriamente;

VI - uso não residencial: ocupação ou uso da edificação para fins recreativos ou esportivos, de saúde, educacionais, culturais e de culto, comerciais ou de serviços, industriais e mistos;

VII - uso misto: edificações cuja ocupação é diversificada, englobando mais de um uso. (Redação dada pela Lei Complementar nº 230/2006)

§ 2º Não são considerados terrenos edificados, para efeito de tributação, aqueles em que houver:

a) edificações construídas a título precário;

b) edificações interditadas ou em ruínas;

c) edificação que não corresponda à ocupação mínima de 8% (oito por cento) da área do terreno, desde que localizado em zona comercial.

§ 3º As unidades habitacionais dos meios de hospedagem serão consideradas como residências autônomas, para efeitos de enquadramento previsto no item I.

Art. 229 Incorrerá em multa calculada sobre o valor total do imposto, o imóvel:

I - que não possua muro em toda a extensão da testada - 10%

II - que não possua passeio em toda a extensão da testada localizada em rua pavimentada - 10%.

§ 1º Consideram-se inexistentes o muro e o passeio, quando em péssimo estado de conservação ou quando construídos em desacordo com a legislação específica.

§ 2º Não se aplica o disposto nos incisos I e II deste artigo, quando não exigida a benfeitoria pelo Código de Posturas do Município.

Art. 231 A base imponible do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana é o valor venal do bem alcançado pela tributação.

Art. 232 O valor venal referido no artigo anterior é o constante do Cadastro Imobiliário e no seu cálculo serão considerados o valor do terreno e, sendo o caso, cumulativamente, o da edificação, levando-se em conta:

I - a área da propriedade territorial, observado o disposto no Art. 234;

II - o valor básico do metro quadrado do terreno no Município, fixado na Planta Genéri-

ca de Valores;

III - os coeficientes de valorização e/ou desvalorização do imóvel, de acordo com as tabelas e fatores de correção abaixo especificados:

a) Correção quanto à Situação do Terreno:

SITUAÇÃO	ÍNDICES
Esquina /mais de uma frente	1,1
Meio de quadra	1,0
vila	0,8
Encravado	0,8
Condomínio horizontal	1,2
Aglomerado	0,6

b) Correção quanto à Topografia:

TOPOGRAFIA	ÍNDICES
Plano	1,0
Aclive	0,9
Declive	0,7
Irregular	0,8

c) Correção quanto à Pedologia:

PEDOLOGIA	ÍNDICES
Inundável	0,8
Firme	1,0
Alagado	0,7
Mangue	0,7
Rochoso	0,8
Arenoso	0,9
Duna	0,6

d) Correção quanto à Estrutura da Edificação:

ESTRUTURA	ÍNDICES
Madeira	0,7
Metálica	1,0
Alvenaria/Concreto	1,0
Mista	0,8

e) Correção quanto à área construída de apartamentos:

Faixa de Área em m ²	Índice
I - 50	0,70
II - 51 a 60	0,75
III - 61 a 70	0,80
IV - 71 a 100	0,90
V - 101 a 120	1,00
VI - 121 a 140	1,10
VII - 141 a 180	1,20
VIII - Acima de 181	1,40

f) Correção quanto à área construída de casas:

Faixa de Área em m ²	Índice
I - 50	0,50
II - 51 a 70	0,65
III - 71 a 90	0,80
IV - 91 a 120	0,90
V - 121 a 180	1,00
VI - 181 a 250	1,10
VII - 251 a 400	1,20
VIII - Acima de 401	1,40

TABELA DE COMPONENTES DA EDIFICAÇÃO - SOMATÓRIO DE PONTOS

Componentes		Casa	Apartamento	Sala	Galpão	Telheiro	Especial
I - Locação	Isolada	0,20	0,20				
	Conjugada	0,13	0,13	0,20			0,20
	Germinada	0,08	0,08				
II - Cobertura	Zinco/Metal	0,05		0,05	0,20	0,10	
	Cimento	0,15		0,15	0,20	0,25	
	Telha de Barro	0,18	0,25	0,18	0,20	0,25	0,25
	Laje	0,25		0,25	0,30	0,30	
	Especial	0,25					
III - Paredes	Sem						
	Taipa	0,05		0,05	0,05		
	Alvenaria/Concreto	0,30	0,30	0,30	0,25		0,30
	Madeira	0,15		0,15	0,15		
	Refugos	0,02		0,02	0,02		
IV - Revestimento Externo	Sem						
	Reboco	0,10	0,10	0,10	0,10		
	Cerâmica	0,12	0,12	0,12	0,12		
	Madeira	0,05	0,05	0,05	0,05		0,15
	Especial	0,15	0,15	0,15	0,15		
	Pedra	0,15	0,15	0,15	0,15		
V - Vedações	Madeira	0,03	0,03	0,03			
	Ferro	0,05	0,05	0,05			
	Alumínio	0,08	0,08	0,08	0,10		0,10
	Especial	0,10	0,10	0,10			
TOTAL		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

IV - a área construída da edificação;

V - O custo unitário básico da construção em razão do uso e do tipo das edificações.
(Redação dada pela Lei Complementar nº 230/2006)

Art. 233 Para efeito de cálculo do valor venal do terreno, adotar-se-á a Planta Genérica de Valores constantes no anexo I desta Lei. (Redação dada pela Lei Complementar nº 97/2001)

§ 1º O terreno que se limitar com mais de um logradouro será considerado como situado naquele que apresentar maior valor.

§ 2º Para terrenos situados em vias ou logradouros não especificados na Planta Genérica de Valores, utilizar-se-á o coeficiente resultante da média aritmética das vias ou logradouros públicos em que começa e termina a via ou logradouro considerado, ou em se tratando de via de acesso, o valor da via principal, com redução de 30% (trinta por cento).

§ 3º A Planta Genérica de Valores do Município de Florianópolis deverá ser atualizada a cada quatro anos. (Redação acrescida pela Lei Complementar nº 569/2016)

Art. 234 Para efeito de tributação, os terrenos até 40 (quarenta) metros de profundidade, serão considerados integralmente.

Parágrafo Único. A área compreendida a partir de 40 (quarenta) metros de profundidade, será reduzida pelo fator 0,9 (nove décimos).

Art. 235 O valor do custo unitário básico de construção a ser utilizado para a determinação do valor venal das edificações será estabelecido em razão do uso e do tipo das edificações, de acordo com a tabela abaixo:

CUSTO UNITÁRIO BÁSICO DE CONSTRUÇÃO EM REAIS							
EDIFICAÇÕES							
USOS	TIPOS						
	Casa	Apartamento	Sala	Galpão	Telheiro	Especial	
I - Usos Residenciais	unifamiliar	236,58	511,58			236,58	
	Multifamiliar	Permanente	236,58	511,58			
		Transitório	236,58	511,58			
	coletivas	236,58	511,58			236,58	
II - Usos Recreativos e Esportivos	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
III - Usos de Saúde	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
IV - Usos Educacionais	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
V - Usos Culturais e de Culto	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
VI - Usos Comerciais e de Serviços	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
VII - Usos Industriais	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	
VIII - Usos Mistos	297,68	617,73	674,56	297,68	297,68	674,56	

Parágrafo Único. Para o enquadramento das edificações segundo o uso e o tipo, serão utilizados, além dos conceitos estabelecidos no Código de Obras e Edificações do Município, instituído pela Lei Complementar nº 060 de 2000, as seguintes definições:

I - casa: edifício de formatos e tamanhos variados, geralmente de um ou dois andares, quase sempre destinado à habitação;

II - apartamento: unidade residencial autônoma em edificação multifamiliar, de hotelaria ou assemelhada;

III - sala comercial: unidade autônoma em edificação não residencial;

IV - loja: tipo de edificação ou compartimento destinado, basicamente, à ocupação comercial varejista e à prestação de serviços;

V - galpão: construção constituída de cobertura de telha, palha ou folha de zinco, entre outros materiais, com lados (pelo menos um deles) desprovidos de parede; utilizada para depósito e/ou abrigo de produtos agrícolas, maquinaria etc.;

VI - telheiro: edificação rudimentar fechada somente em uma face ou, no caso de encostar-se nas divisas do lote, somente nestes locais, tendo no mínimo uma face completamente aberta, em qualquer caso;

VII - especial: edificação destinada à qualquer dos usos previstos nos incisos de II a VII da tabela a que se refere este artigo, porém não classificada nos tipos previstos acima.

(Redação acrescida pela Lei Complementar nº 230/2006)

Art. 236 O valor venal da edificação, aprovado na forma do art. 235, sofrerá a redução determinada pelos seguintes índices de obsolescência:

a) Construção com mais de um até cinco anos	10%
b) Construção de seis até dez anos	20%
c) Construção de onze até vinte anos	30%
d) Construção de mais de vinte anos até cinquenta anos	40%
e) Construção de mais de cinquenta anos	50%

Art. 238 Todo imóvel, habitado ou em condições de o ser, poderá ser lançado, independentemente da concessão do habite-se.

Art. 239 Na determinação da base imponible, não se considerará o valor dos bens móveis mantidos no imóvel em caráter permanente ou temporário, para efeito de sua utilização, expansão, aformoseamento ou comodidade.

Anexo II

VERIFICAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DAS AVALIAÇÕES

Exemplo de cálculo do Coeficiente de Dispersão – CD:

COEFICIENTE DE DISPERSÃO - CD

Imóvel em Venda	Valor Avaliado	Valor de Mercado	Proporção	Mediana da Proporção ou Nível de Avaliação	Desvio Absoluto da Mediana
1	120.000	150.000	0,80	1,10	0,30
2	450.000	500.000	0,90	1,10	0,20
3	330.000	300.000	1,10	1,10	0,00
4	192.000	160.000	1,20	1,10	0,10
5	280.000	200.000	1,40	1,10	0,30
				Média =	0,18
				CD =	0,16

O CD é a medida de uniformidade mais comum em trabalhos de avaliação. Ele expressa a variabilidade dos valores de avaliação em relação aos valores de mercado dos imóveis. Essa estatística indica como são distribuídos os desvios em torno da mediana.

Para calcular o CD:

1. Obtenha as proporções entre valores avaliados e preços de venda.
2. Obtenha a mediana das proporções.
3. Obtenha o desvio, em módulo, entre a mediana das proporções e a proporção de cada dado.
4. Obtenha a média dos desvios absolutos.
5. Divida a média dos desvios absolutos pela mediana e multiplique por 100.

Baixo CD indica uniformidade nas avaliações. Alto CD aponta baixa uniformidade. CD=0 seria a situação ideal, porém não possível frente às imperfeições do mercado imobiliário.

Os seguintes parâmetros são recomendados internacionalmente:

- Residências novas, áreas mais homogêneas: CD≤10%
- Residências velhas, áreas heterogêneas: CD≤15%
- Residências rurais ou sazonais: CD≤20%
- Imóveis avaliados pela renda, grandes, áreas urbanas: CD≤15%
- Imóveis avaliados pela renda, pequenos, áreas rurais: CD≤20%
- Terrenos baldios: CD≤20%
- Outros imóveis: variado

Fonte: IAAO - International Association of Assessing Officers – In: Seminário Internacional de sobre Tributação Imobiliária - Porto Alegre/RS - Abril/2001

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-14653-1**: avaliação de bens – parte 1: procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

AVERBECK, C.E., **Os sistemas de cadastro e planta de valores no município: prejuízos da desatualização**. 2003. 202f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

_____. et al. Os Municípios e o ITBI. In: DE CESARE, C. M; CUNHA, E. M. P. (org.). **Financiamento das Cidades: Instrumentos Fiscais e de Política Urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

_____.; DE CESARE, C. M. IN CUNHA, E.M.P.; ERBA, D (org.): Da Avaliação de Imóveis (capítulo VI). **Manual de Apoio - CTM: Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos Municípios Brasileiros**. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Indicadores Econômicos Consolidados. **PIB**. Tab I-51. **Agregados Monetários**. Tab II-17. **Carga Tributária Bruta**. Tab IV-32. Disponível em www.bc.gov.br. Acesso em 11/03/2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Constituição (1988). Emenda Constitucional no 29, de 13/09/2000. Altera o §1º do art. 156, o parágrafo único do art. 160 e o inciso IV do art. 167, da Constituição Federal. Acrescenta os parágrafos 1º a 3º ao art. 198 da Constituição Federal e o art. 77 ao ADCT da Constituição Federal. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 2000a.

_____. Lei Complementar no 101, 04/05/2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 2000b.

_____. Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 26, de 14/02/2000. Altera a redação do art. 6º da Constituição Federal. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 2000c.

_____. Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 19, de 04/06/1998. Modifica o regime e dispõe sobre princípios e normas da administração pública, servidores e agentes políticos, controle de despesas e finanças públicas e custeio de atividades a cargo do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 1998.

_____. Lei nº 5.194, de 24/12/1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 1966a.

_____. Lei nº 5.172, de 25/10/1966. Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de Direito Tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 1966b.

_____. Lei nº 6.015, de 31/12/1973. Dispõe sobre os Registros Públicos, e dá outras providências. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 1973.

CUNHA, E.M.P, DE CESARE, C.M, Org. **Financiamento das Cidades**: instrumentos fiscais e de política urbana. Seminários Nacionais. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

DANTAS, R. A. **Engenharia de Avaliações**: uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 1998.

_____ et al. Uma nova metodologia para avaliação de imóveis utilizando regressão espacial. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias**. Guarapari/ES. 2001. CD ROM.

_____. A importância da construção de variáveis proxies espaciais na elaboração de avaliações em massa e plantas de valores. In: **Anais do VII Simpósio da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações**. Teresina/PI. 2016.

DAVIS, P. The IAAO standard on ratio studies: a framework for order and progress in assessment performance evaluation. In: **Anais do Seminário Internacional sobre Tributação Imobiliária**. Porto Alegre. 2001.

DE CESARE, C. M. Questões críticas em tributação imobiliária no Brasil. In: **Anais do Seminário Internacional sobre Tributação Imobiliária**. Porto Alegre. 2001.

_____. **Avaliação em Massa de Imóveis para Fins Fiscais**: discussão, análise, e identificação de soluções para problemas e casos práticos. Brasília: Ministério das Cidades, 2012.

DE CESARE, C.M., FERNANDES, C.E., CAVALCANTI, C.B., Org. **Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU)**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

ERBA, D. A. **Importância dos aspectos jurídicos no cadastro técnico multifinalitário**. 1995. 82f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

_____. Gestão e Financiamento do CTM. In **Seminário Nacional “Diretrizes Nacionais para o Cadastro Territorial Multifinalitário”**. Brasília. 2009.

FERNANDES, C. E. **IPTU – Texto e Contexto**. São Paulo: Quartier Latin, 2005.

_____. O Desenvolvimento dos Municípios Através da Tributação Imobiliária e do Estatuto das Cidades. In: DE CESARE, C. M; CUNHA, E. M. P. (org.). **Financiamento das Cidades: Instrumentos Fiscais e de Política Urbana**. Brasília, Ministério das Cidades, 2007.

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar nº 07/97, de 06/01/1997. Código Tributário de Florianópolis. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/codigo-tributario-florianopolis-sc>. Acesso em 12/03/2017.

IAAO [International Association of Assessing Officers]. **Standard on Ratio Studies, 2007**. www.iaao.org/

LIPORONI, A.S. **Planta de valores genéricos** – avaliação em massa para fins tributários. Apostila. São Paulo. 1998.

MÖLLER, L. F. C. **Planta de valores genéricos**: avaliação coletiva de imóveis para fins tributários. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1995.

MOURA, E.M.; CARNEIRO, A.F.T. Planta de valores para municípios de pequeno porte: o caso de Salgadinho/PE. Recife. 2004. Disponível em <https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/geodesia/Artigos/G027.pdf>. Acesso em 28/03/2017.

RAMOS, L. S. ; OLIVEIRA, R. ; LOCH, C. ; SILVA, E. Banco de dados do mercado imobiliário integrado ao cadastro técnico multifinalitário: formação de técnicos em plantas de valores genéricos (PVG). In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis. 2002. CD ROM.

RAMOS, L. S. ; SILVA, E. ; LOCH, C. Avaliação coletiva de imóveis x cadastro técnico urbano. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis. 2000. CD ROM.

SILVA, E. **Proposta de avaliação coletiva de imóveis**: aplicação aos imóveis do tipo apartamento na cidade de Blumenau – Santa Catarina. 1999. 116 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SPEROTTO, G.A., **Qualificação na arrecadação do ITBI através do banco de avaliações de imóveis da Caixa Econômica Federal**. 2009. 119f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

VILLELA, L. A. A tributação subnacional, o imposto predial e os desafios para modernizá-lo. In: **Anais do Seminário Internacional sobre Tributação Imobiliária**. Porto Alegre. 2001.

ZANCAN, E. C. **Avaliações de imóveis em massa para efeitos de tributos municipais**. Florianópolis: Ed. Rocha, 1996.

ZENI, A.; SILVA, S.A.P.DA. **Curso básico de engenharia de avaliações**: metodologia científica. Fortaleza: ABDE, 1996.

INTRODUÇÃO

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

(Data Envelopment Analysis)

A análise envoltória de dados é uma técnica consagrada para a avaliação de produtividade e eficiência, estima a função de produção benchmark empírica¹ (Novaes, 2012) formada a partir de dados de produção das unidades eficientes (Farrel, 1957).

O livro “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis” (Coelli et all 2005) faz análise comparativa entre os 4 (quatro) principais métodos da área de avaliação de produtividade e eficiência: Método Econométrico dos Mínimos-Quadrados (LSQ); Produtividade Total dos Fatores (TFP); Análise Envoltória de Dados (DEA), e; Fronteiras Estocásticas.

Na Fig.1, apresentamos uma aplicação didática do DEA, através de dados operacionais consolidados por superintendência regional extraídos de sistema de gestão corporativo.

FIG.1- DADOS CONSOLIDADOS POR SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL – 21.03.2017

% Sem Título - Avalsoft PerformerDEA
Arquivo Editar Visualizar Inserir Estilo Ferramentas Ajuda

Dialog 12 b i u A [ícones]

fx x 3C [ícones]

Unid. Negócio	GIHABs (R)	%PIB.2013 (R)	VALORAÇÃO (P)	OERA PROD (P)	REGIÃO (A)
1 Meta					
2 SUEHA	15	15	337	480	NORTE CENTROESTE
3 SUEHB	16	14	1.705	812	NORDESTE
4 SUEHC	16	16	1.437	778	SUL
5 SUEHD	12	23	904	522	SUDESTE
6 SUEHE	13	32	1.489	754	SÃO PAULO
Mínimo	12	14	337	480	
Máximo	16	32	1.705	812	
Média	14.4	20	1174.4	669.2	

Na figura 2, são simulados os dados de operação das Gerências de Investimento em Habitação (GIHAB) consolidados por Superintendência Executiva de Habitação (SUEH) por região (A/B/C/D/E). Para cada SUEH é estabelecida a relação Produto/Insumo pontualmente. O eixo da abscissa corresponde à variável de quantidades de GIHAB (insumo) por quantidades de Valoração (produto). O eixo da ordenada corresponde à variável %_PIB-Regional.2013 (insumo) por quantidades de Valoração (produto).

¹ Função de produção benchmark empírica é formada estatisticamente por Unidades de Gestão com melhor desempenho (Ganley et Cubbin 1992).

FIG.2 - MAXIMIZAÇÃO PRODUTO - SIMULAÇÃO RESULTADOS DAS SUEH (%PIB2013/VALORAÇÃO X GIHAB/VALORAÇÃO) (PERFORMERDEA 2016)



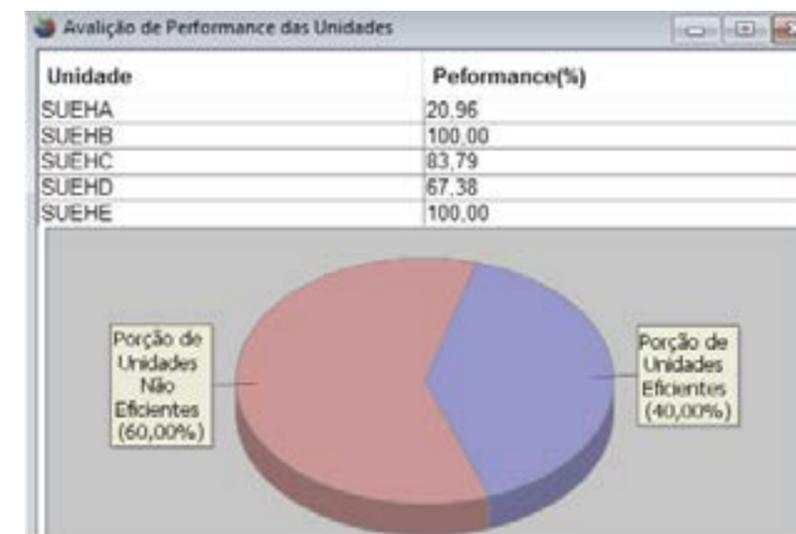
Segundo o Modelo Produto-Orientado Problema de Programação do Envelope (Dual)-CCR² verificamos em gráfico, Fig.2, que as SUEHE e SUEHB são eficientes e formam a superfície envoltória eficiente. A combinação linear dos dados de SUEHE e SUEHB permitem estabelecer qualquer ponto da superfície envoltória, para ser utilizado como parâmetro para indicar o que fazer para melhorar a performance das demais SUEH, ou seja, a META de gestão eficiente e referência para as demais SUEH.

Na fig. 2, a reta vermelha interliga a SUEHD à um ponto projetado na fronteira eficiente, que corresponde à META para SUEHD tornar-se eficiente. Este ponto é estimado vetorialmente pela combinação linear dos vetores SUEHE e SUEHB, correspondente à relação insumo/produto ideal no aspecto de eficiência para a atividade ou gestão da SUEHD.

Os dados coletados relacionam os insumos utilizados para o alcance dos produtos observados por SUEH. A fronteira eficiente formada pelos melhores resultados define o espaço viável de produção, estabelecendo assim os lócus dos pontos onde a combinação insumo-produto é realizável. A unidade SUEHD tem eficiência igual a 67,38%, que corresponde a distância normalizada à fronteira Benchmark. As eficiências correspondentes às demais SUEH, estão ranqueadas na Fig.3.

2 Tabela 1 – PPL (2)

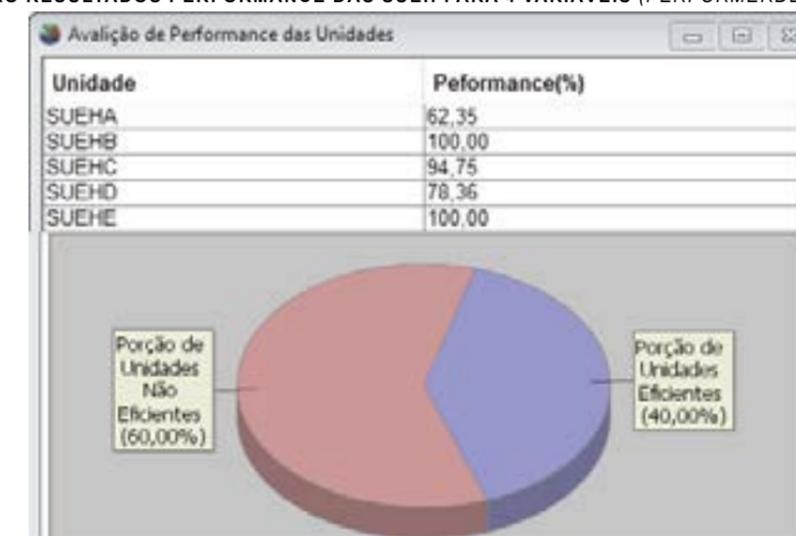
FIG.3 - SIMULAÇÃO RESULTADOS PERFORMANCE DAS SUEH PARA 3 VARIÁVEIS (PERFORMERDEA2016)



A eficiência de cada uma das unidades observadas é determinada pela distância normalizada à envoltória, através da solução de PPL - Problema de Programação Linear.³

No caso de considerarmos todas as 4 variáveis relacionadas na Fig.1, se alteram as relações de insumo-produto. Assim, teremos um novo espaço viável de produção, que acarretam em resultados de performance diferentes, conforme Fig.4.

FIG.4 - SIMULAÇÃO RESULTADOS PERFORMANCE DAS SUEH PARA 4 VARIÁVEIS (PERFORMERDEA 2016)



Não é mais possível gerar o gráfico da fronteira (Fig. 2), por estarmos atuando no espaço 4-dimensional, segundo o pressuposto da ortogonalidade entre variáveis independentes.

3 Ver Tabela 1 – PPL do Envelope (2)

Porém, os demais gráficos com resultados são gerados através do software PERFORMER-DEA (2016).

Os resultados correspondem a percentuais de eficiência, em que as unidades benchmarking SUEHB e SUEHE, pertencentes a superfície Envoltória, tem eficiência igual 100%. As demais unidades SUEHA, SUEHC e SUEHD possuem eficiências inferiores à 100%, ranqueadas na Fig. 4.

O Modelo Produto-Orientado (Dual) - PPL do Envelope CRS⁴ define a meta de cada produto para que a SUEHC se torne eficiente, isto é, define os percentuais de incremento que devem ser realizados para cada produto. Os produtos, valoração e obras em produção, deverão ser incrementados em 19,56% e 5,54%, ou seja, de 1437 para 1715 laudos e de 771 para 821 obras, respectivamente, conforme Fig. 5.

FIG.5 - DIAGNÓSTICO DE POTENCIAL DE MELHORIA PARA A SUEHC (PERFORMERDEA 2016)



A DEA permite também avaliar a performance de unidades segundo a perspectiva de minimização dos insumos do modelo envelope DEA-CCR (Charnes, Cooper et Rhodes, 1984). A Fig.6 representa os resultados obtidos segundo o gráfico da envoltória, com intuito de demonstrar a capacidade analítica do DEA. Em uma simulação bem simplificada, consideramos uma variável de insumo (Quantidade de GIHAB por SUEH) e duas variáveis de produtos (Valoração) e (OBRA em produção).

A SUEHE é eficiente, a SUEHB tem eficiência igual a 93,04%⁵ e as demais SUEH apresentam eficiência menor.

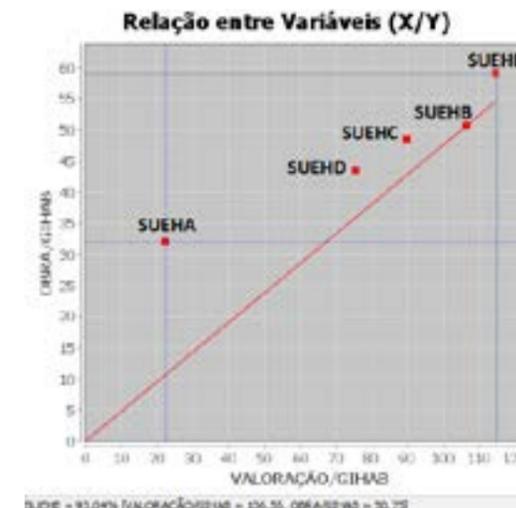
Caso seja do interesse do leitor, orientamos consultar as referências relacionadas para se aprofundar na metodologia DEA⁶.

4 Tabela 1-PPL (2)

5 Conforme se verifica no rodapé da Fig. 6

6 A tese de mestrado do autor deste artigo (Novaes, 1998) apresenta uma aplicação para a Avaliação de Performance de Plataformas de Petróleo da Bacia de Campos em que utiliza a metodologia IO-Stepwise (Wagner et al,2007).

FIG.6 - MINIMIZAÇÃO INSUMO - SIMULAÇÃO RESULTADO COMPARATIVO ENTRE SUEH (VALORAÇÃO/UGA X OBRA/UGA) (PERFORMERDEA 2016)



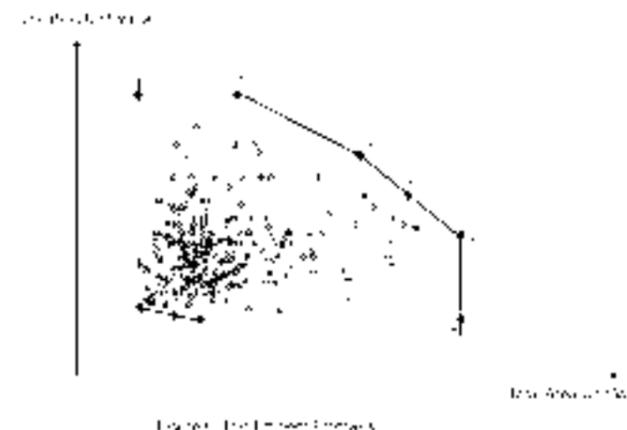
Agora trataremos de uma das evoluções do DEA. No caso, a estimativa de valor que ocorreu com o desenvolvimento do método da Envoltória sob Dupla Ótica⁷.

ENVOLTÓRIA SOB DUPLA ÓTICA - EDO

(DOUBLE PERSPECTIVE DEA)

A Envoltória sob Dupla Ótica (EDO) (Novaes, 2002) é uma evolução ao DEA, por estimar a eficiência, valores, indicadores e outros atributos sob duas perspectivas, através das envoltórias que encapsulam os dados observados, Fig. 7.

FIG.7 - SUPERFÍCIES ENVOLTÓRIAS - ÓTICAS DO VENDEDOR E DO COMPRADOR



7 Artigo da EDO de tendência central pode ser verificada em (Novaes et Paiva, 2010), publicada e liberada para download, no site de mídia científica: iBusiness (IB, ISSN Online: 2150-4083).

Na figura 7, a envoltória inferior definida pelos maiores preços de imóveis observados, corresponde à Ótica do Vendedor e contém os dados 90, 166, 23, 32 e 234. A envoltória superior definida pelos menores preços observados, corresponde à Ótica do Comprador e contém os dados de número 90, 55, 56, 112, 233 e 234. Verifica-se, ainda, que os imóveis 90 e 234 são eficientes para as duas óticas.

Sob cada ótica é determinada a eficiência da transação da mercadoria para o vendedor e para o comprador respectivamente. Os limites do intervalo de variação do valor do imóvel avaliando são estimados pela projeção dos dados observados às envoltórias, em função das características físicas intrínsecas e extrínsecas do imóvel, obtendo assim seus valores máximo e mínimo.

Em analogia ao método dos mínimos quadrados (MMQ) foi concebida a aplicabilidade do método EDO em Avaliação Imobiliária. Ambos os métodos, definem superfícies envoltórias que encapsulam os dados. O MMQ segundo o intervalo de confiança e a probabilidade associada. O EDO segundo a dupla envoltória, que encapsula todos os dados, Fig.8 e 9.

O colega Ricardo Miguel, em seu artigo veiculado no III SOBREA (Souza R.M.S., 2009), conclui que, sic: “O (EDO)DEA é um processo iterativo não linear, O uso intensivo do Solver com suas maximizações, minimizações, restrições e células variáveis, conduz a resultados satisfatórios quando obtemos amplitude de 30% entre as envoltórias, por exemplo (o que já o classificaria como de Grau III de precisão de estimativa no caso da RL).

FIG. 8 – COMPARA O I.C. A 80% COM AS ENVOLTÓRIAS EDO (SOUZA R.M.S., 2009)

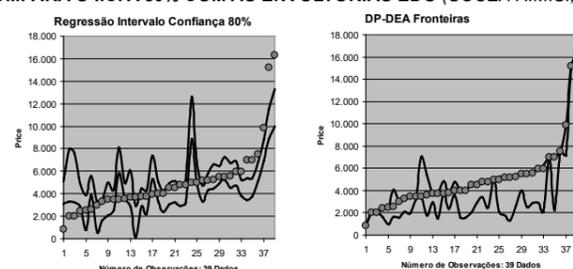
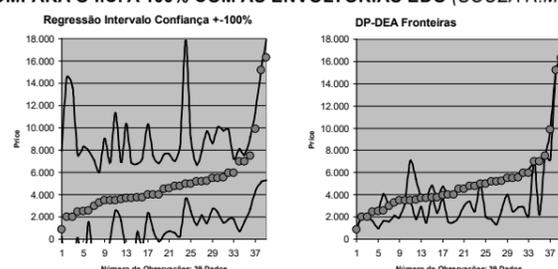


FIG.9 – COMPARA O I.C. A 100% COM AS ENVOLTÓRIAS EDO (SOUZA R.M.S., 2009)



CONTEXTO HISTÓRICO

Segundo Charnes et al (1994) a história da Análise Envoltória de Dados começa com a dissertação para obtenção de grau de Ph.D. de Eduardo Rhodes sob a supervisão de W.W. Cooper, publicada em 1978 (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978). O problema abordado na tese era o de desenvolver um método para comparar a eficiência de escolas públicas (Decision Making Units - DMU's) levando em conta “outputs” como:

- escores aritméticos;
- melhoria de auto-estima medida em testes psicológicos;
- habilidade psicomotora;

E “inputs” como:

- número de professores-hora;
- tempo gasto pela mãe em leituras com o filho.

O objetivo da tese foi desenvolver um modelo para estimar a eficiência técnica sem recorrer ao arbítrio de pesos para cada variável de input ou output, e sem converter todas as variáveis em valores econômicos comparáveis. A abordagem analítica rigorosa, aplicada à medida da eficiência na produção teve origem com o trabalho de Pareto-Koopmans e Debreu (1951). A definição de Pareto-Koopmans para a eficiência técnica é que um vetor input-output é tecnicamente eficiente se, e só se:

- Nenhum dos outputs pode ser aumentado sem que algum outro output seja reduzido ou algum input necessite ser aumentado.
- Nenhum dos inputs possa ser reduzido sem que algum outro input seja aumentado ou algum output seja reduzido.

Charnes e Cooper (1985) nos lembram da necessidade de tratar esta definição como um conceito relativo: A eficiência de 100% é atingida por uma unidade quando comparações com outras unidades relevantes não proveem evidencia de ineficiência no uso de qualquer input ou output. Este conceito nos permite diferenciar entre estados de produção eficientes e ineficientes.

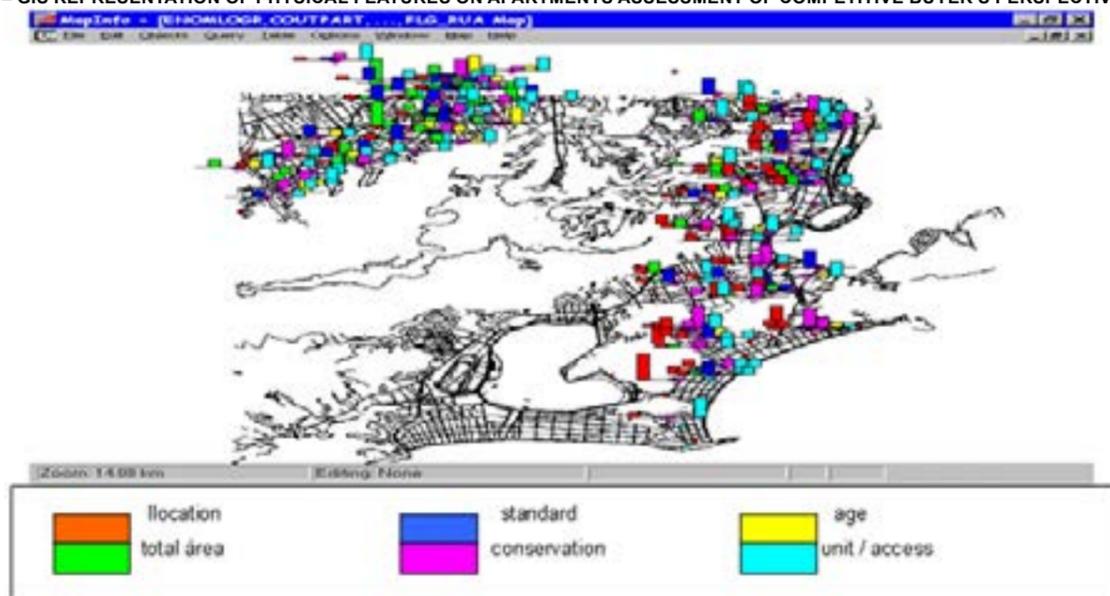
Em sequência, outro desenvolvimento primordial para a efetivação da metodologia como um dos principais métodos na área de avaliação de produtividade e eficiência foi realizado e publicado no artigo de Banker, Charnes et Cooper (1984), em que foi postulada a condição de variação de escala, condicionante que complementa as diferentes viabilidades de produção.

A Envoltória sob Dupla Ótica foi desenvolvida na tese de doutorado de Novaes (2002), sob a orientação do Professor-Doutor Marcos Pereira Estellita Lins da UFRJ.

No AVALIAR 2002, evento patrocinado pela ABDE – Associação Brasileira das Agências de Desenvolvimento, obteve o 1º lugar entre os trabalhos apresentados em Fórum. A banca de avaliação dos trabalhos apresentados foi constituída pelos profissionais participantes.

Este artigo inovou, por além de propor nova metodologia para a área de avaliação de imóveis, apresentar estudo do comportamento de agentes do mercado, através de manipulação de dados georeferenciados em ambiente SIG, explicando a influência das características de cada imóvel na eficiência da transação segundo a ótica do comprador⁸.

FIG.10 – GIS REPRESENTATION OF PHYSICAL FEATURES ON APARTMENTS ASSESSMENT OF COMPETITIVE BUYER'S PERSPECTIVE



Na figura 10 é apresentada uma distribuição espacial de apartamentos de alguns bairros da Zona Sul, Norte e Centro do município do Rio de Janeiro, contemplando o comportamento de mercado segundo a ótica do comprador. Para cada imóvel é consignado um gráfico de barras que representa uma análise comparativa da preponderância entre as seis características elencadas dos imóveis, segundo a ótica do comprador.

Visualmente identifica-se um comportamento bem distinguido do comprador de imóveis localizados nos bairros da zona sul em relação aos da zona norte, observa-se a predominância da variável de localização para a região litorânea. Para a região de subúrbio prepondera o padrão de acabamento e número de unidades por andar servidas pelo mesmo hall social. Isto demonstra uma disposição do comprador na região litorânea em trocar grandes variações de outras propriedades físicas do imóvel em relação a pequenas variações de localização. Para os bairros sem orla litorânea, há uma disposição do comprador em trocar grandes variações em relação a outras propriedades físicas do imóvel por pequenas variações de padrão de acabamento ou unidades por andar servidas por hall social.

8 Tabela 2 –Modelo Insumo-orientado VRS PPL (3)

A primeira publicação em mídia científica internacional⁹ ocorreu através do artigo (Lins, Novaes et Legey, 2005), batizando a metodologia de *Double Perspective Data Envelopment Analysis*¹⁰ - DP-DEA. A aplicação fez uma análise comparativa dos resultados da estimativa da EDO (DP-DEA) com a R.M. segundo o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado - MCDDM, concluindo que as estimativas da EDO apresentaram maior precisão.

A partir de 03 de março de 2011, com a inclusão da EDO na NBR 14.653 - Norma Brasileira de Avaliação de Bens – Parte 2: Imóveis Urbanos/Anexo D da ABNT, foi permitido o seu uso de forma disseminada pelos profissionais da Área, conforme o que estipula a Resolução do CONFEA nºs 218 e 345.

FIG. 11 - DADOS OBSERVADOS



FIG. 12 - REGRESSÃO MÚLTIPLA



FIG. 13 - ENVOLTÓRIO SOB DUPLA ÓTICA



A estimativa de tendência central formulada no Anexo D da NBR14.653-2, foi estabelecida

9 springer.com/article/10.1007/s10479-005-2446-1

10 O objetivo foi o de submeter e apresentar à comunidade científica internacional esta nova metodologia, que estima um intervalo de valor para o imóvel avaliando, tendo como base teórica e de desenvolvimento a metodologia DEA.

em Artigo de *Novaes et Paiva (2010)*. A aplicação compara as estimativas realizadas pela Regressão Múltipla, EDO e os valores observados, através dos dados e resultados geocodificados nos mapas digitalizados da cidade de Joinville/SC¹¹.

Ao analisarmos as Fig. 11, 12 e 13, verifica-se a melhor aderência das curvas de isovalores em arcgis da Envoltória sob Dupla Ótica com as dos dados observados em relação às curvas de isovalores da Regressão Múltipla.

METODOLOGIA – ENVOLTÓRIA SOB DUPLA ÓTICA

O Método da Envoltória sob Dupla Ótica utiliza a formulação de dois modelos clássicos duais DEA, com Retornos de Escala Constantes (CRS), desenvolvidos por *Charnes, Cooper e Rhodes (1978)* e Retornos de Escala Variável (VRS), desenvolvidos por *Banker et al, (1984)*. Para que isto seja uma realidade foi feita a transposição do modelo insumo orientado (*Novaes, 2002*).

Através da Programação Linear - PPL's 1, 2, 3 e 4¹² - são definidas as superfícies envoltórias para cada ótica. Os PPL's Duais pelo princípio da Complementariedade de Folga apresentam o mesmo resultado ótimo, isto é, a estimativa de eficiência.

Na Figura 14, representa-se a Ótica do Vendedor que formula como função objetivo a maximização do preço do imóvel y (produto da transação) segundo as restrições da combinação linear das características do imóvel¹³. Na figura 15, representa-se a Ótica do Comprador que formula como função objetivo a minimização do preço do imóvel y (insumo da transação) segundo as restrições da combinação linear das características do imóvel¹⁴.

FIG.14 - ENVOLTÓRIA CRS E VRS - ÓTICA DO VENDEDOR FIG.15- ENVOLTÓRIA CRS E VRS - ÓTICA DO COMPRADOR



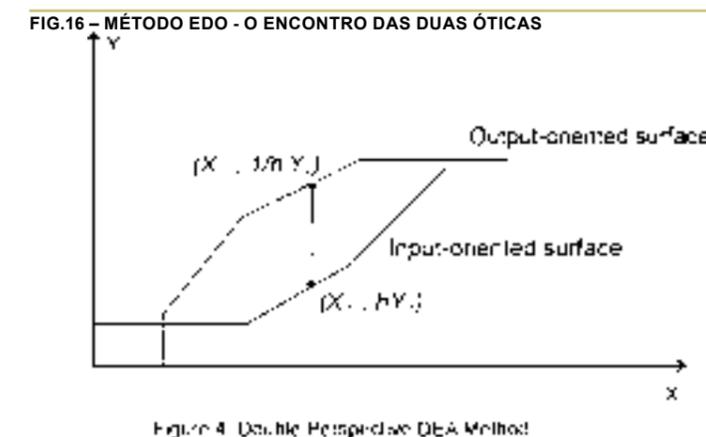
Para a avaliação imobiliária, na ótica do vendedor, são utilizados os Modelos DEA Produto-

11 <https://www.scirp.org/Journal/ Paper Information.aspx?PaperID=3487>
 12 Para CRS Retornos Constante de Escala e VRS Retornos Variáveis de Escala
 13 Tabela 1 - PPL's 1 e 2
 14 Tabela 2 - PPL's 3 e 4

Orientados. O produto da transação é o preço e os insumos são as características intrínsecas e extrínsecas do imóvel.

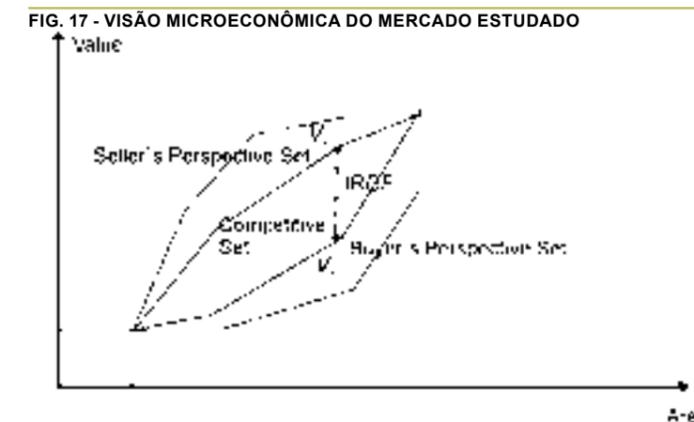
Na ótica do comprador são utilizados os Modelos DEA Insumo-Orientados. A relação insumo e produto é transposta, isto é, o produto da transação é o imóvel representado por suas características e o insumo corresponde ao preço do imóvel da venda ou oferta.

A construção final do EDO é apenas visualizável no espaço R2 ou R3, No R2, verificamos que através da transposição do gráfico da figura 14 e de sua associação com o gráfico da figura 15, obtemos o gráfico, Fig. 16.



A formulação matemática permite definir as envoltórias que encapsulam a massa de dados, lócus dos pontos representativos da oferta e demanda de mercadorias (*Debreu, 1959*). Na prática, a amostra é envolta por superfícies denominadas de "piecewise" do mercado em foco, que representa o lócus dos pontos da oferta e demanda da mercadoria avalianda, Fig. 16.

A Fig. 17 reflete uma visão microeconômica de mercado segundo as considerações de *Samuelson (1975)*, em que o conjunto competitivo é composto por imóveis onde as curvas de oferta e demanda se encontram.



FUNDAMENTAÇÃO PPL DO ENVELOPE E MULTIPLICADORES

Segundo a fundamentação da teoria da Dualidade na programação linear, para cada problema original, denominado de Primal, existe um outro problema relacionado denominado de Dual (Lins et Calôba, 2006). E, ainda pelo Teorema da Dualidade Forte, se o PPL - Problema de Programação Linear primal tem solução ótima e finita, então o PPL-Dual também terá solução ótima, igual e finita.

Na Envoltória sob Dupla Ótica (EDO) o problema dual do envelope estabelece as distâncias normalizadas às envoltórias segundo cada ótica. A unidade avaliada que está na envoltória tem distância relativa e normalizada igual a 1, As demais unidades não pertencentes à envoltória terão distâncias relativas normalizadas em decimais que variam de zero a um.

O PPL dos multiplicadores define o trade-off entre as variáveis, ou seja, a elasticidade-preço conforme detalhado na figura 10.

FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DA EDO

Ótica do Vendedor: (Novaes (2002))

TABELA 1 - MODELO PRODUTO - ORIENTADO CRS RENDIMENTO CONSTANTE DE ESCALA E VRS RENDIMENTO VARIÁVEL DE ESCALA

$$\begin{aligned} & \text{PPL dos Multiplicadores (Primal)} \quad (1) \\ & \text{Min } L_0 = \sum_{i=1}^m \varpi_i x_{i0} + u_0^* \\ & \text{Subject to } \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} = 1 \\ & - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} + \sum_{i=1}^m \varpi_i x_{ij} + u_0^* \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & \mu_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s, \quad \varpi_i \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m \\ & \varpi_i, \mu_r > 0, \quad \forall i, r \\ & \text{For CRS : } u_0^* = 0 \quad \text{For VRS : } u_0^* \text{ unconstrained} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{PPL do Envelope (Dual)} \quad (2) \\ & \text{Max } H_{V0} = h_{V0} \\ & \text{Subject to } h_{V0} y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ & -x_{i0} + \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & \lambda_j \geq 0, \quad \forall k, j, i \\ & \text{For VRS : } \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{aligned}$$

Ótica do Comprador: (Novaes (2002))

TABELA 2 - MODELO INSUMO - ORIENTADO CRS RENDIMENTO CONSTANTE DE ESCALA E VRS RENDIMENTO VARIÁVEL DE ESCALA

$$\begin{aligned} & \text{Problema dos Multiplicadores (Primal)} \quad (3) \\ & \text{Max } Z_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + w_0^* \\ & \text{Subject to } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \\ & - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + w_0^* \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s, \quad v_i \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m \\ & u_r, v_i > 0, \quad \forall i, r \\ & \text{For CRS : } w_0^* = 0 \quad \text{For VRS : } w_0^* \text{ unconstrained} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Problema do Envelope (Dual)} \quad (4) \\ & \text{Min } H_{C0} = h_{C0} \\ & \text{Subject to } h_{C0} y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ & x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq 0, \quad i = 1, \dots, m \\ & \lambda_j \geq 0, \quad \forall k, j, i \\ & \text{For VRS : } \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{aligned}$$

CONTEXTUALIZAÇÃO

Nas Tabelas 1 e 2, a notação apresentada representa uma Amostra composta por n dados de imóveis contemplando m - características (área privativa, padrão, localização,, elevador) e s - variáveis dependentes (preço unitário, velocidade de vendas,, índice verde). Cada i -ésimo imóvel é representado por um vetor-coluna de x_i características e vetor-coluna com y_i variáveis dependentes. A matriz $|x_j|$ é constituída de $(m \times n)$ características de imóveis e a matriz $|y_j|$ é constituída de $(s \times n)$ variáveis independentes, sendo:

h_{C0} = eficiência do elemento observado na ótica do comprador (*distância à envoltória*)

h_{V0} = eficiência do elemento observado na ótica do vendedor (*distância à envoltória*)

x_j = matriz i -insumos x j -elementos (*matriz variáveis independentes (i-características x j-dados)*)

y_j = matriz r -produtos x j -elementos (*matriz r-variáveis dependentes x j-dados*)

λ_j = vetor de pesos da combinação linear de insumos e produtos

u_r = vetor dos pesos de produtos da eficiência de cada unidade

v_i = vetor dos pesos de insumos da eficiência de cada unidade

CRS : Retorno Constante de Escala

VRS : Retorno Variável de Escala

NBR 14653-2/ANEXO D- CURVA DE TENDÊNCIA CENTRAL

A estimativa de tendência central se encontra normatizada no item D.4 do ANEXO D NBR 14653-2.

A técnica do EDO/DEA determina as distâncias às envoltórias do comprador e do vendedor, para cada dado observado, A partir dessas distâncias, estima-se o valor da variável dependente (estimativa pontual de tendência central).

A estimativa pontual do valor do imóvel, que corresponde ao resultado da avaliação, é calculada com a utilização da curva de tendência central (CTC/EDO), pela minimização dos erros, conforme a seguinte expressão:

$$\hat{y} = z(y_j - y_f) + y_f \quad (5)$$

$$z = \frac{\sum y_j - \sum h_f y_j}{\sum (\frac{1}{h_y} - h_f) y_j} \quad \text{.....(6)}$$

Sendo

Onde:

z é a constante resultante da minimização dos erros;

\hat{y} é a estimativa pontual do valor do imóvel;

y_j é o preço observado do dado de mercado j ;

y_f é o valor do imóvel projetado na envoltória do vendedor para o dado de mercado j ;

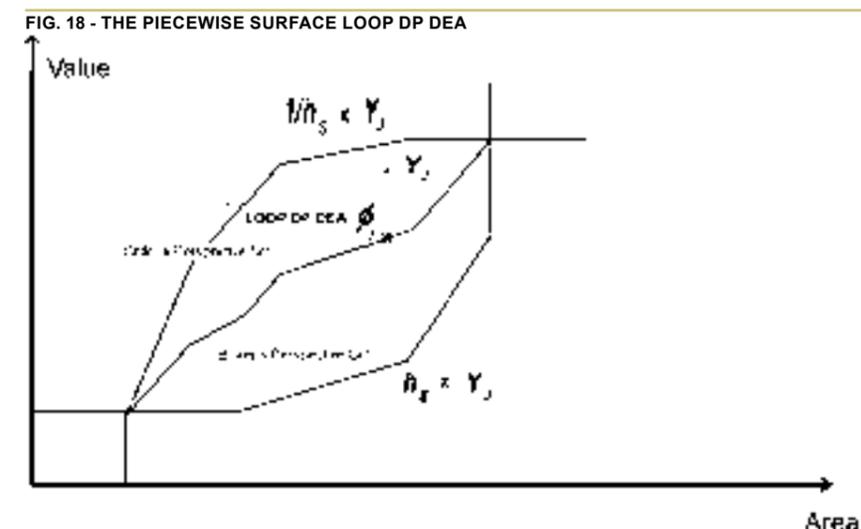
y_g é o valor do imóvel projetado na envoltória do comprador para o dado de mercado j ;

h_g é a distância do imóvel avaliado j à envoltória do comprador;

h_y é a distância do imóvel avaliado j à envoltória do vendedor;

n corresponde ao total de dados observados.

com, $1 \leq j \leq n$



4. EXEMPLO PRÁTICO

4.1 Demonstração do processamento de cálculo

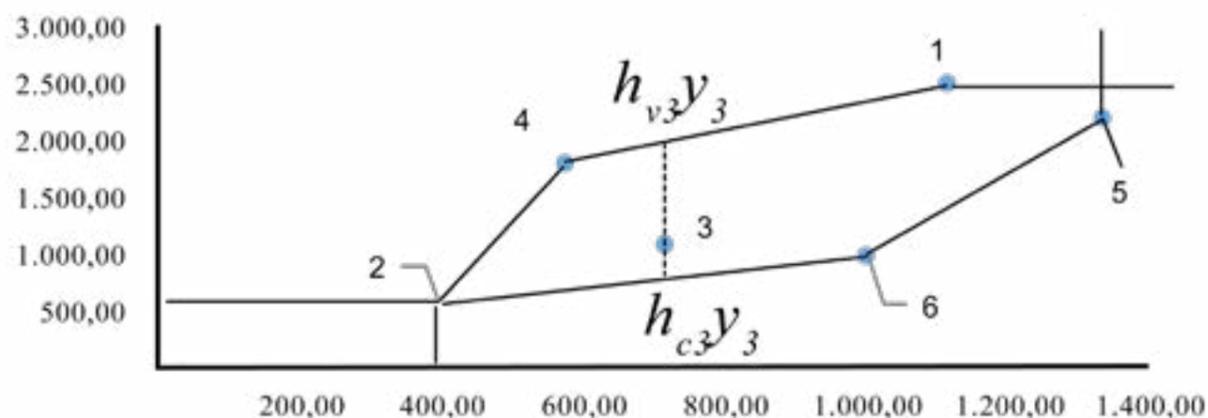
Apresentamos uma primeira abordagem prática, com apenas duas variáveis que facilitam o entendimento da metodologia. Muito embora, vale ressaltar que o EDO pode ser utilizado para “n” variáveis dependentes por “m” variáveis independentes.

TABELA 3 - AMOSTRA DE LOTES URBANOS

Dados	Área Total	Valor Unit	Valor Total	Transformada 1/Área Total
1	90,00	2.500,00	225.000,00	1.111,11
2	255,00	600,00	153.000,00	392,16
3	140,00	1.100,00	154.000,00	714,29
4	175,00	1.800,00	315.000,00	571,43
5	75,00	2.200,00	165.000,00	1.333,33
6	100,00	1.000,00	100.000,00	1.000,00

A projeção dos dados no gráfico em R2 permite visualizar as superfícies envoltórias. A superior que corresponde à Ótica do Vendedor, lócus dos dados de maior valor. Segundo os pressupostos básicos, item D.2.1 do Anexo D da NBR 14653-2, deve ser realizada a transformação da variável independente - Área Total - para que apresente correlação positiva com a variável dependente - Valor Unitário. Na Tabela 3, a última coluna corresponde à função inversa da variável Área Total. Obtemos o gráfico da Fig.19.

FIG. 19 - 1/ÁREA TOTAL X VALOR UNITÁRIO



O conjunto de dados corresponde à matriz 2 x 6, onde cada coluna representa um imóvel. A 1ª linha corresponde às variáveis independentes e a 2ª linha corresponde às variáveis dependentes:

$$\begin{bmatrix} 1111,11 & 392,16 & 714,29 & 571,43 & 1333,33 & 1000,00 \\ 2500,00 & 600,00 & 1100,00 & 1800,00 & 2200,00 & 1000,00 \end{bmatrix}$$

Onde cada coluna se refere a um imóvel.

As variáveis de decisão são h_{v0} e $\lambda = [\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5 \lambda_6]$

O valor de cada ótica é estimado segundo a projeção do dado observado para cada envoltória.

Segundo a ótica do vendedor, o valor estimado para o dado "3" é igual a:

$$y_{v3} = h_{v3} \times y_3$$

A estimativa de h_{v3} é realizada através do Modelo Produto-Orientado PPL VRS do Envelope(2) da Tabela (1), como se segue:

PPL do Envelope (Dual) (2)

$$\text{Max } H_{v0} = h_{v0}$$

$$\text{Subject to } h_{v0}y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0, \quad r=1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i=1, \dots, m$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall k, j, i$$

O PPL para estimar o valor do imóvel "3" projetado na fronteira da ótica do vendedor pode ser representado matricialmente como:

Problema do Envelope (Dual) (2)

$$\text{Max } [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} h_{v0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix}$$

Tal que

$$\begin{bmatrix} 1100,00 & -2500,00 & -600,00 & -1100,00 & -1800,00 & -2200,00 & -1000,00 \\ 0 & 1111,11 & 392,16 & 714,29 & 571,43 & 1333,33 & 1000,00 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{v0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 0 \\ 714,29 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall k, j, i \text{ e } h_{v0} \text{ irrestrito em sinal.}$$

A solução pode ser realizada através do Método Simplex – Problema de Minimização (Boldrini et al, 1980) ou pelo Solver do Excel. Através do software PerformerDEA obtemos o seguintes resultados para as variáveis de decisão:

$$\begin{bmatrix} h_{v0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5541 \\ 0,265 \\ 0 \\ 0 \\ 0,735 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Segundo a ótica do vendedor, o valor estimado para o dado 3 é igual a:¹⁵

$$y_{v3} = 1/h_{v3} \times y_3 = 1/0,5541 \times 1100,00 = 1985,30$$

A estimativa de h_{c3} é realizada através do Modelo Insumo-Orientado PPL VRS do Envelope(4) da Tabela (2), como se segue:

Problema do Envelope (Dual) (4)

$$\begin{aligned} \text{Min } H_{c0} &= h_{c0} \\ \text{Subject to } h_{c0} y_{r0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad \forall k, j, i \\ \text{For VRS: } \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned}$$

A partir dos dados da Amostra relacionada na Tabela 3, obteremos a seguinte formulação:

Problema do Envelope (Dual) (4)

$$\text{Min} [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} h_{c0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix}$$

Tal que

$$\begin{bmatrix} 1100,00 & -2500,00 & -600,00 & -1100,00 & -1800,00 & -2200,00 & -1000,00 \\ 0 & 1111,11 & 392,16 & 714,29 & 571,43 & 1333,33 & 1000,00 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{c0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 714,29 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall k, j, i$$

15 Ver Dado "3" Tabela 5 – Valor Máximo

A solução deste PPL pode ser realizada pelo leitor através do Método Simplex – Problema de Minimização (Boldrini et al (1980)) ou pelo Solver do Excel ou ainda pelo PerformerDEA.

Aplicando o software PerformerDEA obtemos o seguintes resultados para as variáveis de decisão:

$$\begin{bmatrix} h_{c0} \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7382 \\ 0 \\ 0,43 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,57 \end{bmatrix}$$

O valor estimado do imóvel "3" projetado na envoltória da ótica do comprador é igual a:¹⁶

$$y_{c3} = h_{c3} \times y_3 = 0,7382 \times 1100,00 = R\$812,00$$

O valor de tendência central estimado para o Dado "3", segundo as equações (5) e (6), é de R\$1.390,31¹⁷.

4.2 Estimativa do imóvel avaliando "7"¹⁸ - software EDODEA

Variáveis transformadas idênticas ao item 4.1.

TABELA 4 - AMOSTRA DE LOTES URBANOS - EDODEA

\$ Ex 6 x 2 - Cad Aval.edo - Avalsoft EDODEA

Arquivo Editar Visualizar Inserir Estilo Ferramentas Ajuda

	A	E	Endereço	Compleme...	Area privativa	Valor unitário	Valor total
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Ipê	15	90,00	2500,00	225000,00
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Azaleia	223	255,00	600,00	153000,00
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Bromelia	165	140,00	1100,00	154000,00
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Jasmim	33	175,00	1800,00	315000,00
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Camelia	29	75,00	2200,00	165000,00
6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R. Margarida	68	100,00	1000,00	100000,00
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Dado Novo	a estimar	120,00		

16 Ver Dado "3" Tabela 5 – Valor Mínimo

17 Ver Dado "3" Tabela 5 – Valor Estimado

18 Ver tabela 3.

TABELA 5 - VALORES ESTIMADOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS - DADOS 3 E 7 - EDODEA

Dado	Valor unitário	Valor Mínimo	Valor Estimado	Valor Máximo	Resíduo	Resíduos Relativos	Resíduo Relativo/DP
1	2.500	1.400	1.542.153	2.500	557.807	22,31%	0,69
2	600	600	600	600	0	0,00%	0,00
3	1.100	811.962	1.390.311	1.985.294	-290.311	-26,39%	-0,81
4	1.800	717.972	1.261.307	1.800	548.693	30,48%	0,94
5	2.200	2.200	2.347.671	2.600	-117.671	-6,72%	-0,21
6	1.000	1.000	1.668.318	2.366.882	-668.318	-66,83%	-2,05
7	1.545.292	890.323	1.506.147	2.139.706	39.145	2,53%	0,03

Valores estimados para o Dado "7" com área de 120 m2:

Valor Tendência Central	R\$ 1.506,14
Valor Mínimo	R\$ 890,23
Valor Máximo	R\$ 2.139,71

A Figura 9 apresenta a variação dos valores observados e estimados. A abcissa corresponde aos dados e ordenada aos valores.

FIG.20 GRÁFICO DE VARIAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS, MÁXIMO E MÍNIMO EDODEA



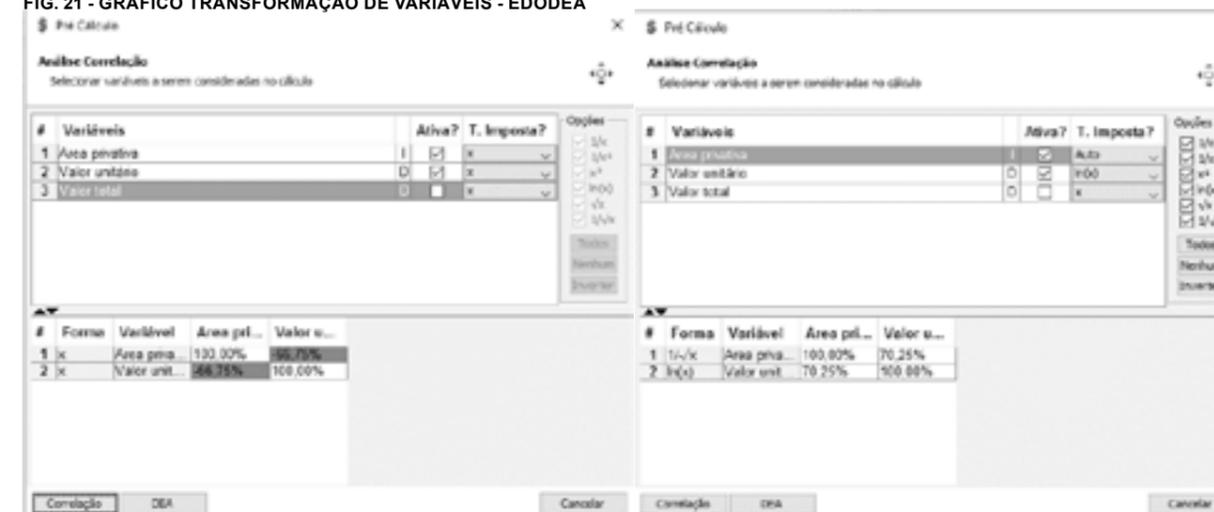
4.3 Resultados de modelo escolhido com melhor aderência

O modelo que demonstrou melhor aderência, atendendo ao pressuposto da correlação positiva¹⁹, está definido na. Fig.21: Área privativa transformada na forma de

$$1/\sqrt{x} \text{ e } \ln(x)$$

para valor unitário.

FIG. 21 - GRÁFICO TRANSFORMAÇÃO DE VARIÁVEIS - EDODEA



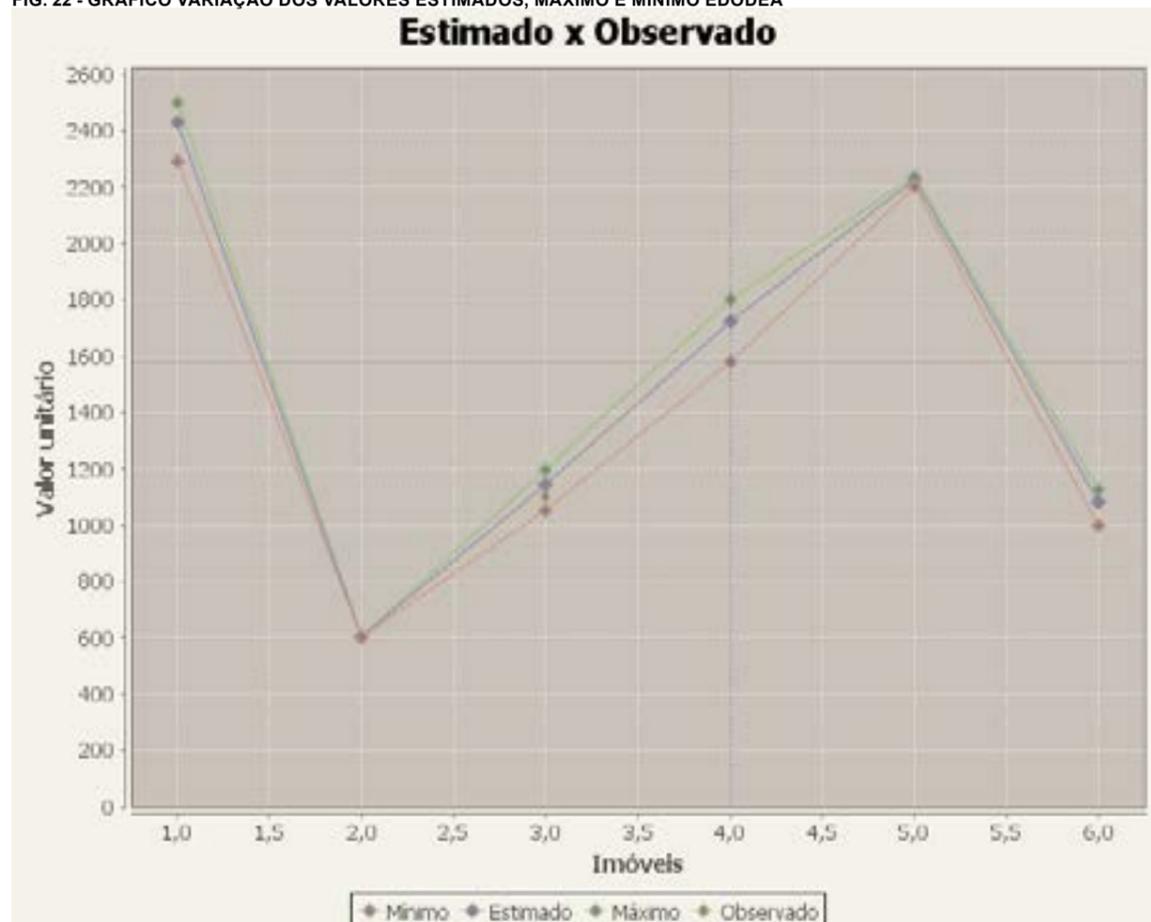
Na figura 7, verificamos o intervalo de valores máximo, mínimo e os de tendência central.

TABELA 7 - VALORES ESTIMADOS, MÍNIMOS E MÁXIMOS - EDODEA

Dado	Valor unitário	Valor Mínimo	Valor Estimado	Valor Máximo	Resíduo	Resíduos Relativos	Resíduo Relativo/DP
1	2.500	2.295.311	2.428.717	2.500	71.203	2,85%	0,69
2	600	600	600	600	0	0,00%	0,00
3	1.100	1.051.789	1.143.69	1.192.796	-43.69	-3,97%	-0,96
4	1.800	1.678.746	1.722.948	1.800	77.062	4,28%	1,03
5	2.200	2.200	2.223.816	2.235.542	-23.816	-1,08%	-0,76
6	1.000	1.000	1.088.829	1.124.619	-88.829	-8,88%	-1,96
7	1.534.768	1.428.237	1.548.195	1.604.292	-64.26	-4,15%	-0,89

O gráfico da variação dos valores observados em amarelo, valores estimados em azul, valores mínimos em vermelho e valores máximos em verde está representado na figura 22.

FIG. 22 - GRÁFICO VARIAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS, MÁXIMO E MÍNIMO EDOEA



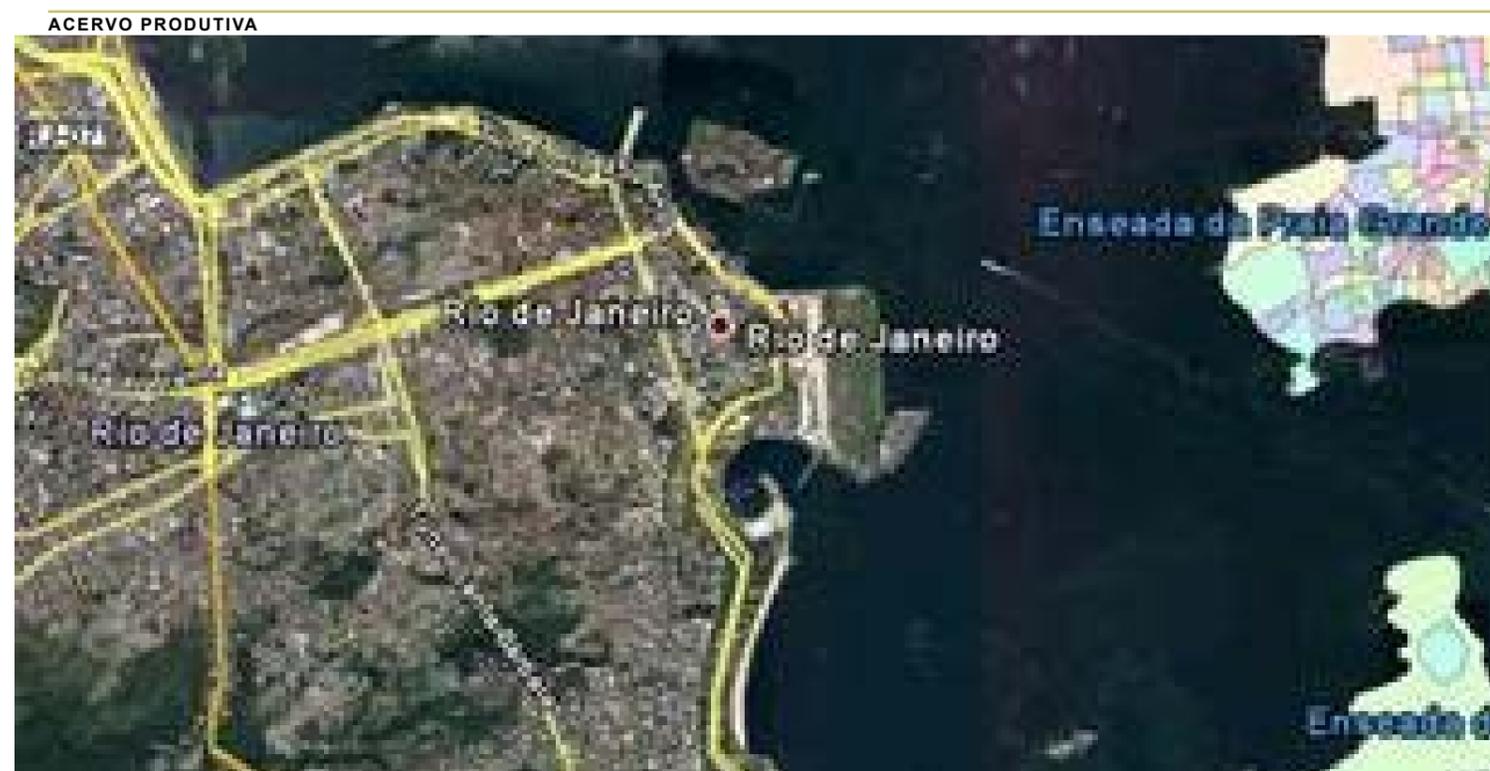
Na tabela 9, verificamos que os coeficientes de determinação e correlação do modelo adotado atingiram valores próximos a 100%, acarretando que as linhas representativas dos valores estimados em azul e valores observados em amarelo se sobreponham, conforme se verifica no gráfico da figura 22.

TABELA 9 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E DETERMINAÇÃO - EDOEA

Informação	Valor
Informações Modelo	
Nome do Modelo	Ex 6 x 2 Cad Aval
Autor do Modelo	LF
Data de Referência	07/04/2017
Área de Aplicação	
Tipo de Aplicação	Avaliação de Bens
Descrição do Modelo	
Proteger Modelo com Senha	Não
Dica de Senha	
Somente Visualizar?	Não
Permite Editar Variáveis?	Não
Permite Calcular Modelo?	Não
Informações Gerais	
Número de Variáveis do Modelo	3
Número de Variáveis Consideradas	2
Número de Dados do Modelo	6
Número de Dados Considerados	6
Informações Estatísticas	
Coefficiente de Correlação - Valor unitário	0.9960839340348313
Coefficiente de Determinação - Valor unitário	0.9921832036423063
Outliers do Modelo	0
Fisher-Snedecor	
Significância do Modelo	

Valores estimados para o Dado "7" com área de 120 m2:

Valor Tendência Central	R\$ 1.540,20
Valor Mínimo	R\$ 1.420,24
Valor Máximo	R\$ 1.604,29
Coefficiente de Determinação Modelo	99,22%
Modelo atingiu Grau 3 de Precisão	



CONCLUSÃO

A Coletânea de Avaliações CAIXA trouxe a oportunidade de, pela primeira vez, ser apresentada a metodologia da Envoltória sob Dupla Ótica de forma mais didática.

Com este intento, me dediquei em demonstrar a capacidade de estimativa que esta técnica, pouco conhecida pelos profissionais da área, possui.

Como já foi largamente descrito, a metodologia foi desenvolvida pelo autor deste capítulo, na tese de doutorado de Luiz Fernando de Lyra Novaes, em 2002.

Além da tese, os artigos apresentados e premiados nos principais Fóruns da Engenharia de Avaliações promoveram a sua evolução e inclusão na NBR 14.653-2. Não obstante de ter sido imprescindível para torná-la referência para a atividade de Avaliação de Imóveis, este marco não foi o bastante para disseminar o seu uso.

O desenvolvimento de dois softwares, Performer DEA (2016) e EDODEA (2017), com a participação e colaboração de André Fraga, Nathália Novaes e Manoela Novaes, permitiu confirmar e aprimorar a teoria desenvolvida em minha tese de doutorado.

Em complementação a este artigo, orientamos consultar o “*paper*” publicado em mídia científica, sob o título: “*Double Perspective DEA on appraising property’s fair market value by Brazilian Standards*” - *Journal of Central European Review of Economics and Management (CEREM)* – www.cerem-review.eu.

Com a apresentação deste capítulo na Coletânea de Avaliações CAIXA, o conhecimento preliminar da metodologia, se oferece ao mais atuante grupo de profissionais dedicados à Engenharia de Avaliações em nosso País, que façam dela o melhor uso!

BIBLIOGRAFIA

Banker R.D., A. Charnes e W. W. Cooper, (1984) – “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science* vol. 30 no 9 pp. 1.078 / 1.092.

Boldrini J.L., Costa R.S., Figueiredo V.L. et Wetzler H.G.. (1980) – “Álgebra Linear”, cap. 14, pp 350/405 - UNICAMP, ed. Harbra – 3ª Edição.

Charnes A., Cooper W. W. and Rhodes (1978) -“Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2, No.6, pp. 429-444.

Charnes A., Cooper W. W., Lewin A.Y., Seiford L. (1994) – *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, 2 ed., Boston, Kluwer Academic Publishers.

Coelli T, Prasada Rao D.S., Battese G.E.(2005) – *An Introduction to efficiency and Productivity Analysis*, , 2 ed., Boston, Kluwer Academic Publishers.

Debreu, G. (1959) – “Theory of Value : An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium “, *Cowles Foundation for research in Economics of Yale University*, NY, pp 28 -79.

EDODEA (2017) – Software para avaliação de bens, metodologia da Envoltória sob Dupla Ótica. (Double Perspective - Data Envelopment Analysis) www.avalsoft.com.br.

Farrell, M.J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General, Part 3*, 253-281.

Ganley, J.A. et Cubbin, J.S. (1992) – *Public Sector Efficiency Measurement. “Applications of Data Envelopment Analysis”*, North Holland, 1992.

Lins, M. P. E., Novaes, L.F.L. and Legey L.F.L., 2005 – *Real Estate Appraisal: A Double Perspective Data Envelopment Analysis Approach*

Lins, M. P. E. et Calôba, G. M., 2006 – *Programação Linear com aplicações em teoria dos jogos e avaliação de desempenho*.

NBR 14653-2 ANEXO D – *Recomendações para a utilização de análise envoltória de dados (envoltória sob dupla ótica) (EDO/DEA)*, pp 44-46.

Novaes, L.F.L. (1998) – Tese de Mestrado “*Função Envoltória de Produção aplicada para a Avaliação de Eficiência entre Plataformas de Petróleo da Bacia de Campos/RJ*”, UFRJ, pp 20-26.

Novaes, L.F.L. (2003) – Tese de Doutorado “*Método Envoltória sob Dupla Ótica aplicado na Avaliação Imobiliária em SIG*”, UFRJ.

Novaes, L.F.L., Lins, M.E., Paiva, S.A., e Pinheiro Jr., L.F.(2002) – “*Avaliação Imobiliária pelo Método da Envoltória sob Dupla Ótica*”, *AVALIAR 2002* , Curitiba.

Novaes, L.F.L et Paiva, S.A. (2010) - *Double Perspective Data Envelopment Analysis: One Approach to Estimate the “LOOP” Arbitrage* – *iBusiness*, 2010, 2, doi:10.4236/ib.2010.24046 (<http://www.scirp.org/journal/ib>), *iBusiness* (IB, ISSN Online: 2150-4083)

Novaes L.F.L., Fraga A.F. et Novaes M.R.L. (2012)- *Aplicação de software na Gestão do Desempenho-VII Congresso Nacional da Excelência em Gestão*, http://www.inovarse.org/sites/default/files/T12_0512_2829.pdf

Pareto-Koopmans e Debreu (1951): www.springer.com/cda/content/.../9780387351551-c1.pdf.

PERFORMER-DEA(2016) - Software para gestão do desempenho, metodologia da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis) www.avalsoft.com.br.

Samuelson, P.A. (1975), Introduction on the Economic Analysis. Act Publisher, R. Janeiro, vol. 23, pp 475-489.

Souza, R.M.S. (2009) - Análise comparativa do intervalo de confiança dos mínimos quadrados versus envoltórias da envoltória – III Simpósio SOBREA

Wagner, J.M., Shimshak, D.G. (2007) – Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: procedures and managerial perspectives. Eur J Oper Res 180: 57-67.

9

Lógica Fuzzy

Hermes Luiz Bolinelli Junior

INTRODUÇÃO

Os métodos utilizados para a Avaliação de Imóveis não apenas propiciam a correta identificação dos valores econômicos envolvidos, mas também proporcionam qualidade e transparência ao processo.

Porém, quando se tem a necessidade de considerar aspectos qualitativos que acabam acarretando em subjetividades, incertezas, imprecisões e até mesmo ambiguidades, existe uma dificuldade em se trabalhar com as variáveis envolvidas, pois o processo fica muito dependente do discernimento e do bom senso do avaliador, pela falta de critérios mais técnicos e padronizados para estas situações.

ACERVO PRODUTIVA



Nos estudos de viabilidade econômica as definições quanto aos valores de investimentos, cenários, volumes de venda, as taxas de retorno e as taxas de juros são apenas alguns exemplos, na engenharia de avaliações, de dados que carregam incertezas que técnicas tradicionais podem ter dificuldades em tratar adequadamente.

Outro exemplo em que a utilização de métodos tradicionais pode ter dificuldades são as avaliações que envolvem variáveis ambientais (BOLINELLI JR, 2015), dado justamente às características incertas e subjetivas destas, cuja percepção e importância dependem de uma série de fatores.

Nestes e em outros casos, a qualidade da informação de entrada é primordial para uma resposta numérica precisa, porém as variáveis qualitativas carregam grandes incertezas na sua determinação e pequenas alterações nestes dados de entrada podem levar a resultados totalmente diferentes quando expressos numericamente.

Portanto estes casos necessitam ser trabalhados com maior transparência através de métodos científicos e a utilização de novas ferramentas, como a Lógica Fuzzy, uma subárea da Inteligência Artificial, se apresentam como uma opção, um campo a ser melhor pesquisado e experimentado na avaliação de imóveis.

A Lógica Fuzzy é um método desenvolvido nos anos 1960 pelo professor Lotfi A. Zadeh, em resposta a uma necessidade de se fornecer um ferramental matemático que contemplasse os aspectos imprecisos no raciocínio lógico dos seres humanos e também as situações ambíguas, não passíveis do processamento convencional computacional fundamentado na lógica booleana (NICOLETTI, 2009).

A expressão Fuzzy (difuso, nebuloso) foi utilizada pela primeira vez em 1965, em uma publicação feita por este professor de Teorias dos Sistemas da Universidade da Califórnia, Berkeley, considerado o pai da Teoria de Conjuntos Fuzzy (SIMÕES, 2007).

Desde então esta lógica seguiu os mesmos rumos de outras recentes tecnologias: criada nos Estados Unidos, desenvolvida na Europa, massificada no Japão, estando agora, novamente, retornando aos Estados Unidos. Atualmente é amplamente utilizado em vários setores e atividades, tais como: robótica, automação de linhas de produção, simulações financeiras, avaliações, entre outros (FUZZYTECH, 2014).

Este texto tem como objetivo principal dar uma visão geral da utilização da Teoria Fuzzy na avaliação de imóveis, mais precisamente dos Conjuntos Fuzzy, bem como contribuir para a divulgação e a aplicação desta teoria na Avaliação de Imóveis, onde os estudos ainda são incipientes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Avaliação de Imóveis

A avaliação de imóveis se apresenta como uma grande atividade da engenharia, com impacto direto na viabilização de milhares de negócios. Os primeiros trabalhos de avaliação remontam aos anos 40 do século XX, com o engenheiro Berrini (Duarte, 2007).

Em 1952 temos a edição da primeira norma de avaliações feita pelo Departamento de Engenharia da CAIXA (DANTAS, 1998), instituição que sempre contribuiu para o avanço desta área de conhecimento.

Desde então a atividade vem apresentando um avançado estágio de evolução, inclusive quando comparados a países como EUA, Inglaterra e França, os quais são considerados grandes potências mundiais (PELLI, 2010).

Tem na atual norma ABNT NBR 14.653 um importante instrumento desta evolução, pois esta permitiu a padronização de procedimentos bem como a introdução de conceitos e de exigências técnicas que se traduzem em trabalhos de mercado executados com fundamentação e precisão mínima desejada.

Há de se citar também a atuação de instituições como o IBAPE, que se empenham na constante melhoria e divulgação desta ciência.

Lógica Fuzzy

Breve História

Em 1965, o professor de Teoria dos Sistemas da Universidade de Berkeley, Lotfi A. Zadeh, que desenvolveu a teoria dos Conjuntos Fuzzy, publicou o trabalho: "Fuzzy sets, information and control" (disponível em <<http://www.berkeley.edu/index.html>>) e é quem cita pela primeira vez o termo Fuzzy, sendo considerado, desta forma, o criador desta lógica.

Desde então, a história da lógica Fuzzy seguiu o mesmo caminho que outras tecnologias recentes, quer seja, inventada nos Estados Unidos, desenvolvida na Europa, massificada no Japão (FUZZYTECH, 2014).

O Professor Lotfi Zadeh afirma que o computador não pode resolver problemas, tais como os que prescindem de habilidades humanas. A menos, é claro, que seja capaz de pensar na forma característica de um ser humano (FUZZYTECH, 2014).

Os seres humanos muitas vezes dependem de expressões linguísticas imprecisas como "perto", "pouco", "longe", "alto", "muito bom", "muito ruim", para expressar seus pensamentos e avaliações, já o processamento booleano de um computador é limitado a um modo 0-1, preto-branco, tudo ou nada, verdadeiro ou falso.

Neste contexto, Lotfi Zadeh enfatiza o fato de que facilmente nos deixamos levar por um desejo de atingir a maior precisão possível, sem prestar atenção ao caráter impreciso da

realidade (FUZZYTECH, 2014).

A lógica Fuzzy foi criada e desenvolvida a partir dessa necessidade: a de se desenvolver uma tecnologia que conseguisse trabalhar a imprecisão e a incerteza da expressão humana, sendo uma subárea da inteligência artificial.

Vem sendo utilizada em diversas áreas e aplicações tais como: automação industrial; medicina; geração de energia a base de carvão; sistemas de refrigeração complexos; planta de incineração de resíduos; sistema de tratamento de água; motor de indução AC; limitador de velocidade de caminhão; eletrodomésticos; engenharia automotiva; Antilock Braking System (freios ABS); planos de voo; fusão nuclear; controle de tráfego; sistemas de sonar; análises financeiras, para citar algumas aplicações.

A lógica Fuzzy tem a vantagem de, apesar da matemática teórica complexa que a sustenta, ser de fácil entendimento e de aplicação simples. A inteligência do sistema não está oculta em equações diferenciais e complexos códigos fontes (FUZZYTECH, 2014).

Não há uma tradução precisa para a palavra Fuzzy em português, sendo utilizados termos como: difusa, nebulosa, vago, impreciso (SIMÕES, 2007).

Conceitos Básicos

a) Incerteza Estocástica versus Incerteza Léxica

A teoria da lógica difusa lida com a incerteza, assim como a teoria probabilística e a teoria da informação. Destacam-se na teoria da incerteza duas formas básicas: incerteza estocástica e incerteza léxica.

A incerteza estocástica trata a incerteza através da ocorrência de um determinado evento. Por exemplo: ocorrência ou não de chuva no dia de amanhã. A incerteza léxica existe devido à linguagem humana, não existindo definições exatas (Simões, 2007). Por exemplo: as pessoas têm conceitos e percepções diferentes para chuva, chuva forte, garoa, “tromba d’água”, “chuveiro”.

Assim a diferença está no uso da expressão probabilidade. Na estocástica ela é expressa em termos matemáticos, e na incerteza léxica esta probabilidade não é quantificada em um valor, mas representada por uma categoria subjetiva (FUZZYTECH, 2014).

Em muitos momentos de decisão as informações utilizadas se encontram expressas de maneiras vagas e imprecisas, que só podem ser compreendidas por sua representação qualitativa.

Neste contexto, a lógica difusa trabalha estas informações imprecisas, traduzindo expressões verbais (linguísticas) vagas, incertas, em valores numéricos. Por isto a lógica difusa trabalha diretamente com a incerteza léxica (CALDEIRA, 2007).

b) Variáveis Linguísticas

O bloco de construção principal de qualquer sistema de lógica fuzzy é a chamada “variável linguística”, que pode ser considerada o nome dado a um conjunto fuzzy.

A capacidade de classificar de modo impreciso as variáveis de um problema em termos qualitativos ao invés de quantitativos, traduz a ideia de variável linguística (SIMÕES, 2007).

Representam de modo impreciso, ou seja, linguístico, conceitos de variáveis qualitativas em um problema, admitindo termos como “médio”, “muito pequeno”, “longe”, “forte”, “bastante”. Estes valores se contrapõem aos valores precisos admitidos pelas variáveis numéricas.

Estes termos são usados para expressar ideias, conceitos, conhecimentos e também percepções na comunicação humana, sendo que em muitas áreas é a forma mais importante, senão a única, de quantificar os dados e informações.

O uso de termos linguísticos é frequente no nosso cotidiano, tais como o “dia está muito quente”, “o ônibus estava lotado”, “O padrão é alto”, “a vizinhança é muito boa”, “o local é agradável”, “o apartamento é quente”. Todos estes termos possuem um significado e transmitem informação.

Aqui, várias categorias subjetivas que descrevem o mesmo contexto são combinadas. Por exemplo, no caso de “febre”. Existe não só a febre forte, mas também a temperatura elevada, a temperatura normal, e a baixa temperatura.

Estes são chamados “termos linguísticos” e representam os possíveis valores de uma variável linguística. Exemplo: “a temperatura está alta”, “o andar é alto”, “a área é pequena”.

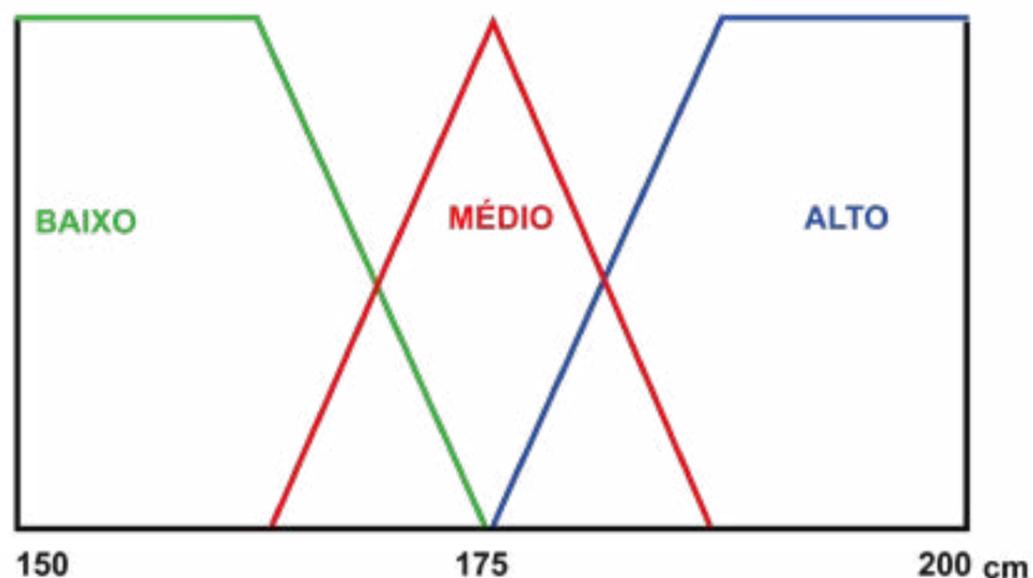
A variável “temperatura” está recebendo o valor (termo linguístico) “alta”, que é um dos conjuntos fuzzy definidos para esta variável.

Pode-se, ainda, lançar mão dos modificadores, que são os termos ou operações que modificam a forma dos conjuntos fuzzy, ou seja, a intensidade dos valores.

Como exemplo pode-se citar os advérbios “quase”, “muito”, “pouco” entre outros, que podem ser tanto aumentadores como diminuidores, conforme ampliam ou reduzem a área de pertinência dos conjuntos fuzzy.

Na Figura 1 pode-se observar um exemplo de variável linguística em que o nome da variável é “Altura” e que representa a altura de uma pessoa.

FIG.01 - VARIÁVEL LINGÜÍSTICA "ALTURA" E FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA DEFINIDAS PARA "BAIXO" E "ALTO": TRAPEZOIDAL E "MÉDIO": TRIANGULAR.



Os termos linguísticos que atribuem um significado semi-quantitativo a variável "Altura" são: Baixo, Médio, Alto. O domínio, em centímetros, da variável é o intervalo [150, 200] cm.

As variáveis linguísticas são expressas dentro de determinado domínio de valores. A definição deste domínio deve ser feita por um especialista da área em estudo, sendo o papel deste profissional fundamental na modelagem fuzzy.

As variáveis numéricas expressam o seu valor e utilidade e são amplamente empregadas nas ciências exatas (engenharia, física, matemática, etc.), porém, as variáveis linguísticas têm conquistado cada vez maior importância devido ao desenvolvimento das áreas de inteligência artificial e dos processos de decisão.

A capacidade de combinar variáveis linguísticas e numéricas é uma das principais razões do sucesso das aplicações da lógica fuzzy em sistemas inteligentes, tanto na engenharia quanto em muitas outras áreas que lidam com domínios contínuos (ORTEGA, 2001).

c) Funções de Pertinência

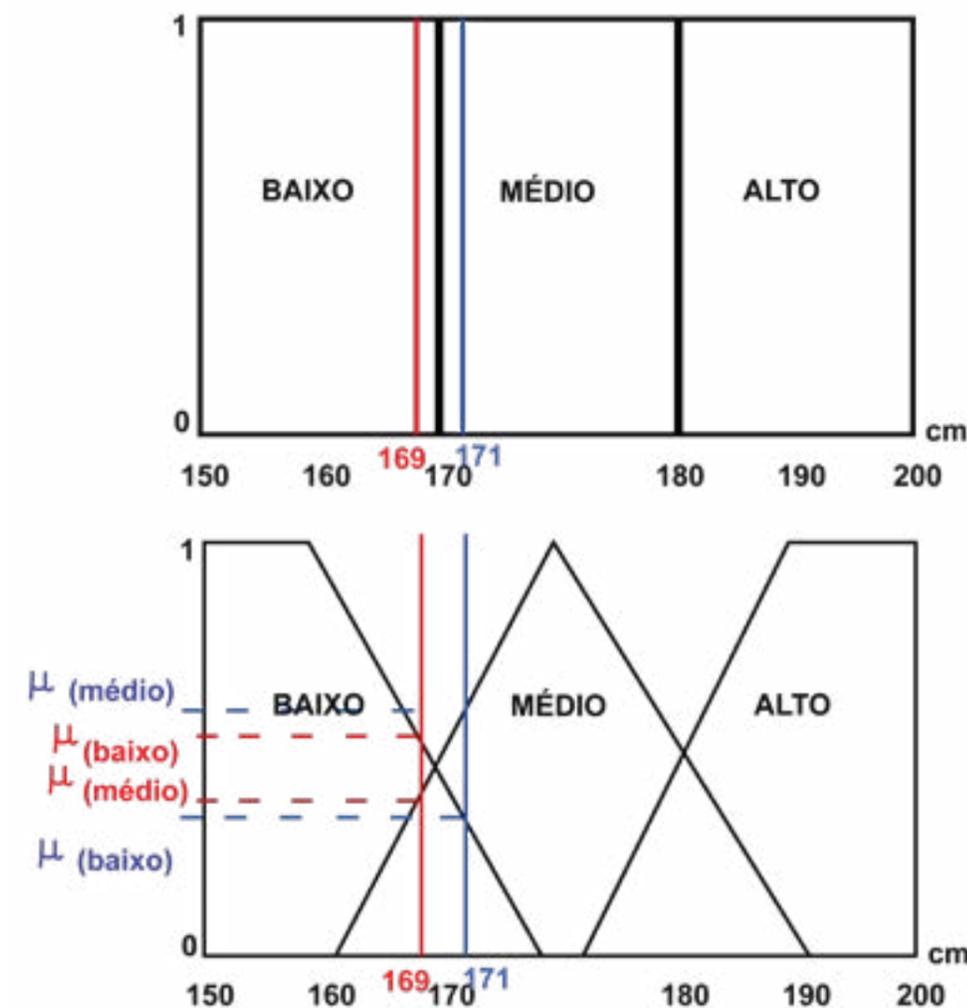
Ao contrário da lógica convencional, a lógica difusa utiliza ideias de que todas as coisas (temperatura, velocidade, altura) admitem graus de pertinência (μ). Com isso, a lógica fuzzy tenta modelar o senso das palavras, tomadas de decisão ou senso comum do ser humano.

Pode-se dizer que a pertinência, no sistema fuzzy, equivale à probabilidade dos modelos estatísticos, sendo os casos $\mu = 0$ e $\mu = 1$ um caso particular do conjunto fuzzy (elemento pertence totalmente a um conjunto) e os casos em que $0 < \mu < 1$ representam os graus parciais de pertinência (CALDEIRA, 2007).

Observe a Figura 2 em que se têm dois elementos $x_1 = 169$ cm e $x_2 = 171$ cm. Utilizando-

se da lógica clássica, esses elementos pertencem a conjuntos diferentes (baixo e médio, respectivamente). No entanto, na realidade fica difícil de afirmar que uma pessoa com 169 cm e outra com 171 cm pertencem a conjuntos diferentes.

FIG.02 - ALTURAS DE PESSOAS EM CONJUNTOS CLÁSSICOS (ACIMA) E FUZZY (ABAIXO) CONSIDERANDO, PARA ESTES, SEUS GRAUS DE PERTINÊNCIA.



Já na lógica difusa, tanto x_1 quanto x_2 tem graus de pertinências aos conjuntos fuzzy definidos, que podem variar de 0 a 1. Desta forma, a lógica fuzzy pode ser considerada como um conjunto de princípios matemáticos para representação do conhecimento baseado no grau de pertinência (graus de verdade), fazendo com que uma sentença possa ser parcialmente verdadeira e parcialmente falsa.

Não existe na lógica fuzzy um limite abrupto como na lógica tradicional, possuindo o grau de pertinência variações suaves no intervalo [0-1], representando de forma mais realista o conhecimento humano (CALDEIRA, 2007).

A definição da forma da função de pertinência depende muito de especialistas e dos

conhecimentos destes em relação ao problema estudado, sendo que as formas mais comuns utilizadas são as triangulares e os trapézios, como os utilizados nas Figuras 1 e 2.

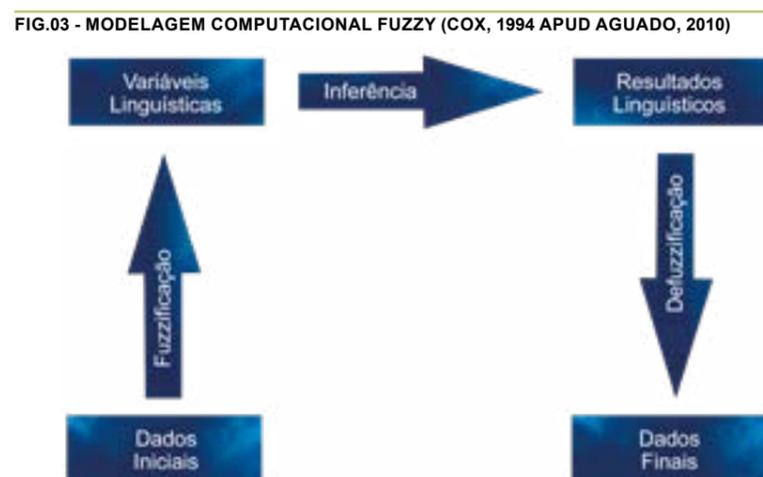
d) Base de Regras

A construção da Base de Regras é ponto nevrálgico do sistema e deve ser consultado um especialista da área em estudo para que os resultados sejam precisos e pertinentes. É utilizada para operar de maneira correta os conjuntos Fuzzy, com o intuito de se obter os consequentes.

É necessário raciocínio coerente com o que se deseja modelar, devendo ser dividido em duas etapas: (1) avaliar o antecedente da regra, (2) aplica o resultado ao consequente (SIMÕES, 2007).

Computação Difusa

A modelagem computacional da lógica Fuzzy é realizada basicamente como apresentada na Figura 3, em que se destacam três grandes fases: Fuzzificação, Inferência / Base de Regras e Defuzzificação.



a) Modelo de Mandami

Para a inferência Fuzzy existem vários modelos propostos como o de Takagi-Sugeno e o modelo de Mandami. Neste texto abordaremos o modelo de Mandami por ser este o mais utilizado.

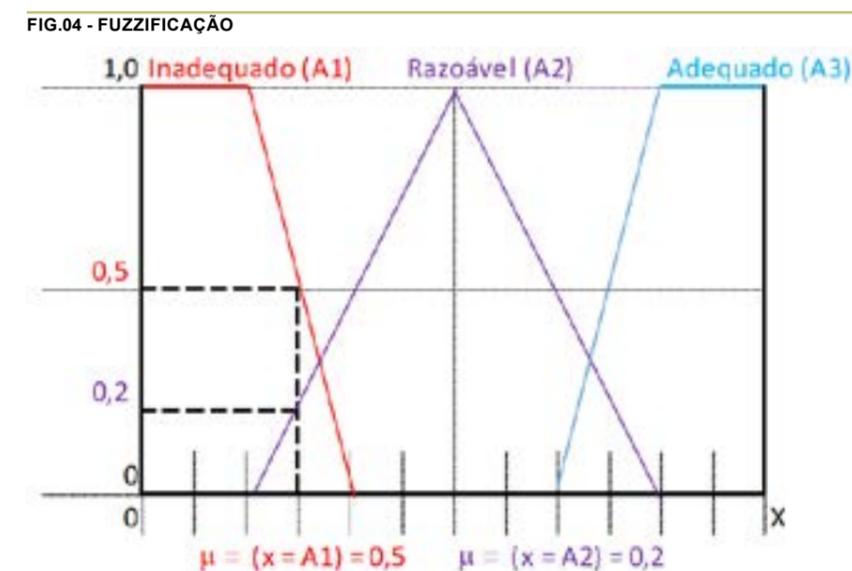
O Modelo de Mandami foi criado pelo professor Ibraim Mandami da Universidade de Londres em 1975, baseando-se em regras de conjunto Fuzzy no intuito de representar experiências da vida real.

Para a construção deste sistema foi definido um processo de raciocínio dividido em três passos: Fuzzificação, Inferência, Defuzzificação (como já apresentado no esquema do item anterior). A etapa de Inferência possui duas etapas: Avaliação das regras Fuzzy e Agregação das Regras Fuzzy. (SIMÕES, 2007).

b) Fuzzificação

Fuzzificação significa usar as funções de pertinência das variáveis linguísticas para calcular o grau com que cada variável pertence a cada um dos conjuntos fuzzy envolvidos no processo. É o primeiro passo do sistema lógico fuzzy e corresponde a transformação dos dados de entrada iniciais em suas respectivas variáveis linguísticas. Nesta etapa todas as incertezas associadas a estas variáveis devem ser consideradas.

Como anteriormente colocado aqui existe a necessidade de que especialistas da área estudada sejam consultados durante a atribuição de valores relacionados aos graus de pertinência para cada uma das variáveis em estudo, para melhor precisão dos resultados (SIMÕES, 2007)



Na Figura 4 é possível observar os seguintes valores para os Graus de Pertinência dos conjuntos fuzzy definidos como:

- Inadequado (A1) = 0.5
- Razoável (A2) = 0.2
- Adequado (A3) = Zero.

Linguisticamente, pode-se considerar a situação hipotética do exemplo da Figura 4 como “praticamente inadequado a levemente razoável” (Graus de Pertinência 0.5 e 0.2 respectivamente). O resultado da fuzzificação é utilizado como entrada para as regras fuzzy.

c) Inferência

A finalidade da inferência Fuzzy é relacionar as possíveis variáveis entre si, através de uma base de regras pré-estabelecidas, conforme objetivos do algoritmo. Pode-se separar esta fase em dois componentes: Avaliação das Regras Fuzzy e Agregação.

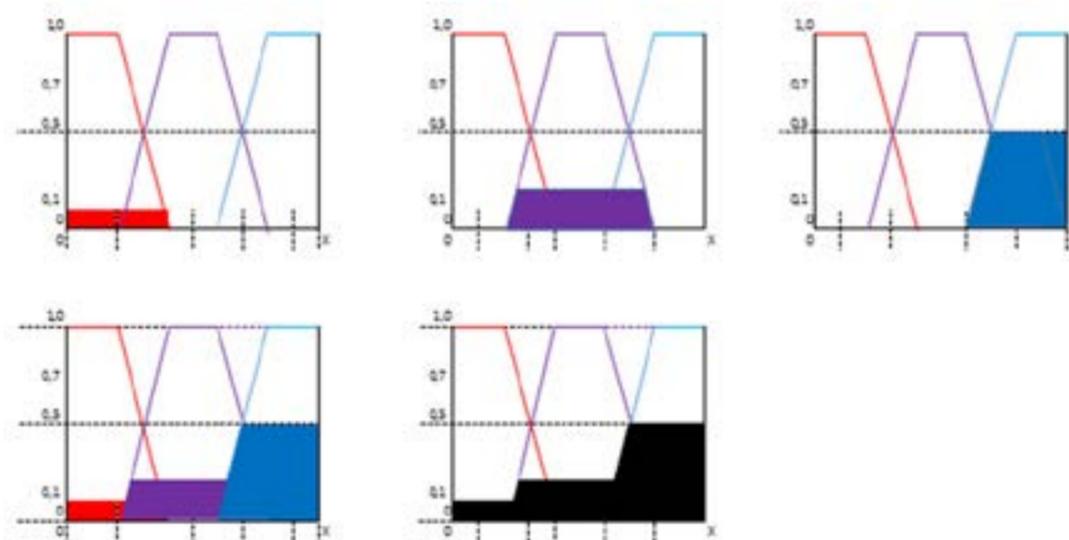
A avaliação das regras Fuzzy: após a obtenção das entradas fuzzificadas, as mesmas devem ser aplicadas nos antecedentes (parcela “SE”), obtendo assim o valor do conseqüente (parcela “ENTÃO”) para cada uma das regras. Para os antecedentes compostos, os operadores lógicos AND e OR são utilizados para obter um único resultado. No caso do operador OR é utilizada a união (maior grau de pertinência) e no caso do operador AND é utilizada a intersecção (menor grau de pertinência).

Depois de se obter um único valor do antecedente, é necessário obter o valor do conseqüente, através de um método de correlação dos mesmos, sendo o mais comum conhecido como clipped, onde o conseqüente é “cortado” para o nível de valor verdade do antecedente da regra avaliada, ou seja, o valor obtido é simplesmente passado para o conseqüente da regra (SIMÕES, 2007).

- if [X is A3(0) or Y is (B1(0,1))] then [Z is C1(0,1)]
- if [X is A2(0.2) and Y is (B2(0.7))] then [Z is C2(0.2)]
- if [X is A1(0.5)] then [Z is C3(0.5)]

Agregação das regras: nesta etapa são agregadas todas as funções membro dos conseqüentes de cada regra em um único conjunto Fuzzy, que será depois utilizado na etapa de defuzzificação para a obtenção da solução do algoritmo.

FIG.05 - AGREGAÇÃO DAS REGRAS FUZZY



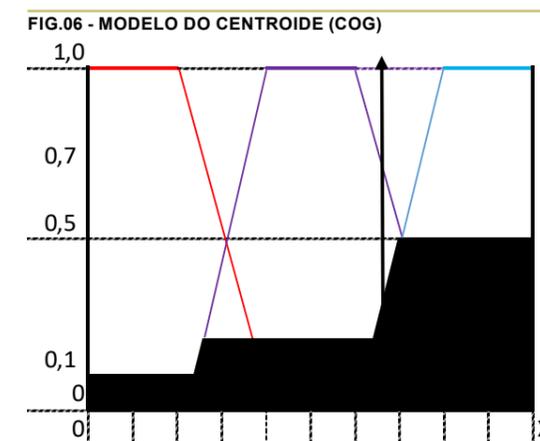
d) Defuzzificação

Para se ter um resultado numérico é necessário defuzzificar a saída obtida na etapa anterior. Neste processo ocorre a conversão difuso para escalar, e as informações qualitativas passam a ser expressas em informação quantitativa (numérica).

Os métodos de defuzzificação mais utilizados são os do Centro de Área (CoA), o do Centro de Máximos (CoM), Média dos Máximos (MoM) e o do Centróide (CoG) para citar alguns (Nicoletti, 2009).

Como exemplo o método do centróide (CoG) (equação 1), em se obtém o ponto onde uma linha vertical divide ao meio um conjunto agregado, sendo este o valor de saída (Figura 6).

$$CoG = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x) \cdot x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (1)$$



ESTUDO DE CASO

Descrição da proposta

Para exemplificar de maneira prática esta teoria foi realizado um estudo de caso em que foi utilizada a Lógica Fuzzy para a avaliação de um imóvel urbano.

O resultado desta avaliação foi comparado com o obtido através da inferência estatística, método este já consagrado para avaliação de um imóvel.

O intuito deste exemplo é apresentar, de forma didática e o mais simples possível, a aplicação desta lógica, permitindo a comparação dos resultados com as metodologias tradicionais.

Para um exemplo mais complexo da aplicação dessa teoria, envolvendo variáveis ambientais, recomenda-se a leitura do trabalho de BOLINELLI JR., 2015.

O estudo de caso foi dividido e discutido nos seguintes tópicos:

- Descrição do imóvel avaliando;
- Avaliação do imóvel avaliando conforme a ABNT NBR 14.653-2:2011 Método

Comparativo Direto de Dados de Mercado: Técnica Inferência Estatística, com a utilização do sistema SISDEA® da Pelli Sistemas Ltda., versão 1.24;

- Avaliação do Imóvel avaliando utilizando a Lógica Fuzzy, no software MatLab®, modelo de Mandami;
- Comparação dos resultados obtidos por cada uma das metodologias acima.

Imóvel Avaliando

Trata-se de empreendimento residencial multifamiliar, localizado na cidade de São Paulo (capital), próximo a Avenida Paulista e foi concluído em 2009.

O terreno referente ao imóvel em estudo possui configuração retangular, frente única para a rua, encerrando área total de 1.225,00 m² e frente de 49.0 m.

Sobre referido terreno está erguido um empreendimento composto por uma torre de 9 andares, 3 sobressolos para garagem, equipamentos sociais e cobertura com ático e piscina, com área total de construção de 7.690,90 m², totalizando 93 unidades autônomas habitacionais de 01 dormitório, 106 vagas de garagem, 3 elevadores, piscina, hidromassagem, sauna, espaço zen, sala yoga, churrasqueira, espaço cyber, salão de festas, espaço gourmet, salão de jogos, sala de ginástica.

Avaliação: Método Comparativo Dados Mercado: Inferência Estatística

Para a realização desta avaliação pelo Método Comparativo de dados de Mercado, com a utilização da Regressão Linear, foram pesquisados 25 elementos.

Observa-se que os dados amostrais se referem a valores pretéritos. Isso se justifica por não ser objeto deste a indicação de valores para o imóvel, mas a comparação entre metodologias de cálculo.

Após os testes estatísticos, concluiu-se que as variáveis que mais contribuem para a formação do preço unitário (por m² de área) são:

Área Privativa (m²): área privativa da unidade habitacional. Variável quantitativa contínua.

Idade: idade da construção. Variável dicotômica sendo: 0 para empreendimentos com mais de 5 anos de construção e 1 para empreendimento com até 5 anos de construção (inclusive).

Oferta: Indica se tratar de oferta ou de transação efetivamente concretizada. Variável dicotômica sendo: 0 (zero) para venda e 1 (um) para oferta.

Localização: Indica se o empreendimento está situado em área mais valorizada ou em área mais desvalorizada. Variável dicotômica sendo 0 (zero) para área mais desvalorizada e 1 (um) para área mais valorizada.

Avaliação: Lógica Fuzzy

Para a realização desta avaliação com a utilização da Lógica Fuzzy foi considerada a mesma pesquisa do item anterior.

Decidiu-se pela utilização das variáveis independentes:

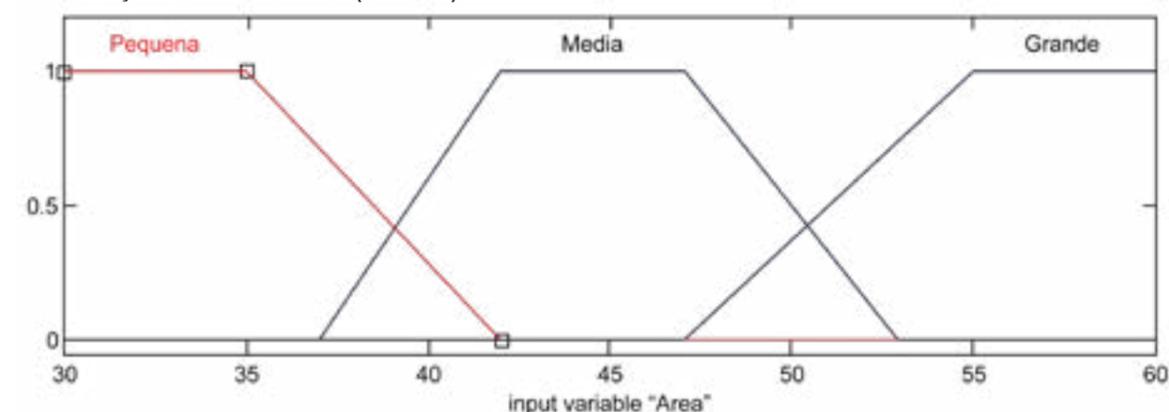
- Área Privativa (m²): Variável qualitativa que representa a área privativa da unidade habitacional em função da percepção que o tamanho passa. Será utilizada na escala pequena, média, grande.
- Padrão: variável qualitativa que, de forma subjetiva, indica se o imóvel possui qualidades como: ser novo, estado de conservação aparente, possuir arquitetura mais contemporânea ou antiga, infraestrutura e equipamentos disponíveis. Esta variável substitui a variável idade utilizada no método feito por inferência estatística. Será utilizado na escala: Velho (ou antigo); Normal, Bom (ou moderno).
- Localização: variável qualitativa que indica a percepção da qualidade do local, microrregião, em que o imóvel está inserido, buscando considerar valores como: trânsito, aparência, ruídos, vizinhança, infraestrutura, disponibilidade, segurança, comportamento local. Será utilizado na escala: Ruim, Médio, Bom.

A variável oferta, utilizada na inferência estatística, não foi aqui considerada por representar uma variável dicotômica não passível de interpretação subjetiva e porque o modelo foi construído já para valores de venda.

Para as variáveis utilizadas definiram-se as relações de pertinência com a utilização do software Matlab®, como se segue:

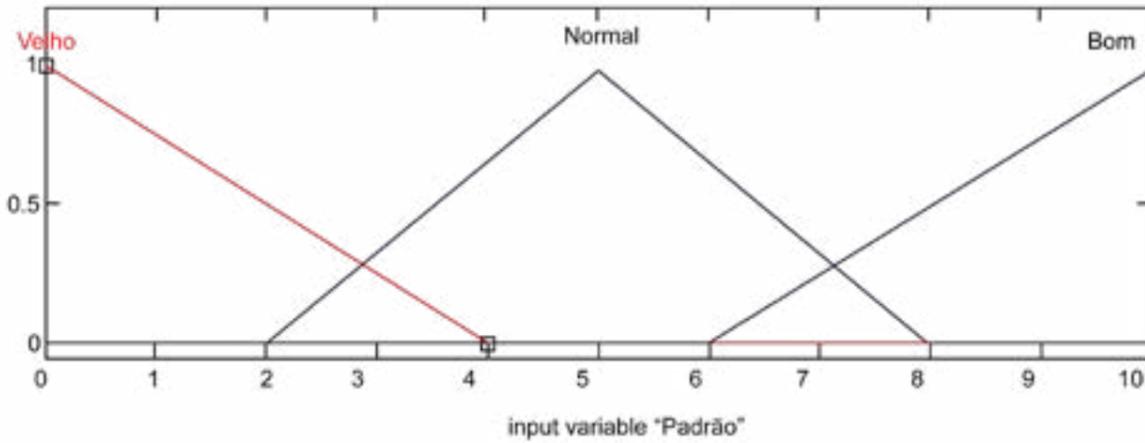
Área: com escala de 30 m² a 60 m².

FIG.07 - FUNÇÃO PERTINÊNCIA: ÁREA (ENTRADA).



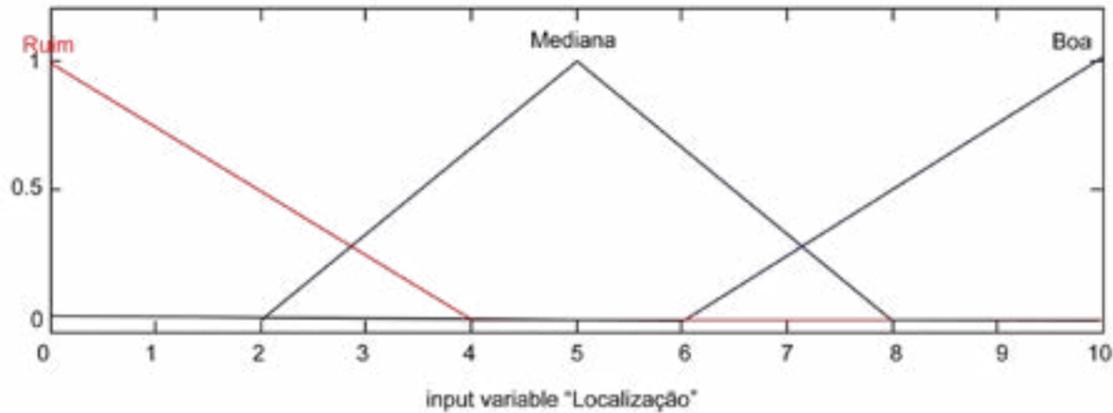
Padrão: com escala de 0 a 10.

FIG.08 - FUNÇÃO PERTINÊNCIA: PADRÃO (ENTRADA).



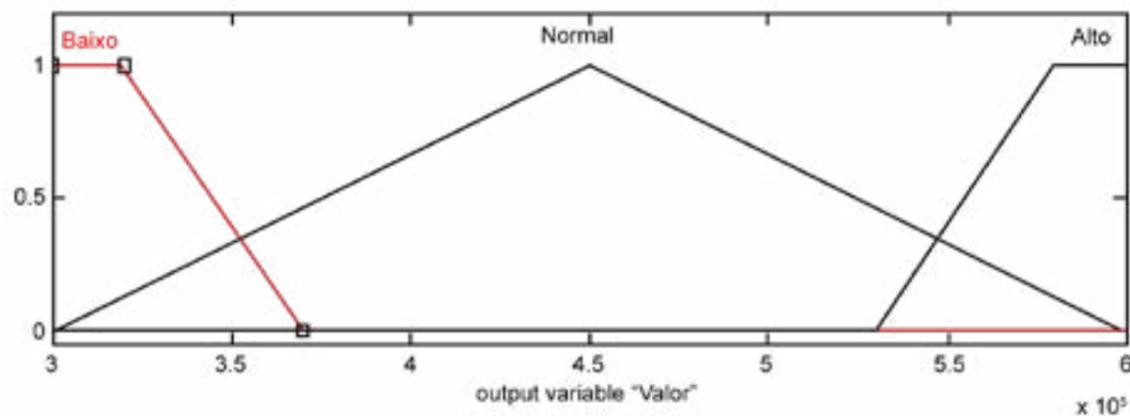
Localização: com escala de 0 a 10

FIG.09 - FUNÇÃO PERTINÊNCIA: LOCALIZAÇÃO (ENTRADA).



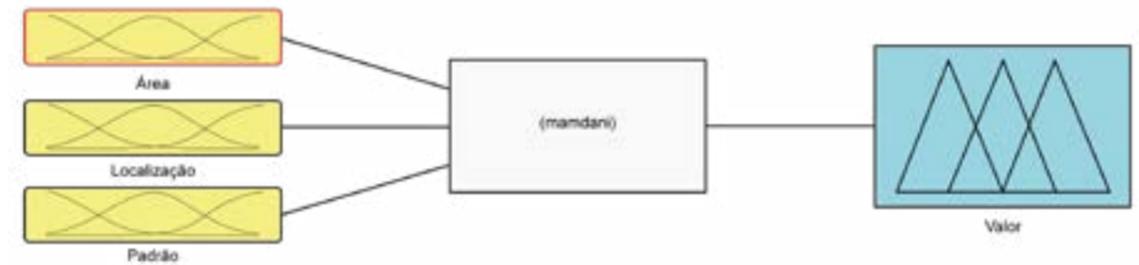
Valor: com escala de 300.000,00 a 600.000,00

FIG.10 - FUNÇÃO PERTINÊNCIA: VALORES (SAÍDA).



O Modelo foi concebido com a metodologia proposta por Mandami:

FIG.11 - MODELO FUZZY - MANDAMI.



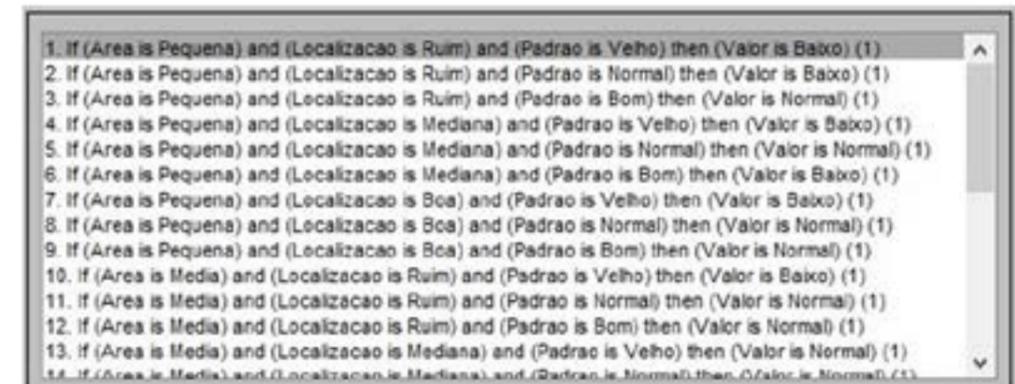
Para esta avaliação foram consideradas 30 proposições para sua base de regras (que descrevem as relações entre as variáveis linguísticas (subjetivas) e os conjuntos Fuzzy, utilizando-se conectivos lógicos).

Tabela 1 Exemplos de algumas regras utilizadas:

Regras	Área	Localização	Padrão	Valor
1	Pequena	Ruim	Velho	Baixo
5	Pequena	Média	Normal	Normal
11	Média	Ruim	Normal	Normal

No Matlab:

FIG.12 - BASE DE REGRAS.



Resultados: comparação

Avaliação do imóvel: Inferência Estatística

Da avaliação pelo Método Comparativo Direto de Dados do Mercado, utilizando-se a técnica da Inferência Estatística, o valor de mercado calculado para o imóvel avaliando está indicado na Tabela 2.

Tabela 2 Valores de Mercado para o imóvel avaliando pelo MCDDM: Inferência estatística

Valor	Mínimo (3.86%)	Calculado	Máximo (3.86%)
Total R\$	421.288,02	438.208,61	455.129,20
Unitário R\$/m ²	10.532,20	10.955,22	11.378,23

Foram utilizados 21 elementos amostrais dos 25 pesquisados inicialmente, obtendo-se um Coeficiente de Correlação de 93.93%, Coeficiente de Determinação de 88.23,3%, sendo que quanto a especificação foi enquadrado no Grau de Fundamentação 2 e Grau de Precisão 3.

O modelo foi verificado quanto aos seus pressupostos básicos, conforme preconizado pela norma ABNT NBR 14.653-2, estando os mesmos atendidos.

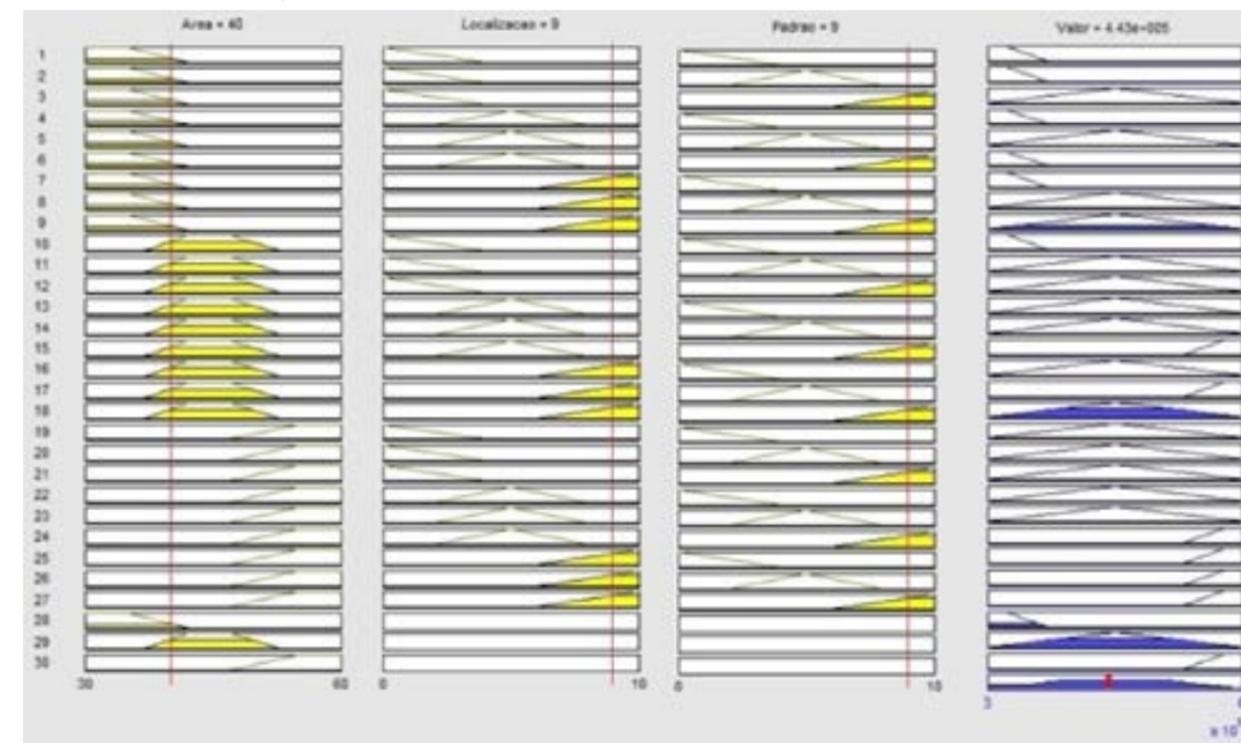
Avaliação do Imóvel: Modelagem Fuzzy

Para o imóvel avaliando foi considerado os seguintes valores para entrada no modelo utilizando a Lógica Fuzzy:

- Área Privativa: Entre pequena e média (40,00 m²).
- Padrão: Bom (imóvel com 5 anos de construção, ótimo estado de conservação, arquitetura moderna, possui total infraestrutura interna com lazer, piscinas, sauna, sala ginástica, sala gourmet, churrasqueira, paisagismo).
- Localização: Bom (o imóvel está situado a cerca de 300 metros da Avenida Paulista, obtendo os benefícios que esta importante referência da cidade de São Paulo proporciona, porém, devido à característica de sua localização, não recebe os impactos negativos que esta via tem: trânsito, barulho, manifestações).

Com estes dados o valor da avaliação pelo modelo gerado pela Lógica fuzzy foi de R \$ 443.000,00 (quatrocentos e quarenta e três mil reais).

FIG.13 - VALOR AVALIAÇÃO PELO MODELO GERADO PELA LÓGICA FUZZY.



Avaliação do Imóvel: Comparação Resultados

Comparando-se os valores obtidos entre as duas metodologias, temos para o imóvel avaliando:

Tabela 3 Valores de Mercado para o imóvel avaliando pelo MCDDM: Inferência Estatística e Modelagem Fuzzy

MÉTODO	R\$	Diferença %
INF. ESTATÍSTICA	438.208,61	-
MOD. FUZZY	443.000,00	1.09%

CONCLUSÕES

O objetivo principal deste texto, como apresentado inicialmente, é o de dar uma visão geral da utilização da Teoria Fuzzy e suas aplicações para a Engenharia de Avaliações, procurando assim contribuir para a divulgação e a aplicação desta teoria na Avaliação de Imóveis.

De maneira resumida apresentou-se esta teoria, um pouco de seu histórico, e como pode contribuir com as avaliações de imóveis, principalmente quando variáveis incertas, imprecisas estão envolvidas.

Dentre as várias situações possíveis que podem ocorrer na avaliação de imóveis, este texto apresentou um estudo de caso no qual foram comparados os resultados de duas avaliações: uma pelo método tradicional e outra pela Lógica Fuzzy, mais precisamente dos Conjuntos Fuzzy.

O MCDDM com a utilização da inferência estatística serviu como base comparativa, visto ser método já consagrado e utilizado no dia a dia das avaliações de imóveis.

No estudo de caso apresentado observa-se diferença pouco significativa (1,09%) entre as avaliações feitas com a inferência estatística (regressão linear) e o modelo Fuzzy proposto, o que mostra a possibilidade dessa metodologia mesmo em avaliações comuns ao dia a dia do avaliador, desde que as variáveis sejam adequadamente tratadas.

Já a metodologia pela Lógica Fuzzy, por ser ainda pouco aplicada, necessita ter seus resultados analisados com parcimônia, sendo que a repetição de trabalhos como este pode vir a subsidiar uma metodologia que tem se mostrado eficiente principalmente quando fatores subjetivos estão envolvidos.

Aqui cabe, talvez, a maior utilidade desta teoria na avaliações de imóveis: a Lógica Fuzzy tem aplicação importante quando variáveis subjetivas, que expressem qualidade e a incerteza na expressão destas, estão envolvidas na análise, tais como as que ocorrem em análises econômicas e que envolvam as variáveis ambientais (BOLINELLI JR, 2015).

Ainda não há muitos trabalhos publicados sobre esse assunto, mas espera-se que isso mude nos próximos anos com o aumento pelo interesse por esta área do conhecimento e sua contribuição para a solução de determinados problemas.

Para o sucesso da utilização da Lógica Fuzzy, é necessário observar que as relações de pertinência e a base de regras precisam ser tecnicamente estudadas, e construídas, validadas por profissional com expertise na área (no caso aqui, em engenharia de avaliações), e que seja conhecedor do mercado ao qual o imóvel está inserido. A participação deste profissional é que garantirá o sucesso da aplicação deste método e a pertinência de seus resultados.

Outro fator a considerar é a necessidade, pela própria complexidade de aplicação do método, da utilização de um software que aplique a Lógica Fuzzy na realidade do mercado de Avaliação de Imóveis, para permitir que seu uso seja aplicado de maneira adequada e efetiva, lacuna esta que existe hoje nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14653-1:2001: Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 14653-2:2011: Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, 2011.

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHED, Marco André. Lógica Fuzzy. Artigo. 2010. Disponível em < www.ft.unicamp.br>. Acessado em 10/02/2014.

BOLINELLI JR, Hermes Luiz. XXXXX. In: COBREAP, XVIII. 2015, Belo Horizonte/BH.

CALDEIRA, André Machado et al. Inteligência Computacional: Aplicada a Administração, Economia e Engenharia em Matlab. São Paulo: Thomson, 2007. 370 p.

DANTAS, Rubens Alves. Engenharia de Avaliações: uma introdução À metodologia científica. 1. Ed. São Paulo: PINI, 1998. 251 p.

DUARTE, André Augusto Azevedo Montenegro, et al. Um novo enfoque na engenharia de avaliações: o método do entendimento racional. In: COBREAP, XIV. 2007, Salvador/BA. Disponível em <http://www.mrcl.com.br>. Acesso em 10/02/2014, 21 p.

FUZZYTECH. INFORM GmbH and Inform Software Corporation. Conjunto de programas. Software. Library. Disponível em < http://www.fuzzytech.com/>. Acesso em: 10 fev 2014.

HOCHHEIM, Norberto; UBERTI, Marlene Salete. Uso de variáveis ambientais na avaliação de imóveis urbanos: uma contribuição a valoração ambiental. In: COBREAP, XI. 2001, Guarapari/ES. Disponível em <http://www.mrcl.com.br>. Acesso em 10/02/2014, 21 p.

IBAPE/SP. INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS: Avaliação de Imóveis Urbanos. São Paulo, 2010.

PELLI NETO, Antônio. Intervalos de confiança, intervalos de predição e campo de arbítrio nas avaliações de imóveis urbanos. Artigo. 2010. Disponível em <www.pellisistemas.com.br>. Acesso em 10/02/2014, 17 p.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S.. Controle e Modelagem Fuzzy. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 186 p.

Mini-CV – Hermes Luiz Bolinelli Junior

É formado em Engenharia Civil e Processamento De Dados. Possui Mestrado em Engenharia Industrial e Especialização em Perícias de Engenharia e Avaliações; Big Data Analytics e Gestão Ambiental. Atua com avaliações de imóveis desde 1997 e está na CAIXA desde 2008. É instrutor Caixa e também ministra cursos de pós na área de perícias e avaliações. Trabalho sobre Lógica Fuzzy e variáveis ambientais premido no XVIII Cobreap-BH, medalha “Hélio de Caíres”, melhor trabalho na área.

RESUMO

O Método Evolutivo trata-se de alternativa ao Avaliador quando o imóvel se encontra em situação de ausência ou pouca quantidade de dados assemelhados à disposição no mercado, neste caso, com dificuldade para aplicação do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, como descrito na ABNT NBR 14653-2:2011, sendo obrigado a recorrer a outra Metodologia Avaliatória. Desta forma, quando é necessária a determinação do valor de mercado de compra e venda, o Método Evolutivo se apresenta como uma solução bastante interessante, devido a sua simplicidade e possibilidade de aplicação em diversas situações de avaliação imobiliária. O objetivo deste trabalho é apresentar as principais características, definições, descrições e exemplo prático do Método Evolutivo.

Palavras-chave: Método Evolutivo, Método da Quantificação do Custo das Benfeitorias, Fator de Comercialização, Avaliação de Imóveis.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Método Evolutivo é considerado como método eletivo para a avaliação de imóveis cujas características “sui generis” impliquem a inexistência de dados de mercado em número suficiente para a aplicação unicamente do Método Comparativo Direto de dados de mercado. Desta forma, o princípio do Método é separar o imóvel em duas partes: Terreno e Benfeitorias existentes, que terão seus valores calculados separadamente.

Entretanto, diferente do que a maioria das pessoas pensa o valor de mercado do imóvel não deve ser obtido somente somando-se valor do terreno ao custo das benfeitorias, pois é necessário quantificar o valor que o mercado acrescenta ou desconta da soma das parcelas de terreno e benfeitorias, em razão das condições de mercado vigentes, tipologia e adequabilidade das edificações na localização do imóvel.

Para exemplificar, sob o ponto de vista de um investidor/construtor imobiliário, imaginemos que uma determinada casa tenha um custo para execução das Benfeitorias de R\$ 100.000,00, sendo que estas benfeitorias sem encontram construídas sobre um terreno com valor atribuído de R\$ 50.000,00, assim o somatório das partes totaliza R\$150.000,00 e trata-se do valor a ser investido no negócio. A pergunta que poderia ser efetuada é a seguinte: O investidor venderia

esta casa por R\$150.000,00?

Provavelmente, se o valor de mercado da casa a ser construída for de exatos R\$ 150.000,00 ou menos, em nada seria atrativa a construção da casa pelo investidor, pois não haveria retorno financeiro algum, representando que a conjuntura do mercado imobiliário vigente em nada remunera o capital investido no negócio. Em suma, o investimento não possui viabilidade econômica.

A situação favorável para o investidor ocorre quando o Valor de Mercado atribuído ao imóvel ultrapassar a soma de R\$ 150.000,00, representando retorno financeiro positivo no negócio. Desta forma, quanto mais positiva a diferença entre o Valor de Mercado e o capital investido, melhor é a atratividade dos empreendedores para a construção, face à tendência de valorização dos preços dos imóveis no mercado local.

Desta forma, para determinação do valor de mercado do imóvel, o Método Evolutivo necessita aplicação de fator de “conversão” – denominado Fator de Comercialização (FC), no valor resultante da soma das partes do imóvel (terreno + benfeitorias), para se levar em conta a situação em que se encontra o mercado imobiliário local, em função das características físicas e de localização do imóvel avaliado. Pois o valor de mercado pode ser menor, igual ou maior aquele atribuído as suas partes individuais.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada é a conjugação de métodos, onde o valor do terreno é estimado pelo Método Comparativo Direto de Dados de Mercado e o custo de reedição da benfeitoria pelo Método da Quantificação de Custo (custo de reprodução das benfeitorias devidamente depreciadas). Como segue, o imóvel é dividido em duas partes:

O terreno, com seu Valor do Terreno (VT) determinado através do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, obtido através de levantamento amostral de terrenos vendidos ou à venda no mercado em análise;

“O Método Comparativo Direto de Dados de Mercado é o mais utilizado e recomendado por permitir a determinação do valor levando em consideração as diferentes tendências e flutuações do mercado imobiliário, onde são pesquisados imóveis assemelhados, com características intrínsecas e extrínsecas e os atributos que exercem influência na formação dos preços e, conseqüentemente, no valor, sendo estes ponderados por Inferência Estatística.” (Dantas;2004).

O Custo de Reedição da Benfeitoria (CB), determinado através da aplicação do método comparativo direto de custo ou método da quantificação de custo;

Visando obter o valor de mercado deve se associar ao valor obtido (VT + CB) a um fator de comercialização.

2.1 FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO (FC)

O Fator de Comercialização pode ser maior ou menor que 1(um), indicando a adequação e o aproveitamento das benfeitorias à vocação do terreno e ao mercado, considerando-se aspectos de liquidez, local analisado, tipologia do imóvel, desempenho e tendências mercadológicas.

O processo para determinação do FC é o determinante para a utilização correta do Método Evolutivo, pois este deve refletir adequadamente o comportamento do mercado imobiliário, para emissão de laudos de avaliação com maior consistência.

Encontra-se na determinação correta do FC a maior dificuldade na aplicação deste método, pois existe reduzida orientação bibliográfica específica da forma de sua determinação, sendo o FC em muitas vezes ignorado ou então arbitrado aleatoriamente, sob risco de obter resultados de avaliação não adequados à realidade do mercado local.

Segundo a tabela 10 – Grau de Fundamentação, no caso da utilização do



método evolutivo – item 3 - da ABNT NBR 14653-2:2011, o Fator de Comercialização para os respectivos graus de fundamentação pode ser:

- a) Grau III – Inferido de mercado semelhante
- b) Grau II – Justificado
- c) Grau I – Arbitrado

Assim, a norma permite que o avaliador arbitre o FC, sendo que esta opção reduz o grau de fundamentação da avaliação, sendo preferível, quando existirem dados suficientes, inferir o valor do FC em mercado semelhante.

2.2 REEDIÇÃO DAS BENFEITORIAS

A reedição das benfeitorias é feita pela verificação do custo da benfeitoria nova, estimada por índices unitários de construção ou por orçamento. Posteriormente determina-se a depreciação das benfeitorias pela tabela de Ross-Heidecke, utilizando-se como dados de entrada nessa tabela, o estado de conservação e a idade aparente do imóvel avaliando.

A ABNT NBR 14.653-2 apresenta no item 8.2.4 a composição do valor total do imóvel avaliando obtido através da conjugação de métodos, a partir do valor do terreno, considerando o custo de reprodução das benfeitorias devidamente depreciada e o fator de comercialização, conforme segue:

$$\text{EQUAÇÃO (1)} \\ VI = (VT + CB). FC$$

Onde:

VI é o valor do imóvel;

VT é o valor do terreno;

CB é o custo de reedição da benfeitoria;

FC é o fator de comercialização.

Diante desta expressão, também podemos concluir, que uma vez obtidos o valor do imóvel e o valor do terreno, é possível calcular o fator de comercialização pela equação 2, a seguir:

$$\text{EQUAÇÃO (2)} \\ FC = \frac{VI}{(VT + CB)}$$

Segundo Dantas (2005), a aplicação do Método Evolutivo, deve seguir as seguintes etapas:

- a) Estimação do Valor do Terreno (VT): o valor do terreno deve ser estimado pelo Método Comparativo Direto de Dados de Mercado ou, na impossibilidade deste, pelo Método Involutivo.
- b) Estimação do Custo de Reedição das Benfeitorias (CB): o custo de reedição das benfeitorias existentes sobre o terreno deve ser apropriado com base no método comparativo direto de custo ou pelo método da quantificação de custo aliado a métodos técnicos de depreciação física, geralmente utilizado o Método de Ross Heidecke, que leva em consideração vida útil, idade e estado de conservação do imóvel.
- c) Estimação do Fator de Comercialização (FC): o fator de comercialização deve ser estimado pelo método comparativo de dados de mercado, ou até mesmo arbitrado no Grau I de fundamentação, admitindo-se que este pode ser maior ou menor que a unidade, em função do local analisado, da tipologia do imóvel e da conjuntura do mercado imobiliário à época da avaliação.

Segundo Nelson Nohr, uma vez efetuada uma pesquisa de imóveis similares ao avaliando, calcula-se o valor de comercialização médio, que é aplicado ao custo de reprodução (terreno + construções) do imóvel objetivo da avaliação. É de se observar que na determinação do custo da construção, podemos levar em conta apenas os custos intrínsecos da edificação. As parcelas relativas ao lucro do empreendedor e eventuais despesas de comercialização estarão implícitas no fator de comercialização.

Será considerado que o leitor deste artigo já possui conhecimentos, no mínimo básico, quanto à aplicação do Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, para a determinação do valor do terreno e do FC. Ambos os métodos são considerados pré-requisitos essenciais para se executar avaliações imobiliárias através do Método Evolutivo.

2.3 MÉTODO DA QUANTIFICAÇÃO DO CUSTO

Segundo a NBR 14653-2:2011, seu item 8.3.1.1 indica a execução das etapas que seguem para a estimação dos custos das benfeitorias:

- a) Vistoria: possui como objetivo principal examinar as especificações dos materiais aplicados, determinação do seu padrão construtivo, tipologia, o estado de conservação e sua idade aparente. Conforme Dantas (2005), é importante dispor de documentação a respeito do imóvel, tais como: plantas, matrículas, escrituras e outros, de modo a permitir a confrontação da realidade existente “In Loco” com os documentos existentes.
- b) Cálculo da área equivalente de construção

Na página 20 da NBR 14653-2:2011, para a aplicação do método da quantificação do custo é preciso determinar a área equivalente de construção, que dever ser calculada conforme a fórmula que segue, segundo o previsto na NBR 12721:

EQUAÇÃO (3)

$$S = Ap + \sum_i^n (Aq_i \cdot P_i)$$

Onde:

S é a área equivalente de construção;

Ap é a área construída padrão;

Aqi é a área construída de padrão diferente;

Pi é o percentual correspondente à razão entre o custo estimado da área de padrão diferente e o custo da área padrão, de acordo com os limites estabelecidos na NBR 12721.

A fórmula é utilizada quando existirem áreas construídas que possuam padrão de acabamento diferente daquela considerada padrão da edificação, como: garagens em subsolo, salas sem acabamento, loja sem acabamento, varandas, terraços, áreas descobertas sobre lajes, piscinas, quintais, calçadas etc.

c) Estimação do Custo de Construção

Para a estimação do custo de construção, a NBR 14653-2:2011, determina a aplicação da fórmula que segue:

EQUAÇÃO (4)

$$C = \left[CUB + \frac{OE + OI + (OFe - OFd)}{S} \right] (1 + A)(1 + F)(1 + L)$$

Onde:

C é o custo unitário de construção por metro quadrado de área equivalente de construção;

CUB é o custo unitário básico;

OE é o orçamento de elevadores;

OI é o orçamento de instalações especiais e outras, tais como geradores, sistemas de proteção contra incêndio, centrais de gás, interfonos, antenas coletivas, urbanização, projetos etc;

OFe é o orçamento de fundações especiais;

OFd é o orçamento de fundações diretas;

S é a área equivalente de construção, de acordo com a ABNT NBR 12721;

A é a taxa de administração da obra;

F é o percentual relativo aos custos financeiros durante o período de construção;

L é o percentual correspondente ao lucro ou remuneração da construção;

Quando fazemos a multiplicação de C pela área equivalente da construção obtemos o custo de reprodução das benfeitorias (C_{rep}).

d) Depreciação Física

A depreciação física significa a “perda de valor” de um bem, devido às condições de modificação do seu estado de conservação, devidas à decrepitude, deterioração, mutilação ou obsolescimento.

De acordo com a ABNT NBR 14653-2:2011, em seu item 8.3.1.3, a depreciação física pode ser realizada através de forma analítica, por meio de orçamento necessário à recomposição do imóvel a sua condição de novo – ou por intermédio de aplicação de um coeficiente de depreciação, considerando sua idade e estado de conservação.

O método de depreciação utilizado, na maioria dos trabalhos técnicos avaliatórios, é o conhecido como Ross-Heidecke, no qual o coeficiente de depreciação produz os melhores resultados, sendo o valor da depreciação dado a partir da equação abaixo:

EQUAÇÃO (5)

$$D = (1 - K) * CD$$

Onde:

D é o valor da depreciação;

K é o coeficiente de depreciação;

CD é o custo depreciável;

No quadro 01 é possível identificar a referência do Estado de Conservação, que varia de a (Nova) até i (sem valor), em função das características físicas das benfeitorias encontradas na vistoria efetuada no imóvel.

QUADRO 01

Ref.	ESTADO DA EDIFICAÇÃO:	Depreciação (%)	Características
a	Nova	0,00	Edificação nova ou com reforma geral e substancial, com menos de dois anos, que apresente apenas sinais de desgaste natural da pintura externa.
b	Entre nova e regular	0,32	Edificação nova ou com reforma geral e substancial, com menos de dois anos, que apresente necessidade apenas de uma demão leve de pintura para recompor a sua aparência.
c	Regular	2,52	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado apenas com reparos de eventuais fissuras superficiais localizadas e/ou pintura externa e interna.
d	Entre regular e necessitando reparos simples	8,09	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado com reparo de fússuras e trincas localizadas e superficiais e pintura interna e externa.
e	Necessitando de reparos simples	18,10	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural. Eventualmente, revisão do sistema hidráulico e elétrico.
f	Necessitando de reparos de simples a importantes	33,20	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um, ou de outro cômodo. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas da cobertura.
f	Necessitando de reparos de simples a importantes	33,20	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um, ou de outro cômodo. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas da cobertura.
g	Necessitando de reparos importantes	52,60	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a substituição das peças aparentes. A substituição dos revestimentos de pisos e paredes, da maioria dos cômodos, se faz necessária. Substituição ou reparos importantes na impermeabilização ou no telhado.
h	Necessitando de reparos importantes a edificação sem valor	75,20	Edificação cujo estado geral seja recuperado com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas. Substituição das instalações hidráulicas e elétricas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização ou do telhado.
i	Sem valor	100,00	Edificação em estado de ruína.

Fonte: IBAPE/SP (2002)

O Custo Depreciável (CD) deve ser o resultado do cálculo da diferença entre o Custo de Reprodução (C_{rep}), já definido no item anterior, e o Custo Residual (C_{res}), que pode ser obtido da tabela 1 que segue.

TABELA 1

CLASSE	TIPO	PADRÃO	VIDA REFERENCIAL - l,- (anos)	VALOR RESIDUAL - "R" -(%)
RESIDENCIAL	BARRACO	RÚSTICO	5	0
		SIMPLES	10	0
	CASA	RÚSTICO	60	20
		PROLETÁRIO	60	20
		ECONÔMICO	70	20
		SIMPLES	70	20
		MÉDIO	70	20
		SUPERIOR	70	20
		FINO	60	20
		LUXO	60	20
	APARTAMENTO	ECONÔMICO	60	20
		SIMPLES	60	20
		MÉDIO	60	20
		SUPERIOR	60	20
FINO		50	20	
LUXO		50	20	
COMERCIAL	ESCRITÓRIO	ECONÔMICO	70	20
		SIMPLES	70	20
		MÉDIO	60	20
		SUPERIOR	60	20
		FINO	50	20
		LUXO	50	20
	GALPÕES	RÚSTICO	60	20
		SIMPLES	60	20
		MÉDIO	80	20
		SUPERIOR	80	20
	COBERTURAS	RÚSTICO	20	10
		SIMPLES	20	10
		SUPERIOR	30	10

Fonte: IBAPE/SP (2002)

Na equação (5) o coeficiente de depreciação K deve ser obtido da tabela 2 de depreciação de Ross-Heidecke, na qual se encontram diversos coeficientes de depreciação K, em função da idade relativa e do estado de conservação da benfeitoria.

TABELA 2

IR em % da VU	ESTADO DE CONSERVAÇÃO							
	a	b	c	d	e	f	g	h
2	0,990	0,987	0,985	0,910	0,811	0,661	0,469	0,245
4	0,979	0,976	0,955	0,900	0,802	0,654	0,464	0,243
6	0,968	0,965	0,944	0,890	0,793	0,647	0,460	0,240
8	0,957	0,954	0,933	0,879	0,784	0,639	0,454	0,237
10	0,945	0,942	0,921	0,869	0,774	0,631	0,448	0,234
12	0,933	0,930	0,909	0,867	0,764	0,623	0,442	0,231
14	0,920	0,917	0,897	0,848	0,754	0,615	0,436	0,228
16	0,907	0,904	0,884	0,834	0,743	0,608	0,430	0,225
18	0,894	0,891	0,871	0,821	0,732	0,597	0,424	0,222
20	0,880	0,877	0,858	0,809	0,721	0,588	0,417	0,218
22	0,866	0,863	0,844	0,795	0,709	0,578	0,410	0,215
24	0,851	0,848	0,830	0,782	0,697	0,569	0,403	0,211
26	0,838	0,834	0,815	0,769	0,685	0,560	0,396	0,207
28	0,821	0,818	0,800	0,754	0,672	0,548	0,389	0,204
30	0,805	0,802	0,785	0,740	0,659	0,538	0,382	0,200
32	0,789	0,786	0,769	0,725	0,646	0,527	0,374	0,196
34	0,772	0,770	0,753	0,710	0,632	0,516	0,366	0,192
36	0,755	0,753	0,736	0,694	0,619	0,504	0,358	0,187
38	0,738	0,735	0,719	0,678	0,604	0,490	0,350	0,183
40	0,720	0,718	0,702	0,662	0,590	0,481	0,341	0,179
42	0,702	0,700	0,684	0,645	0,575	0,468	0,333	0,174
44	0,683	0,681	0,666	0,628	0,560	0,456	0,324	0,169
46	0,664	0,662	0,647	0,610	0,544	0,444	0,315	0,165
48	0,645	0,643	0,629	0,603	0,538	0,431	0,306	0,160
50	0,625	0,623	0,609	0,574	0,512	0,418	0,296	0,156
52	0,605	0,603	0,590	0,556	0,495	0,404	0,287	0,150
54	0,584	0,582	0,569	0,537	0,478	0,390	0,277	0,145
56	0,563	0,561	0,549	0,518	0,461	0,376	0,267	0,140
58	0,542	0,540	0,528	0,498	0,444	0,362	0,257	0,134
60	0,520	0,518	0,507	0,478	0,426	0,347	0,246	0,129
62	0,498	0,496	0,485	0,458	0,408	0,333	0,236	0,123
64	0,475	0,474	0,463	0,437	0,389	0,317	0,225	0,118
66	0,452	0,451	0,441	0,416	0,370	0,302	0,214	0,112
68	0,429	0,427	0,418	0,394	0,351	0,286	0,203	0,106
70	0,406	0,404	0,396	0,372	0,332	0,271	0,192	0,100
72	0,381	0,380	0,371	0,350	0,312	0,254	0,180	0,094
74	0,356	0,355	0,347	0,327	0,292	0,238	0,169	0,088
76	0,331	0,330	0,323	0,304	0,271	0,221	0,157	0,082
78	0,306	0,305	0,298	0,281	0,250	0,204	0,145	0,076
80	0,280	0,279	0,273	0,257	0,229	0,187	0,133	0,069
82	0,254	0,253	0,247	0,233	0,208	0,170	0,120	0,063
84	0,227	0,226	0,221	0,209	0,186	0,152	0,108	0,056
86	0,200	0,200	0,196	0,184	0,164	0,134	0,096	0,050
88	0,173	0,172	0,168	0,160	0,142	0,116	0,082	0,043
90	0,146	0,146	0,141	0,133	0,119	0,097	0,069	0,036
92	0,117	0,116	0,114	0,107	0,096	0,078	0,056	0,029
94	0,088	0,088	0,086	0,081	0,072	0,059	0,042	0,022
96	0,059	0,059	0,058	0,054	0,048	0,040	0,028	0,015
98	0,030	0,030	0,029	0,027	0,024	0,020	0,014	0,007
100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: IBAPE/SP (2002)

e) Custo de Reedição da Benfeitoria

O Custo de Reedição da Benfeitoria (CB) é dado pela subtração do custo de reprodução a parcela da depreciação, conforme fórmula abaixo:

EQUAÇÃO (6)

$$CB = C_{rep} - D$$

Onde:

CB é o custo de reedição da benfeitoria;

C_{rep} é o custo de reprodução;

D é a parcela relativa à depreciação.

3. EXEMPLO ILUSTRATIVO

Características do imóvel avaliando:

Imóvel comercial localizado na região central da cidade de Santa Maria/RS.

Área Construída = 876,00 m² (795,00 m² de área construída padrão e 81,00 m² de área construída de padrão diferente - terraços).

Padrão construtivo: NORMAL – CSL-8-N (CUB-RS – FEV/2017) = R\$ 1.368,61/m²

Estado de Conservação = Entre Novo e Regular

Idade Aparente = 10 anos = 16,67 % da vida útil de 60 anos.

Percentual de depreciação (Tabela de Ross-Heidecke) = 9,75%

Fator de depreciação (Tabela de Ross -Heidecke) d = 0,9025

A = 15 % (Taxa de Administração de Obra)

F = 5%, correspondente um prazo de obras de 10 meses resulta a taxa de poupança de 0,5% a.m

A = 18% (remuneração das construtor como administração direta).

Valor do Terreno (Método Comparativo Direto de dados de Mercado) = R\$ 600.000,00

Orçamento de Elevadores = R\$ 90.000,00

3.1 CÁLCULO DA ÁREA EQUIVALENTE DE CONSTRUÇÃO:

$$S = Ap + \sum_i^n (Aq_i \cdot P_i)$$

EQUAÇÃO (3)

Onde:

S é a área equivalente de construção;

Ap é a área construída padrão;

Aqi é a área construída de padrão diferente;

Pi é o percentual correspondente à razão entre o custo estimado da área de padrão diferente e o da área padrão, de acordo com os limites estabelecidos na NBR 12721.

$$S = 795 + \sum_i^n (81,00 \cdot 0,5)$$

$$S = 835,50 \text{ m}^2$$

3.2 CÁLCULO DO CUSTO DE REEDIÇÃO:

EQUAÇÃO (4)

$$C = \left[CUB + \frac{OE + OI + (OFe - OFd)}{S} \right] (1 + A)(1 + F)(1 + L)$$

Onde:

C é o custo unitário de construção por metro quadrado de área equivalente de construção;

CUB é o custo unitário básico;

OE é o orçamento de elevadores;

OI é o orçamento de instalações especiais e outras, tais como geradores, sistemas de proteção contra incêndio, centrais de gás, interfones, antenas coletivas, urbanização, projetos etc;

OFe é o orçamento de fundações especiais;

OFd é o orçamento de fundações diretas;

S é a área equivalente de construção, de acordo com a ABNT NBR 12721;

A é a taxa de administração da obra;

F é o percentual relativo aos custos financeiros durante o período de construção;

L é o percentual correspondente ao lucro ou remuneração da construção;

A remuneração da construtora, chamada de BDI, considerará os benefícios e despesas indiretas incidentes sobre o custo direto da construção.

Toda empresa precisa gerar lucro, decorrente da própria necessidade de sobrevivência e

crescimento. Nos orçamentos de construção, o lucro arbitrado pelo proprietário da empresa pode ser baixo ou alto, a depender das circunstâncias. Sendo incluído no final do processo de orçamentação, depois da inclusão dos custos diretos e indiretos. BDI é um termo originado do inglês "Budget Diferente Income".

Para a Construção Civil, representa a soma de todas as despesas indiretas necessárias para a administração da obra incluindo o benefício ou lucro do construtor. Como o próprio nome já representa: B = benefício ou lucro e DI = despesas indiretas

Quando fazemos a multiplicação de C pela área equivalente da construção obtemos o custo de reprodução das benfeitorias (C_{rep}).

$$C = \left[1.368,61 + \frac{90.000,00 + 0 + (0 - 0)}{835,50} \right] (1 + 0,15)(1 + 0,05)(1 + 0,18)$$

Onde:

$$A = 15\%$$

F = 0,5% a.m (poupança), que para um prazo de obras de 10 meses resulta em um custo financeiro total de 5%

$$L = 18\% \text{ (taxa de lucro adotado quando se trata de Administração Direta)}$$

$$C = \text{R\$ } 2.037,34 / \text{m}^2$$

3.4 CUSTO DE REPRODUÇÃO DA BENFEITORIA (C_{rep}):

$$C_{rep} = 2.037,34 \times 835,50 \text{ m}^2 = \text{R\$ } 1.702.193,64$$

3.5 DEPRECIAÇÃO (D): PARA VALOR RESIDUAL DE 20% DO VALOR NOVO, TEMOS:

$$Vd = 0,80 \cdot C_{rep}$$

$$Vd = 0,80 \times 1.702.193,64 = \text{R\$ } 1.361.754,92$$

$$D = 1.361.754,92 \times 0,0975 = \text{R\$ } 132.771,10$$

3.6 CUSTO DE REEDIÇÃO DA BENFEITORIA (CB):

EQUAÇÃO (6)

$$CB = C_{rep} - D$$

$$CB = 1.702.193,64 - 132.771,10 = \text{R\$ } 1.569.422,54$$

3.7 APLICAÇÃO DO FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO E OBTENÇÃO DO VALOR DO IMÓVEL (VI):

EQUAÇÃO (1)

$$VI = (VT + CB). FC$$

Onde:

VI é o valor do imóvel;

VT é o valor do terreno;

CB é o custo de reedição da benfeitoria;

FC é o fator de comercialização.

FC adotado = 0,9682 (O cálculo do Fator de Comercialização (FC) é apresentado no Item 4 deste trabalho).

$$VI = (VT + VB). FC = (600.000,00 + 1.569.422,54). 0,9682 = 2.060.151,48$$

Obs.: O valor final de avaliação foi arredondado em até ++1%, conforme NBR 14.653-1.

Valor Final de Avaliação do Imóvel = R\$ 2.060.000,00

4. DETERMINAÇÃO DO FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO (FC) UTILIZADO NO EXEMPLO ILUSTRATIVO

Para determinação do fator de comercialização, de forma simplificada, podem-se considerar imóveis transacionados, com tipologias, características construtivas e localizações semelhantes ao avaliando, para os quais são calculados os preços de reedição e estes, são comparados aos preços de venda (transação). Após o cálculo do fator de comercialização desses imóveis, individualmente, é estimado um Fator de Comercialização médio para o avaliando.

Neste exemplo ilustrativo foram utilizados dados de três imóveis comerciais, ora denominados A, B e C, transacionados na cidade de Santa Maria, RS, com as seguintes características básicas:

4.1 IMÓVEL TRANSACIONADO “A”

Valor de transação do Imóvel (VI) = R\$ 1.500.000,00

Área total Construída = 870,80 m²

Área Equivalente de Construção (NBR 12.721) = 750,10 m²

Padrão construtivo: NORMAL – CSL-8-N (CUB-RS – FEV/2017) = R\$ 1.368,61/m²

Estado de Conservação = Entre Novo e Regular

Idade Aparente = 10 anos = 16,67 % da vida útil de 60 anos.

Percentual de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) = 9,75%

Fator de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) d = 0,9025

A = 15%

F = 5% , para 10 meses de obra a 0,5 % a.m. (Poupança)

L = 18% (lucro para administração direta)

Valor do Terreno (Método comparativo direto de dados de mercado) = R\$ 500.000,00

4.1.1 Cálculo do Custo Unitário de Reedição da Benfeitoria:

EQUAÇÃO (4)

$$C = \left[CUB + \frac{OE + OI + (OF_e - OF_d)}{S} \right] (1 + A)(1 + F)(1 + L)$$

$$C = \left[1.368,61 + \frac{0 + 0 + (0 - 0)}{750,10} \right] (1 + 0,15)(1 + 0,5)(1 + 0,18)$$

$$C = 1.888,69 /m^2$$

4.1.3 Custo de Reprodução da Benfeitoria (C_{rep}):

$$C_{rep} = 1.888,69 \times 750,10 \text{ m}^2 = \text{R\$ } 1.416.700,22$$

4.1.4 Depreciação (D): Para valor residual de 20% do valor novo, temos:

$$Vd = 0,80. C_{rep}$$

$$Vd = 0,80 \times 1.416.700,22 = \text{R\$ } 1.133.360,17$$

$$D = 1.133.360,17 \times 0,0975 = \text{R\$ } 110.502,62$$

4.1.5 Custo de Reedição da Benfeitoria (CB):

EQUAÇÃO (6)

$$CB = C_{rep} - D$$

$$CB = 1.416.700,22 - 110.502,62 = R\$ 1.306.197,60$$

4.1.6 Cálculo do Fator de Comercialização:

Valor do Terreno (VT) = 295.000,00 (Método Comparativo de Dados de Mercado)

Valor do Imóvel VI = R\$ 1.500.000,00

EQUAÇÃO (2)

$$FC = \frac{VI}{(VT + CB)}$$

$$FC(A) = \frac{1.500.000,00}{(295.000,00 + 1.306.197,60)}$$

$$FC(A) = 0,9368$$

4.2 IMÓVEL TRANSACIONADO “B”

Valor de transação do Imóvel (VI) = R\$ 1.000.000,00

Área total Construída = 420,50 m²

Área Equivalente de Construção (NBR 12.721) = 410,00 m²

Padrão construtivo: ALTO – CSL-8-A (CUB-RS – FEV/2017) = R\$ 1.578,24/m²

Estado de Conservação = Reparos Simples

Idade Aparente = 15 anos = 25,00 % da vida útil de 60 anos.

Percentual de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) = 30,90%

Fator de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) d = 0,6910

A = 15%

F = 5%, para 10 meses de obra a 0,5 % a.m. (Poupança).

L = 18% (lucro construtor para administração direta)

Valor do Terreno (Método comparativo direto de dados de mercado) = R\$ 370.000,00

4.2.1 Cálculo do Custo de Reedição

EQUAÇÃO (4)

$$C = \left[CUB + \frac{OE + OI + (Ofe - OFd)}{S} \right] (1 + A)(1 + F)(1 + L)$$

$$C = \left[1.578,24 + \frac{0 + 0 + (0 - 0)}{420,50} \right] (1 + 0,15)(1 + 0,5)(1 + 0,18)$$

$$C = 2.177,97 /m^2$$

4.2.3 Custo de Reprodução da Benfeitoria (C_{rep}):

$$C_{rep} = 2.177,97 \times 420,50 \text{ m}^2 = R\$ 915.836,89$$

4.2.4 Depreciação (D): Para valor residual de 20% do valor novo, temos:

$$Vd = 0,80. C_{rep}$$

$$Vd = 0,80 \times 915.836,89 = R\$ 732.669,51$$

$$D = 732.669,51 \times 0,3090 = R\$ 226.394,88$$

4.2.5 Custo de Reedição da Benfeitoria (CB):

EQUAÇÃO (6)

$$CB = C_{rep} - D$$

$$CB = 915.836,89 - 226.394,88 = R\$ 689.442,01$$

4.2.6 Cálculo do Fator de Comercialização:

Valor do Terreno (VT) = 370.000,00 (Calculado pelo Método Comparativo de Dados de Mercado)

Valor do Imóvel VI = R\$ 1.000.000,00

EQUAÇÃO (2)

$$FC = \frac{VI}{(VT + CB)}$$

$$FC(B) = \frac{1.000.000,00}{(370.000,00 + 589.521,88)}$$

$$FC(B) = \quad = 0,9439$$

4.3 IMÓVEL TRANSACIONADO “C”

Valor de transação do Imóvel (VI) = R\$ 3.600.000,00

Área total Construída = 1.600,00 m²

Área Equivalente de Construção (NBR 12.721) = 1.450,50 m²

Padrão construtivo: NORMAL – CSL-8-N (CUB-RS – FEV/2017) = R\$ 1.368,61/m²

Estado de Conservação = Regular

Idade Aparente = 05 anos = 8,33 % da vida útil de 60 anos.

Percentual de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) = 6,92%

Fator de depreciação (Tabela de Hoos-Heidecke) d = 0,9308

A = 15%

F = 5%, para 10 meses de obra a 0,5 % a.m. (Poupança).

L = 18% (lucro construtor para administração direta)

Valor do Terreno (Método comparativo direto de dados de mercado) = R\$ 1.000.000,00

Orçamento de Elevadores = R\$ 100.000,00

4.3.1 Cálculo do Custo de Reedição

EQUAÇÃO (4)

$$C = \left[CUB + \frac{OE + OI + (OF_e - OF_d)}{S} \right] (1 + A)(1 + F)(1 + L)$$

$$C = \left[1.368,61 + \frac{100.000,00 + 0 + (0 - 0)}{1.450,50} \right] (1 + 0,15)(1 + 0,05)(1 + 0,18)$$

$$C = 1.983,92 /m^2$$

4.3.3 Custo de Reprodução da Benfeitoria (C_{rep}):

$$C_{rep} = 1.983,92 \times 1.450,50 \text{ m}^2 = \text{R\$ } 2.877.532,95$$

4.3.4 Depreciação (D): Para valor residual de 20% do valor novo, temos:

$$Vd = 0,80 \cdot C_{rep}$$

$$Vd = 0,80 \times 2.877.532,95 = \text{R\$ } 2.302.026,36$$

$$D = 2.302.026,36 \times 0,0692 = \text{R\$ } 159.300,22$$

4.3.5 Custo de Reedição da Benfeitoria (CB):

EQUAÇÃO (6)

$$CB = C_{rep} - D$$

$$CB = 2.877.532,95 - 159.300,22 = \text{R\$ } 2.718.232,73$$

4.3.6 Cálculo do Fator de Comercialização:

Valor do Terreno (VT) = 1.000.000,00 (Calculado pelo Método Comparativo de Dados de Mercado)

Valor do Imóvel VI = R\$ 3.600.000,00

EQUAÇÃO (2)

$$FC = \frac{VI}{(VT + CB)}$$

$$FC(C) = \frac{3.600.000,00}{(1.000.000,00 + 2.718.232,73)}$$

$$FC(C) = 0,9682$$

4.4 DETERMINAÇÃO DO FATOR DE COMERCIALIZAÇÃO MÉDIO (ADOTADO):

$$FC(\text{médio}) = \sum_i^n \left(\frac{FC_i}{n} \right)$$

$$FC(\text{médio}) = \frac{FC(A) + FC(B) + FC(C)}{3}$$

$$FC(\text{médio}) = \frac{0,9368 + 0,9439 + 0,9682}{3}$$

$$FC(\text{médio}) = 0,9496$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Salienta-se que este trabalho não visa esgotar o assunto. Afinal, o Método Evolutivo pode ser aplicado para outras tipologias imobiliárias como: Galpões, lojas, prédios etc. Entretanto, considerado a aplicabilidade dos conhecimentos expostos, este trabalho possui caráter introdutório quanto aos conhecimentos técnicos referentes às definições e descrições necessárias ao Engenheiro de avaliações, quando diante da necessidade de aplicação do Método.

Não obstante, é devido salientar que este trabalho técnico não é isolado, mas parte de coletânea de trabalhos, envolvendo outras técnicas e metodologias avaliatórias. Diante das peculiaridades inerentes a esta metodologia, é necessário que o leitor já possua como seu conhecimento as técnicas de modelagem estatística (tratamento por fatores de homogeneização, regressão linear múltipla ou redes neurais artificiais) para a determinação do valor de mercado do terreno, que é parcela importante no valor final de avaliação quando se utiliza o Método Evolutivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 14.653-1, Avaliação de Bens – Parte 1: Procedimentos Gerais, 2001.
2. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 14.653-2, Avaliação de Bens – Parte 2: Imóveis Urbanos, 2011.
3. DANTAS, R.A – Uma Introdução à Metodologia Científica – PINI – 2004
4. BONIN, Maximiliano Schmitz; Hochheim, Norberto – Fatores de Comercialização de Casas em Florianópolis – Artigo apresentado no XVII COBREAP – IBAPE/SC – 2013
5. BONIN, Maximiliano Schmitz – Estudo sobre fatores de comercialização de casas em Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. Valores de Edificações de Imóveis Urbanos. São Paulo, 2002.

11

MÉTODO INVOLUTIVO

Ricardo Miguel e Souza de Souza

RESUMO

A Norma Brasileira¹ NBR 14653-1 de abril de 2001 define no seu item “8.2.2 Método involutivo: Identifica o valor de mercado do bem, alicerçado no seu aproveitamento eficiente, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, mediante hipotético empreendimento compatível com as características do bem e com as condições do mercado no qual está inserido, considerando-se cenários viáveis para execução e comercialização do produto.”

Embora não cite expressamente qual seja o bem, nosso comando é apropriar o valor de áreas sujeitas à incorporação ou áreas nuas passíveis de fracionamento nas quais o método comparativo de dados de mercado não pode ser levado a cabo, não importando o motivo.

Dado que na engenharia da CAIXA a análise de propostas de financiamento à produção é parte do dia a dia dos profissionais que militam no crédito imobiliário, a avaliação destas áreas alvo de incorporação é um desafio técnico. Utilizar o método involutivo com um exemplo real é o objetivo neste trabalho.

Palavras chave: VBA, Visual Basic For Applications, Excel, Involutivo, Monte Carlo, Probabilidade, Fluxo de Caixa Sob Condições de Incerteza.

INTRODUÇÃO

O uso do método por viabilidade técnico-econômica é complexo e o assunto é de alta incerteza na fundamentação do valor, como já apontado pelo Eng^o Hélio de Caires em 1974 em “Avaliação de Glebas²” para áreas loteáveis³.

Naquela ocasião foi recomendada cautela na utilização do método para estas glebas, dado que a quantidade de variáveis incidentes na equação é significativa. Custos de implantação da infra-estrutura, receita advinda da venda dos lotes e lucro do empreendedor e outras despesas legais, formam a equação final básica, estática.

Insira nela as taxas corriqueiras de matemática financeira na montagem do fluxo além da

¹ Esta Norma é exigida em todas as manifestações escritas de trabalhos avaliatórios de imóveis urbanos, de seus frutos e direitos. A determinação do valor é de responsabilidade e da competência exclusiva dos profissionais legalmente habilitados pelos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia-CREA, em acordo com a Lei Federal nº 5.194 e com as Resoluções nº 205 e nº 218, do CONFEA.

² Editora PINI publica o livro “Engenharia de Avaliações”, coordenado pelo Eng. José Carlos Pellegrino.

³ Também conhecido como método do máximo aproveitamento eficiente, no exterior é uma forma de avaliação pelo método da renda.



distribuição probabilística, randômica, de receitas e despesas, e a incerteza na apropriação do valor da gleba aumentará.

Em nosso caso, sendo a área sujeita a incorporação imobiliária na forma de condomínios verticais ou horizontais, os custos e as receitas têm outra gênese do loteamento. Embora estas rubricas sejam quantificáveis, o problema perdura: qual o valor da área bruta, enquanto investimento⁴ inicial, na qual o empreendimento será edificado.

Por fim, embora não apontado expressamente pela norma de avaliações, o estudo de viabilidade técnico-econômica deve ser procedido por pesquisa mercadológica de demanda e atratividade ou inserção no mercado destas áreas de tal forma que as projeções de absorção das unidades habitacionais sejam factíveis.

BREVE DESCRIÇÃO DO PROJETO

O prédio que foi objeto de análise de engenharia, Residencial Brava, será uma torre única edificada em região nobre do Setor Bueno em terreno retangular de 2.144,55m².

Possui área construída total de 27.169,91m² e privativa equivalente de 15.890,85m². Elevase com subsolo, três pavimentos de garagem, 1.057m² de lazer completo no mezanino e 28 pavimentos tipo.

⁴ Todo investimento carrega um risco (outra palavra para volatilidade). Mesmo aqueles que muitos consideram como sendo “sem risco”.

As tipologias que compõem a edificação são apartamentos de 70,37m² com duas suítes e 95,14m² com três suítes. As vagas de garagem são vinculadas e variam de uma ou duas por apartamento, com 3 apartamentos com 3 vagas vinculadas.

O padrão de construção está enquadrado como Normal/Alto.

ESTRUTURA METODOLÓGICA

Como parâmetros de entrada para formar o fluxo de caixa esperado foram analisados o projeto arquitetônico cotejado com a incorporação, a avaliação das diversas tipologias das unidades residenciais e os custos da edificação orçados conforme Normativo de Análise de Empreendimentos AE098v024.

Os componentes citados são formadores do fluxo de caixa probabilístico, a preços constantes.

No que coube procedeu-se a ajustes nos dados de entrada, notadamente no perfil das receitas tomadas como aleatórias e oriundas das unidades a comercializar. Também foi acatado o cronograma de obra apresentado pela construtora.

Dado o fluxo, este é descontado pela Taxa Mínima de Atratividade. O resultado operacional do empreendimento depende do quanto se pode valorar a área, mantendo o resultado para o empreendedor.

Observa-se que não se procede a análise econômica como oportunidade de investimento enquanto alternativa, posto que há decisão de investir no projeto (a rigor *greenfield project*).

Transformado em números o elenco de informações acima, o valor que se pode apropriar à área será lastreado em base mais segura, não carecendo do tal “feeling” ultrapassado nos dias atuais.

PREMISSAS, DESPESAS E RECEITAS

Com o elenco de dados colhidos sobre o empreendimento foi possível a montagem de Fluxo de Caixa superposto descontando-se o resultado operacional líquido pela TMA Taxa Mínima de Atratividade.

Os componentes do fluxo de caixa medidos em moeda constante – estável – escoimados os efeitos da inflação, estão sujeitos às seguintes variáveis:

- Investimento no terreno, incógnita do valor⁵;

⁵ VPL com incógnita no tempo t=-1 sendo o valor da área. O tempo t=0 representa o lançamento do em-

- Despesas da implantação, estimado o custo conforme normativo acrescido de outros custos não contemplados no projeto padrão, despesas preliminares, fundações, elevador, administração, publicidade e comercialização das unidades autônomas conforme tabela a seguir:

Estimativa Pontual e Variabilidade dos Custos

Item	Custo Global	Mínimo	Máximo
Edificações (*)	R\$42.862.416,36	100,0%	120,0%
Legalização	R\$1.427.840,00	95,0%	105,0%
Seguros	R\$214.312,08	98,0%	101,0%
Comercialização	R\$R\$3.569.600,00	4,0%	8,0%

(*) inclui infraestrutura e urbanização

- Admite-se, conservadoramente, que o CUB – Custo Unitário Básico de Construção do Sinduscon/GO esteja praticamente colado à inflação medida pelo IGP Índice Geral de Preços da FGV Fundação Getúlio Vargas;
- Estimam-se receitas financeiras oriundas das vendas das unidades com opção de financiamento pela construtora com taxa de 0,5% ao mês na seguinte modalidade:

Plano da Corretora

Entrada	40 Meses	2 Anuais	Única	Financ.	Total
9,00%	7,50%	10,00%	3,50%	70,00%	100,00%

- Estima-se que a absorção das unidades autônomas seja aleatória, antes e durante o período de obras, previsto em 32 meses conforme cronograma. Dada esta condição, eventualmente haverá unidades a comercializar após a entrega da obra⁶;
- Admite-se que não haja valorização imobiliária efetiva das unidades no período de absorção das unidades;
- Admitem-se receitas aleatórias oriundas das vendas das unidades com estimativas variáveis conforme mínimos e máximos probabilísticos oriundos de equação de regressão, conforme tabela a seguir:

VGV Variabilidade das Receitas (R\$*1000)

A_Priv. m ²	Quantid.	Mín. CAIXA	Max. CAIXA	Proposto
70,37	56	17.776,20	19.481,60	21.357,542
95,14	112	50.500,60	55.180,40	54.673,277
	VGV	68.276,80	74.662,00	76.030,819

FLUXO DE CAIXA

preendimento.

⁶ Contudo e para efeito de simplificação, considera-se no fluxo a absorção do saldo das unidades a comercializar no tempo t=36, com valor deflacionado em 2%.

Adotaremos a Taxa Selic⁷ de 9,0% a.a. que é a projeção para 2017 que é escoimada da inflação pelo IPCA (também projetado) como sendo a taxa de juros de mercado para investimentos de porte. O quadro abaixo - Parâmetros Econômicos Financeiros - reúne os elementos que nos permitem construir o Fluxo de Caixa Mensal Operacional antes da tributação (EBT), que descontado à TMA - Taxa Mínima de Atratividade resulta no valor presente do projeto. A TMA está assim detalhada:

Parâmetros Econômico Financeiros⁸

SELIC Líquida Livre de Risco	4,6869% a.a.
Taxa de Risco Brasil ⁸	5,000% a.a.
Completion*: Risco Adicional (Variável)	2,00% a 3,00% a.a.
TMA=Taxa de Remuneração	12,1197% a 13,2189% a.a.
Financiamento pelo Empreendedor	0,5% a.m.

*Risco Adicional será sensibilizado para capturar a variabilidade de:

- “Overruns” (qualquer desvio orçamentário para maior);
- Especificação do projeto e da construção;
- Performance na fase pré-operacional, quanto às metas previstas no estudo de viabilidade do empreendedor;
- Cumprimento do cronograma físico.

O fluxo de caixa probabilístico, sob condições de incerteza, foi projetado com o uso intensivo de programação em VBA Visual Basic For Applications® do Excel.

Flexível, permite a entrada de dados no modelo além de criar a distribuição de frequência da variável resposta executando-se 24.000 experimentos e deles tirando as médias e percentis, associando as frequências às probabilidades de ocorrência⁹. O fluxo é simples como segue:

⁷ SELIC líq.=[(1+SELIC_bruta)/(1+IPCA)]-1= [(1+9%)/(1+4,12%)] -1=4,69% ao ano.

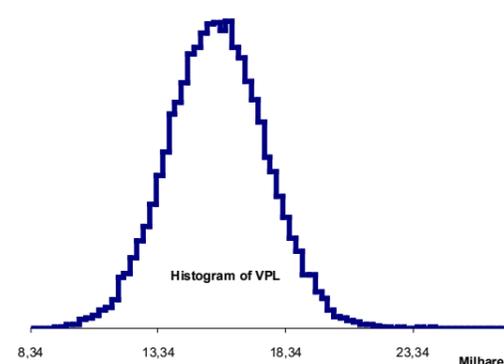
⁸ O risco país é um reflexo da sua situação econômica e financeira, refletindo também a estabilidade política e o desempenho histórico no cumprimento de suas obrigações financeiras.<http://br.advfn.com/economia/boletim-focus>

⁹ Admite-se a distribuição normal para as variáveis aleatórias.

Fluxo de Caixa Probabilístico (R\$*1000)
Posição de uma aleatoriedade entre 24.000 simulações

Data	% Obra Acum.	% Vendas Acum.	R\$ Receita	R\$ Despesa	R\$ Resultado
0	0,00%	5,00%	588,24	509,74	78,50
1	0,00%	8,00%	362,83	176,86	185,97
2	0,00%	11,00%	363,96	170,78	193,19
3	0,00%	11,00%	16,08	0,00	16,08
4	0,00%	13,00%	244,42	111,49	132,93
5	0,00%	13,00%	18,91	0,00	18,92
6	0,00%	15,00%	263,28	113,21	150,07
7	0,00%	19,00%	482,46	237,65	244,82
8	2,00%	22,00%	395,23	1.046,30	-651,07
9	3,00%	23,00%	147,65	501,32	-353,66
10	4,00%	27,00%	500,51	692,52	-192,00
11	7,00%	31,00%	502,57	1.601,68	-1.099,11
12	9,56%	35,00%	529,89	1.392,16	-862,27
13	10,99%	39,00%	526,34	850,20	-323,85
14	12,69%	41,00%	287,36	861,01	-573,64
15	14,15%	41,00%	59,96	680,86	-620,89
23	31,90%	54,00%	2.659,19	2.276,61	382,59
24	36,75%	54,00%	2.171,15	2.133,81	37,34
25	41,48%	56,00%	2.482,41	2.220,52	261,89
26	46,52%	58,00%	2.562,03	2.319,94	242,10
***	***	***	***	***	***
37	92,39%	84,00%	3.217,16	2.127,40	1.089,76
38	95,03%	88,00%	3.440,50	1.384,11	2.056,39
39	100,00%	88,00%	14.170,12	3.812,60	10.357,53
			Mês	TMA	0,9980%
			(R\$*1000)	VPL	16.435,36

Summary Statistics		Notes
Average	15.662,475	24000 repetitions in 38 seconds. Fonte: plan!Análise Valores do VPL*1000
SD	1.937,026	
Max	27.237,614	
Min	8.427,246	



Como se trata de análise de viabilidade por simulação de Monte Carlo¹⁰, vê-se que é possível conhecer os diversos níveis de probabilidade relacionados ao risco de decisão, ou do quanto o investidor pode pagar pelo terreno.

Qualificamos como radicalmente pessimista a decisão de não se aceitar risco algum – 0% – ou pagar o mínimo probabilístico pela área, seja, todos os valores probabilísticos superam este mínimo; e a decisão pessimista a quem reluta a decisão em investir e só o faz em condições muito vantajosas com 5% de risco de insucesso.

Já o conservador tolera incerteza de 10% (exigindo que 90,0% das amostras superem este valor) como risco da decisão. A posição otimista atribuída a quem tem atração pelo risco, adota 15% de chance de fracasso porque acredita que os resultados gerados poderão ser fortemente ampliados (ressalte-se que o professor Domingos Saboya adota tal critério em seus trabalhos).

A proposta foi analisada pela Engenharia da CAIXA e carrega os riscos inerentes de um empreendimento de porte já abordados na definição da taxa de atratividade. Daí que adotamos por conduta própria a assunção que não desejamos risco, rótulo “Sem Risco” na tabela abaixo para estimar o valor da área.

Por fim, o quadro a seguir representa numericamente o gráfico acima e ilustra o Risco da Decisão e o correspondente Valor atribuído a Área VPL.

INCERTEZAS, PROBABILIDADES E AVALIAÇÃO

Dada a incerteza da receita, seja pela quantidade vendida mensal ou pelo valor da habitação, e do custo da edificação no fluxo de caixa assim como as taxas de desconto, com sua solução temporal sucedendo aleatoriamente entre os parâmetros adotados, foi gerada a seguinte distribuição normal e cumulativa:

¹⁰ Técnica utilizada para estimar probabilidades. O método é dependente de um modelo sobre o qual simulações são executadas para gerar valores aleatórios da variável sendo estudada. Os resultados são, então, utilizados em testes estatísticos, conforme definição de Robert F. Martim.

Distribuição de Valor da Área

Decisão	Risco da Decisão	Valor VPL R\$*1000
Sem Risco	0,0%	8.623,01
Pessimista (-)	1,0%	11.140,98
Pessimista	5,0%	12.472,66
Conservador	10,0%	13.177,66
Otimista	15,0%	13.649,46
Otimista (+)	20,0%	14.030,85
Não qualificado	30,0%	14.642,41
Não qualificado	40,0%	15.171,04
Não qualificado	50,0%	15.662,44

Valor da Área=8,60 milhões de reais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Junto aos documentos técnicos do volume de engenharia, o registro da incorporação indica que houve rememoração de quatro lotes que foram objeto de permuta por 28 apartamentos.

Como as unidades foram avaliadas pela CAIXA como se prontas estivessem, temos que a permuta registrada em cartório pode ter valor apropriado de R\$12,60 milhões de reais.

Por outro lado, a Ficha Resumo do Empreendimento indica R\$2,82 milhões propostos para a área, valor acatado pela engenharia embora, em comparação direta, pudesse ser sustentado valor de até 5,50 milhões.

“O método científico coloca em cheque as intuições¹¹. Nós aprendemos a suspender as crenças, transformando opiniões em hipóteses, que podem ser testadas e refutadas, quando então somos levados a adotar uma nova opinião”.

“Que também deverá ser testada, e assim por diante. A consolidação de dados, a probabilidade, a estatística, mostram como nossos impulsos levam a caminhos errados, como nossos medos são irracionais. E nos dão caminhos alternativos – e racionais”.

11 <http://emails.estadao.com.br/blogs/daniel-martins-de-barros/voce-nasceu-para-ser-enganado-a-ciencia-como-antidoto-para-a-pos-verdade/>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

HENRIQUE HIRSCHFIELD, Engenharia Econômica e Análise de Custos, São Paulo, Editora Atlas S.A., 1992, 464p.

ROBERT F. MARTIM, Excel e VBA na Modelagem Financeira, Rio de Janeiro, Axcel Books do Brasil Editora, 2005, 296p.

BARRETO, HOWLAND, Introductory Econometrics Using Monte Carlo Simulation With Microsoft Excel, Cambridge University Press, 2006, 774p.

JOHN D. FINNERTY, Project Finance, Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda., 1998, 376p.

JOSÉ DUTRA VIEIRA SOBRINHO, Matemática Financeira, São Paulo, Editora Atlas S.A., 1989, 383p.

JOHN GREEN, STEPHEN BULLEN, ROB BOVEY, MICHAEL ALEXANDER, Excel 2007 VBA Programmer's Reference, Indianapolis, Wiley Publishing, Inc., 2007, 1176p.

12

Direito Imobiliário aplicado a Avaliações de Glebas Urbanizáveis

Claudine Áurea Maia
Tacito Quadros Maia

RESUMO

Este trabalho apresenta uma contribuição a Engenharia de Avaliações, abordando os impactos do Marco Regulatório Legal – as Leis de Direito Imobiliário, que impactam na construção do Empreendimento Hipotético previsto pela NBR 14.653 como base preliminar do Método Involutivo.

Palavras chave: Método Involutivo, avaliação de imóveis, avaliação de glebas urbanizáveis, Direito Imobiliário.

1. INTRODUÇÃO

O Método Involutivo é o método mais aplicado nas avaliações de glebas não urbanizadas (mas urbanizáveis). Está definido pela NBR 14.653 parte 1, no sub item 8.2.2 como o método que:

Identifica o valor de mercado do bem, alicerçado no seu aproveitamento eficiente, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, mediante hipotético empreendimento compatível com as características do bem e com as condições do mercado no qual está inserido, considerando-se cenários viáveis para execução e comercialização do produto.

Já na definição, a norma chama a atenção para que o engenheiro de avaliações adote um projeto de um empreendimento “compatível” com as características do bem. Infelizmente, em boa parte das avaliações com a aplicação deste método o que percebemos é a falta do embasamento legal e, muitas vezes, até mesmo a utilização de parâmetros genéricos sem fundamentação.

A primeira definição a ser observada é a de Gleba Urbanizável. A NBR 14.653 parte 2 no seu sub itm 3.24 define:

Gleba urbanizável: Terreno passível de receber obras de infra-estrutura urbana, visando o seu aproveitamento eficiente, através de loteamento, desmembramento ou implantação de empreendimento.

Continuando no contexto da NBR 14.653, já nas determinações relativas ao Método Involutivo,



o sub item 8.2.2.2 aborda o Projeto hipotético que deve servir de base aos cálculos necessários ao método e introduz mais um conceito: “aproveitamento eficiente”, in verbis:

Na concepção do projeto hipotético, o engenheiro de avaliações deve verificar o aproveitamento eficiente para o imóvel avaliando, como definido em 3.1.

Para que o leitor da norma não tivesse dúvidas, o texto faz menção expressa ao sub item 3.1 que define o que seria aproveitamento eficiente:

Aquele recomendável e tecnicamente possível para o local, numa data de referência, observada a tendência mercadológica nas circunvizinhanças, entre os diversos usos permitidos pela legislação pertinente.

Trabalhando este texto dentro do roteiro da norma NBR 14.653, encontramos mais recomendações quanto a pesquisa da legislação aplicável ao imóvel avaliando.

7.2 Legislação a consultar

Recomenda-se consultar as legislações municipal, estadual e federal, bem como examinar outras restrições (inclusive decorrentes de passivo ambiental) ou incentivos que possam influenciar no valor do imóvel.

Observe-se que podem existir limitações ao direito de construir de diversas ordens, mas também podem existir situações onde ocorram incentivos fiscais ao parcelamento e todas estas questões

devem constar do Laudo de Avaliação com o registro de suas implicações no valor determinado.

A próxima etapa do processo avaliatório é a vistoria. A NBR também trás definição desta etapa tanto na parte 1 quanto na parte dois:

NBR 14.653 parte 1: 7.3 Vistoria do bem avaliando

7.3.2 A vistoria deve ser efetuada pelo engenheiro de avaliações com o objetivo de conhecer e caracterizar o bem avaliando e sua adequação ao seu segmento de mercado, daí resultando condições para a orientação da coleta de dados.

7.3.3 É recomendável registrar as características físicas e de utilização do bem e outros aspectos relevantes à formação do valor.

NBR 14.653 parte 2: 7.3 Vistoria - Além do disposto em 7.3 da ABNT NBR 14653-1:2001, observar, no que couber, o descrito em 7.3.1 a 7.3.5.

7.3.1 Caracterização da região

— *Aspectos gerais: análise das condições econômicas, políticas e sociais, quando relevantes para o mercado, inclusive usos anteriores atípicos ou estigmas.*

— *Aspectos físicos: condições de relevo, natureza predominante do solo e condições ambientais.*

— *Localização: situação no contexto urbano, com indicação dos principais pólos de influência.*

— *Uso e ocupação do solo: confrontar a ocupação existente com as leis de zoneamento e uso do solo do município, para concluir sobre as tendências de modificação a curto e médio prazo.*

Embora a norma prossiga nas definições do método e, óbvio, devemos também atentar para as demais partes integrantes, no caso em análise neste texto, buscamos apresentar algumas condicionantes legais que devem ser incorporadas na elaboração do “hipotético empreendimento”, entendendo que a compatibilidade está diretamente relacionada com as possibilidades e restrições derivadas do contexto normativo ou, marco regulatório legal.



2. DIREITO IMOBILIÁRIO APLICADO AO MÉTODO INVOLUTIVO OU, LIMITAÇÕES AO DIREITO DE PROPRIEDADE.

Após a leitura da norma brasileira aplicada a avaliações de imóveis, percebemos que houve o cuidado de indicar a necessidade de adequar o projeto do empreendimento hipotético a legislação aplicável.

É preciso entender que legislação aplicável é um termo genérico que abrange diversos tipos de leis e outros instrumentos legais dentro de uma hierarquia legal, como abaixo exemplificado:



Abaixo desta pirâmide e, as vezes ao lado (dependendo das disposições encontradas nas leis de maior hierarquia), temos as legislações Estaduais e Municipais. Um exemplo de competência concorrente é expresso pela Constituição:

Art. 24. Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: I - direito tributário, financeiro, penitenciário, econômico e urbanístico;

São diversos os diplomas legais aplicáveis às Glebas Urbanizáveis. Como exemplo, podemos citar a definição constitucional que define alguns bens como de propriedade exclusiva da União:

Art. 20 - São bens da União:

III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

IV - as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países; as praias marítimas; as ilhas oceânicas e as costeiras, excluídas, destas, as que contenham a sede de Municípios, exceto aquelas áreas afetadas ao serviço público e a unidade ambiental federal, e as referidas no art. 26, II;

O segundo aspecto a ser observado é que o Direito de Propriedade não é um direito absoluto, embora expressamente assegurado no Art 5º inciso XXII - é garantido o direito de propriedade; logo depois vem a sua primeira mitigação: XXIII - a propriedade atenderá a sua função social.

O Código Civil de 2002 complementa essa noção de função social ao prescrever:

Art. 1.228. DO Código Civil de 2002(...)

§ 1º O direito de propriedade deve ser exercido em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com o estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas.

Outra importante fonte de consulta é a Lei nº 6766/79, lei do parcelamento do solo, criada com o objetivo de ordenar o crescimento das cidades brasileiras. Dispõe sobre as principais regras de diretrizes urbanísticas, os procedimentos administrativos e registrários, além de dispor sobre os direitos e garantias asseguradas aos adquirentes dos lotes originados de um loteamento.

Art. 2º. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

§ 1º - Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

Importante registrar que, embora a lei federal faça referência apenas a loteamento e desmembramento, existem outras modalidades de parcelamento do solo urbano: o reparcelamento ou desdobro, o parcelamento em condomínio ou condomínio urbanístico e o remembramento. Parte das disposições da Lei 6.766/79, inclusive as exigências ambientais constantes do parágrafo único de seu art. 3o, aplicam-se a todas as modalidades de parcelamento.

A Lei define expressamente o rito para a solicitação de autorização para lotear e a atribuição dos municípios e do Distrito Federal:

Art. 6º. Antes da elaboração do projeto de loteamento, o interessado deverá solicitar à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal quando for o caso, que defina as diretrizes para o uso do solo, traçado dos lotes, do sistema viário, dos espaços livres e das áreas reservadas para equipamento urbano e comunitário, apresentando, para este fim, requerimento e planta do imóvel contendo, pelo menos:

I - as divisas da gleba a ser loteada;

II - as curvas de nível à distância adequada, quando exigidas por lei estadual ou municipal;

III - a localização dos cursos d'água, bosques e construções existentes;

IV - a indicação dos arruamentos contíguos a todo o perímetro, a localização das vias de comunicação, das áreas livres, dos equipamentos urbanos e comunitários existentes no local ou em suas adjacências, com as respectivas distâncias da área a ser loteada;

V - o tipo de uso predominante a que o loteamento se destina;

VI - as características, dimensões e localização das zonas de uso contíguas.

Art. 9º Orientado pelo traçado e diretrizes oficiais, quando houver, o projeto, contendo desenhos, memorial descritivo e cronograma de execução das obras com duração máxima de quatro anos, será apresentado à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal, quando for o caso, acompanhado de certidão atualizada da matrícula da gleba, expedida pelo Cartório de Registro de Imóveis competente, de certidão negativa de tributos municipais e do competente instrumento de garantia, ressalvado o disposto no § 4º do art. 18.

Quando apresentamos a temática do impacto das leis no resultado das avaliações, neste caso em especial no Método Involutivo, não estamos apenas focando no projeto em si e suas características mas também incluímos o impacto nos prazos a serem observados nas planilhas de cálculo.

Art. 18. Aprovado o projeto de loteamento ou de desmembramento, o loteador deverá submetê-lo ao registro imobiliário dentro de 180 (cento e oitenta) dias, sob pena de caducidade da aprovação, acompanhado dos seguintes documentos:

Se o requerimento de registro apresentar todos os requisitos legais, será enviada comunicação à prefeitura, que publicará edital em três dias consecutivos. O edital é uma forma tornar público o ato, dando a terceiros a possibilidade de se oporem ao feito caso tenham o legítimo interesse em fazê-lo.

O prazo para impugnação de terceiros é de 15 dias, contados da última publicação. Caso não tenha impugnação, será feito o registro.

Ainda com relação a prazos, só podemos considerar a planilha de vendas após o devido registro. Lembrando do artigo anterior que este pode ser efetivado em até 180 dias:

De acordo com o art. 37 da Lei nº 6766/79, somente é permitido vender parcela de loteamento desde que haja o respectivo registro. Caso este não exista, cabe ao adquirente do lote suspender o pagamento das prestações e notificar o loteador para regularizar a situação.

Art. 50. Constitui crime contra a Administração Pública.

I - dar início, de qualquer modo, ou efetuar loteamento ou desmembramento do solo para fins urbanos, sem autorização do órgão público competente, ou em desacordo com as disposições desta Lei ou das normas pertinentes do Distrito Federal, Estados e Municípios;

II - dar início, de qualquer modo, ou efetuar loteamento ou desmembramento do solo para fins urbanos sem observância das determinações constantes do ato administrativo de licença;

III - fazer ou veicular em proposta, contrato, prospecto ou comunicação ao público ou a interessados, afirmação falsa sobre a legalidade de loteamento ou desmembramento do solo para fins urbanos, ou ocultar fraudulentamente fato a ele relativo.

Pena: Reclusão, de 1(um) a 4 (quatro) anos, e multa de 5 (cinco) a 50 (cinquenta) vezes o maior salário mínimo vigente no País.

Parágrafo único - O crime definido neste artigo é qualificado, se cometido.

Ninguém pode alegar desconhecer a Lei, especialmente quando esta é específica, clara e objetiva nas suas determinações. Lembrando que a Lei é obrigatória, mas pode ser complementada com critérios mais rígidos por Lei estadual ou municipal, todo projeto hipotético deve levar em conta as restrições desta e das demais pertinentes:

Art. 3º Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999)

Parágrafo único - Não será permitido o parcelamento do solo:

I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Art. 4º. Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

II - os lotes terão área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias,

ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa non aedificandi de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

Um exemplo de legislação específica e que apresenta novas exigências é a Lei 25.651 de 25/03/2012:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

Outro instrumento regulador a ser observado é o plano diretor de desenvolvimento urbano. Instrumento básico da política urbana no Brasil, encontra seu fundamento último de validade no art. 182 da Constituição Federal e disciplina específica nos Art. 39 a 42 da Lei Federal 10.257/01, autodenominada Estatuto da Cidade.

Ao tratar da matéria, a Constituição consignou que o PDDU é de elaboração obrigatória para os Municípios com mais de vinte mil habitantes, sob pena de Improbidade Administrativa do gestor

público que der causa a ausência do mesmo, além da possibilidade de manejo do Mandado de Injunção ou da ADIN por omissão pelos legitimados para se pleitear, perante o Judiciário, que o Poder Executivo e/ou o Legislativo adotem as providências necessárias para a elaboração da lei municipal que institui o PDDU.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) é instituído por lei municipal e figura como elemento central no processo de planejamento do município. Conforme define o Estatuto da Cidade, o PDDU é “o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. É parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.” E deve ser revisto, pelo menos, a cada dez anos.

É o Plano Diretor que orienta o desenvolvimento e a expansão da cidade, assegurando o cumprimento da sua função social e da função social da propriedade imobiliária urbana. Também estabelece prioridades de investimento para o desenvolvimento urbano, vinculando o planejamento e a execução do orçamento municipal às suas diretrizes.

Art. 42. O plano diretor deverá conter no mínimo:

I – a delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infra-estrutura e de demanda para utilização, na forma do art. 5o desta Lei;

Até mesmo os municípios estão sujeitos a Lei. Para que uma área seja declarada urbana ou zona de expansão urbana não basta uma declaração do prefeito. O Estatuto das Cidades estabelece critérios e condições que devem ser atendidas sob pena de nulidade dos atos administrativos.

Art. 42-B. Os Municípios que pretendam ampliar o seu perímetro urbano após a data de publicação desta Lei deverão elaborar projeto específico que contenha, no mínimo:

I - demarcação do novo perímetro urbano;

II - delimitação dos trechos com restrições à urbanização e dos trechos sujeitos a controle especial em função de ameaça de desastres naturais;

III - definição de diretrizes específicas e de áreas que serão utilizadas para infraestrutura, sistema viário, equipamentos e instalações públicas, urbanas e sociais;

IV - definição de parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e contribuir para a geração de emprego e renda;

V - a previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, quando o uso habitacional for permitido;

VI - definição de diretrizes e instrumentos específicos para proteção ambiental e do patri-



mônio histórico e cultural; e

VII - definição de mecanismos para garantir a justa distribuição dos ônus e benefícios decorrentes do processo de urbanização do território de expansão urbana e a recuperação para a coletividade da valorização imobiliária resultante da ação do poder público.

§ 1º O projeto específico de que trata o caput deste artigo deverá ser instituído por lei municipal e atender às diretrizes do plano diretor, quando houver.

§ 2º Quando o plano diretor contemplar as exigências estabelecidas no caput, o Município ficará dispensado da elaboração do projeto específico de que trata o caput deste artigo.

§ 3º A aprovação de projetos de parcelamento do solo no novo perímetro urbano ficará condicionada à existência do projeto específico e deverá obedecer às suas disposições.

Como um resumo, podemos apresentar as principais regulações contidas nos diplomas legais:

- Plano Diretor - conjunto de normas legais e diretrizes técnicas, nos aspectos físico, social, econômico e administrativo, desejado pela comunidade local.
- Regulamentação Edilícia - objetiva o ordenamento da cidade no seu conjunto, e o controle técnico da construção individualmente considerada.
- Delimitação da zona urbana- definindo o perímetro urbano, as áreas de expansão urbana e os núcleos em urbanização.
- Traçado urbano - contendo o desenho geral e topográfico da cidade, o arruamento atual e futuro, com o alinhamento e nivelamento a serem observados nas construções particulares. Permissão ou proibição de circulação, regras de preservação da salubridade e da segurança urbana (que não se confunde com a segurança pública), funcionalidade, pontos característicos, sistema hidrográfico, áreas verdes, preserváveis, espaços de recreação ativa, áreas destinadas a prédios públicos e equipamentos sociais, redes de água e esgoto, e de tudo o mais que compuser a urbe.
- Uso e ocupação do solo - Ou, mais propriamente do espaço urbano,

vem sendo objeto do plano diretor e destina-se a estabelecer as utilizações convenientes às diversas partes da cidade e a localizar em áreas adequadas as diferentes atividades urbanas.

- Zoneamento urbano - consiste na repartição da cidade e das áreas urbanizáveis segundo a sua precípua destinação de uso e ocupação do solo (zonas residenciais, comerciais, industriais, administrativas, mistas, etc).
- Loteamento - consiste no conjunto de normas-além das convencionais constantes do memorial e as de natureza civil, que é a legislação federal concernente a posse e à transferência da propriedade - que regulamentam a divisão voluntária de áreas urbanas, com a criação e a transferência gratuita de áreas destinadas a vias públicas ou espaços livres, na conformidade da legislação pertinente.
- Estética Urbana - visa, não apenas, às obras utilitárias mas cuida também dos aspectos artísticos, panorâmicos, paisagísticos, monumentais e históricos, de interesse cultural, recreativo e turístico da comunidade, ensejando as mais diversas limitações ao uso da propriedade particular. Desde a forma, a altura e as disposição das construções até a apresentação das fachadas e o levantamento de muros sujeitam-se a imposições edilícias destinadas a dar boa aparência às edificações urbanas.

3. EXEMPLO ILUSTRATIVO

Entendida a estrutura da hierarquia das leis e o impacto destas na formulação do empreendimento hipotético, podemos apresentar um exemplo do impacto que a não observância pode acarretar nos valores calculados para um imóvel avaliando.

Para facilitar o trabalho dos avaliadores, foram desenvolvidas algumas simplificações que ignoram os detalhes geomorfológicos das glebas bem como as especificidades das legislações aplicáveis. Na literatura Brasileira, estas aplicações são sempre precedidas do alerta aos navegantes de que é necessário “observar o nível de urbanização mínimo exigido pela municipalidade” ou ainda, “deve o avaliador verificar o melhor e máximo aproveitamento para a gleba observados os preceitos da lei 6766/79...”. Ou seja, o mau uso da informação não pode ser creditado aos autores e sim aos avaliadores.

Muitos simplesmente descontam 35% da área e fracionam o restante em lotes. Alguns adotam (retirando da bibliografia disponível) 20% para arruamento e 15% para áreas verdes. Com estes valores montam seus custos e planilhas de vendas.

Outra simplificação é a construção de um módulo retangular com lotes, área verde e arruamento e com o cálculo da área deste módulo divide-se a área total pela área do módulo e encontra-se aproximadamente o número de lotes, área verde total, área de arruamento.

Vejam os exemplos: uma gleba de 100 mil m². Nesta simplificação teríamos 65% de área disponível para lotes (área líquida) ou seja, 65 mil m². Com lotes de 500m² obteríamos 130 lotes. Ainda no mesmo processo, teríamos 20 mil m² de ruas a pavimentar.

Várias publicações também informam custos por m² de área bruta da gleba para elaboração de orçamentos estimativos. Entretanto, como cada gleba possui características próprias de topografia, acidentes geográficos, curso d'água, etc, estes valores variam muito e esta aproximação torna o valor final da avaliação completamente inadequado ou ao menos sem confiabilidade.

Vejam os resultados encontrados pelos engenheiros Evandro José da Silva Eloy e Luis Reynaldo Azevedo Cardoso em um trabalho para o XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - CUSTOS DE URBANIZAÇÃO: CONCEITOS E PARÂMETROS.

No seu item 4.1, de dez glebas analisadas, encontraram aproveitamento variando de 51,71% a 64,75% e custo total de urbanização variando de R\$13,02 a R\$16,57 por m² de área bruta (base novembro 2009).

Se, além desta variação, imaginarmos um rio cruzando longitudinalmente o terreno e parte da área com ocorrência de mangues (APP) poderíamos facilmente ter a área líquida disponível reduzida a menos de 50%. Ou seja, a previsão inicial poderia não se concretizar com uma redução importante na área vendável. Utilizando o trabalho acima citado, pode-se facilmente verificar uma diferença de quase 15% a menos na área vendável e um acréscimo de 27% nos custos.

Ainda neste exemplo, consideremos a questão da planilha de vendas. Muitos consideram a data inicial das vendas como a data do laudo, mesmo que o loteamento não esteja aprovado. Ora, como já citado, é crime vender lotes sem a devida aprovação e registro e o prazo para isso varia em cada município.

Imaginando um prazo recorde de seis meses, teríamos que todo o fluxo financeiro seria alterado. Numa simplificação, alterando todo o fluxo, considerando que as obras, pagamento da gleba sejam feitos quando da liberação do registro, ainda assim teríamos uma diminuição do valor calculado ao trazer a valor presente em seis meses. Utilizando uma taxa de desconto de 1% ao ano o resultado seria reduzido em aproximadamente 6,15%.

Ou seja, facilmente o valor real, consideradas as condicionantes legais e mercadológicas seria menor que 50% do valor encontrado com a utilização dos parâmetros ditos "consagrados".

4. CONCLUSÃO

De tudo quanto foi exposto, que fique a recomendação de que cada gleba é única, cada cidade tem as suas regras, que todas devem obedecer as Leis federais e que uma avaliação pelo método involutivo, no que diz respeito a observância da legislação, deve ser realizada com critério e estrito respeito à legislação pátria.

Como a norma recomenda, o projeto deve ser realizável, ou seja, a compatibilidade deve ser

entendida como mais do que as características físicas ou geomorfológicas da gleba e incluir todo o atendimento a legislação urbanística e ambiental.

Uma outra informação importante é que este texto focou apenas no impacto da parte jurídica sobre o Método Involutivo. Recomendamos que o leitor também se informe sobre outras três questões cruciais para utilização do método:

- 1 Determinação das taxas de juros, financiamento de capital próprio, taxa de desconto;
- 2 Metodologia para cálculo do risco do empreendimento e,
- 3 Cálculo da velocidade de vendas e montagem da planilha de vendas.

Uma última recomendação: em se tratando de utilização do Método Involutivo para avaliação de gleba com vocação de empreendimento vertical, é preciso verificar a possibilidade de aumento do potencial construtivo mediante a Outorga Onerosa do Direito de Construir, ou Solo Criado, quando prevista no Plano Diretor, e inclusão na avaliação do custo de aquisição do direito adicional de construir relativo a área ampliada de construção.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRASIL. Legislação

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988

www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm

Código Civil

www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm

Código de Processo Civil

www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm

Estatuto da Cidade – 10.257/2001

www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm

Lei de Parcelamento do Solo -Lei nº 6766/79

www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L6766.htm

NBR 14653. Associação Brasileira De Normas Técnicas. Avaliação de Imóveis Urbanos.

Avvad, Pedro Elias, Direito Imobiliário, Teoria Geral e Negócios Imobiliários, 4ª. edição, Rio de Janeiro, Editora Forense, 2014

Chalhub, Melhim Namem. Direitos Reais, 2ª. edição, São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2014

Chalhub, Melhim Namem. Da Incorporação Imobiliária, 3ª. edição, São Paulo, Editora Renovar, 2010

Eloy, José da Silva e Luis Reynaldo Azevedo Cardoso. Trabalho apresentado no XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Custos de Urbanização: conceitos e parâmetros. Disponível em: www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/566.pdf

Estatuto da Cidade, Guia para implementação pelos municípios e cidadãos, Câmara dos Deputados, Comissão de Desenvolvimento Urbano, Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Instituto Pólis, 3ª Edição, Brasília, 2005

Fiorillo, Celso Antonio Pacheco, Estatuto da Cidade Comentado –, São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2002

Mello, Celso Antônio Bandeira de, Curso de Direito Administrativo, 17ª. edição, São Paulo, Malheiros Editora, 2004

Nunes, Rizatto. Manual de Filosofia do Direito. São Paulo, Saraiva, 2004

Santos, Sergio Roberto Leal dos, Manual de teoria da Constituição, São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2008.

Silva, José Afonso da, Comentário Contextual à Constituição, 6ª. edição, São Paulo, SP, Malheiros editora, 2008

Silva, José Afonso da, Direito Urbanístico Brasileiro, 2ª. edição, São Paulo, SP, Malheiros editora, 2006

13

INTRODUÇÃO AO MÉTODO DA CAPITALIZAÇÃO DA RENDA

Sérgio Antão Paiva

I) OS MÉTODOS ECONÔMICOS DE AVALIAÇÃO

Os três enfoques básicos da engenharia de avaliações são a renda, o custo e a comparação direta. O enfoque da renda tem sua origem no “princípio da rentabilidade”, que estabelece que o valor de um bem explorável economicamente é função da renda futura que presumidamente gerará. Os métodos baseados no enfoque da renda mais comumente utilizados em nossa atividade, também conhecidos como métodos econômicos de avaliação, são o “método involutivo” e o “método da capitalização da renda”.

Os dois métodos, por serem ambos baseados no enfoque da renda, possuem uma base conceitual comum e, em geral, as técnicas utilizadas em um podem também ser aplicadas no outro. Possuem, porém importantes diferenças. A NBR 14.653 define os dois métodos da seguinte maneira:

8.2.2 Método involutivo

Identifica o valor de mercado do bem alicerçado no seu aproveitamento eficiente, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnico-econômica, mediante hipotético empreendimento compatível com as características do bem e com as condições do mercado no qual está inserido, considerando-se cenários viáveis para execução e comercialização do produto.

8.2.4 Método da capitalização da renda

Identifica o valor do bem, com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis. O valor do empreendimento corresponde à capitalização presente da sua receita líquida prevista em cenário viável.

O método involutivo é, em geral, utilizado na avaliação de imóveis atípicos, onde é difícil a aplicação do enfoque da comparação direta, como no caso de grandes glebas urbanizáveis, terrenos em áreas densamente ocupadas e imóveis inconclusos. Já o método da capitalização da renda é usualmente o mais empregado na avaliação de empreendimentos, entre os quais os de base imobiliária, como hotéis, *shopping centers*, parques temáticos, terminais rodoviários, etc.

A diferença principal do método da capitalização da renda em relação ao método involutivo é

que, em geral, no primeiro caso, o empreendimento existe e pode-se projetar o seu rendimento futuro levando em conta também o seu desempenho econômico no passado. Entretanto, há também casos de empreendimentos que são avaliados ainda na fase de projeto, com base em estudos técnicos de viabilidade fornecidos pelo vendedor, também chamados de *greenfield projects*, onde é grande o risco profissional assumido pelo avaliador.

Já o método involutivo é baseado inteiramente num projeto hipotético, mas o seu resultado não é a avaliação do empreendimento como um todo, mas sim de uma parte dele, como o terreno, um prédio inacabado ou necessitando de reforma. Outra diferença importante é que no método da capitalização da renda as receitas decorrem da operação do empreendimento e, em geral, os prazos analisados são longos, contados em anos. No método involutivo as receitas decorrem normalmente da venda das unidades projetadas e os prazos são menores, contados em meses.

A **Tabela 1** a seguir mostra as principais diferenças entre os dois métodos.

TABELA 1 – DIFERENÇAS ENTRE OS MÉTODOS DA CAPITALIZAÇÃO DA RENDA E INVOLUTIVO

Método da capitalização da renda	Método involutivo
Objetivo: valor do empreendimento	Objetivo: valor do terreno ou do imóvel inconcluso
Empreendimento existe ou está projetado	Projeto de aproveitamento é hipotético
Prazo é a vida econômica (anos)	Prazo é o da venda das unidades (meses)
Taxa de juros de longo prazo	Taxa de juros de curto/médio prazo
Receitas operacionais	Receitas de venda

II) CONCEITOS BÁSICOS DO MÉTODO DA CAPITALIZAÇÃO DA RENDA

Conforme definição da NBR 14.653-1, o valor do empreendimento corresponde à capitalização presente da sua receita líquida prevista em cenário viável. Vamos analisar a seguir cada um dos termos mais importantes dessa definição.

A CAPITALIZAÇÃO PRESENTE

O empreendimento será avaliado pela sua capacidade de gerar receita, quando em operação. Mas não basta somar algebricamente as receitas e despesas futuras, previstas para ocorrer durante a vida útil do empreendimento, e verificar o resultado. Como as despesas e receitas ocorrem em diferentes ocasiões, é preciso levar em consideração o valor do dinheiro no tempo, que é um dos assuntos principais da matemática financeira.

Quando se tem em mente o rendimento do capital no tempo, R\$ 100,00 hoje não são iguais a R\$ 100,00 daqui a um ano. Se alguém investir essa quantia na caderneta de poupança terá, depois de um ano, digamos, R\$ 106,00. Assim, R\$ 100,00 na data presente são financeiramente equivalentes a R\$ 106,00 após um ano e a R\$ 112,36 após dois anos, considerando a incidência de juros compostos de 6% a.a.

A expressão básica que dá conta dessa equivalência financeira no tempo leva em consideração os juros compostos incidentes sobre o capital e a quantidade de períodos de capitalização, conforme a seguir:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Onde:

VP = valor presente

VF = valor futuro

i = juros

n = número de períodos de capitalização

Assim, os valores presentes do exemplo anterior podem ser expressos da seguinte maneira:

$$VP_1 = R\$ 106,00 / (1 + 6\%)^1 = R\$ 100,00$$

$$VP_2 = R\$ 112,36 / (1 + 6\%)^2 = R\$ 100,00$$

A expressão do valor futuro (VF) no regime capitalizado de juros é, inversamente:

$$VF = VP * (1 + i)^n$$

Ou seja, o valor futuro de uma quantia de R\$ 100,00, sujeita a juros compostos de 6% a.a., é de R\$ 106,00 no primeiro ano e de R\$ 112,36 no segundo:

$$VF_1 = R\$ 100,00 * (1 + 6\%)^1 = R\$ 106,00$$

$$VF_2 = R\$ 100,00 * (1 + 6\%)^2 = R\$ 112,36$$

Assim, o fator de atualização $(1 + i)^n$ é utilizado tanto para trazer receitas e despesas a valor presente, como levá-las a valor futuro, cabendo apenas definir a taxa (i) a ser utilizada e o número (n) de períodos de capitalização.

O efeito poderoso dos juros compostos é frequentemente ilustrado com uma negociação

ocorrida em 1626 entre os índios da etnia Lenape e o valão Peter Minuit, que lhes teria pago 60 moedas holandesas correspondentes hoje a US\$ 1.000,00 pela ilha de Manhattan, onde se situa hoje Nova Iorque. Atualizando o valor pago para 2017, com uma modesta taxa de juros de 6% a.a., chegaríamos hoje à fantástica quantia de:

$$\text{\$ } 1000 \times 1,06^{(2017 - 1624)} = \text{US\$ } 8,81 \times 10^{12}$$

Tal valor corresponde aproximadamente à metade de toda a riqueza (Produto Interno Bruto) produzida pelos Estados Unidos em 2016. Do ponto de vista da equivalência financeira com o uso dos juros compostos, não se poderia dizer que os índios Lenape tenham feito mau negócio, desde que, evidentemente, tivessem investido as 60 moedas a 6% a.a. e esperado 393 anos...

Quando se avalia um empreendimento, a taxa de juros a ser considerada no desconto das receitas e despesas para a obtenção do seu valor presente não é simplesmente uma taxa como a da poupança. Para que o empreendimento tenha atratividade para um investidor, ele deve render uma taxa de juros superior à taxa de remuneração básica da economia. Esta última taxa é aquela que é possível se obter praticamente sem risco, como com a compra de títulos públicos emitidos pelo governo central de um país soberano, onde é pequena a probabilidade de calote por parte do credor.

A taxa de desconto aplicada às receitas e despesas de um empreendimento durante a sua vida útil econômica, para efeito do cálculo de seu valor presente, é denominada de taxa mínima de atratividade do investidor (TMA), sendo uma composição da taxa de remuneração básica da economia e de uma taxa de risco que depende das características do empreendimento. Empreendimentos de menor risco exigem uma TMA menor e vice-versa.

Quanto ao prazo do empreendimento, dentro do qual serão projetadas as receitas e as despesas em suas respectivas épocas e depois trazidas a valor presente, ele é usualmente dimensionado de duas formas:

- Por um período arbitrado de acordo com o tipo do empreendimento, comumente de 10, 12, 15 ou 20 anos. Nesse caso, deve ser estimado um valor residual do empreendimento ao final do prazo, a ser considerado como a derradeira receita.
- Por um prazo correspondente à vida útil econômica do empreendimento, que pode ser definida, conforme o Prof. André Maciel Zeni, como aquela a partir da qual o valor presente

$$1\% \cdot V F \frac{V F}{(1+i)^n}$$

da receita líquida é inferior a 1% dela própria, ou seja:

Operando a expressão acima, a expressão da vida útil econômica n é:

$$n = \frac{\ln(100)}{\ln(1+i)}$$

AS RENDAS LÍQUIDAS PREVISTAS

Estabelecida a forma de trazer a valor presente as rendas líquidas do empreendimento ao longo do prazo analisado, com a utilização do fator de atualização financeira anteriormente exposto, é necessário fazer referência a como estimar as rendas líquidas, previstas para ocorrer no futuro.

As rendas líquidas são a diferença entre as receitas e as despesas observadas, por exemplo, no 1º ano, no 2º ano, ..., até o enésimo ano (normalmente, no caso dos empreendimentos de base imobiliária, a periodicidade adotada é a anual).

Como projetar as receitas e despesas do empreendimento ao longo de 10, 20 ou 30 anos? Em primeiro lugar, é preciso compreender o funcionamento econômico do tipo de empreendimento em análise, de forma a definir a sua estrutura de contas, essencial para a elaboração do fluxo de caixa em cada período. Definida a estrutura de contas, será necessário projetar o seu comportamento ao longo do tempo, o que pode ser feito com base nos relatórios de desempenho do próprio empreendimento, caso existam, ou de empreendimentos semelhantes, nos últimos 3 a 5 anos.



Alguns tipos de empreendimentos de base imobiliária, como hotéis e *shopping centers*, possuem estatísticas de desempenho produzidas por associações empresariais ou órgãos públicos, que permitem ao avaliador uma base mais segura para as suas projeções de receitas e despesas ao longo do tempo.

Assim, com dados do desempenho do próprio empreendimento e de outros do seu segmento econômico, podem ser feitas hipóteses sobre o comportamento de variáveis básicas que influem sobre as receitas e as despesas ao longo do tempo.

Por exemplo, no caso de hotéis, duas variáveis de grande importância para o estabelecimento das receitas são as diárias médias cobradas e a taxa de ocupação das unidades. É possível, com base no desempenho passado, estabelecer uma tendência para a evolução da taxa de ocupação de um determinado hotel e compará-la com o que vem sendo observado nos estudos setoriais para o tipo específico de hotel e para o local onde se situa. Dessa forma, é possível estabelecer hipóteses pessimistas, prováveis ou otimistas para as variáveis mais relevantes em cada tipo de estabelecimento, compondo cenários diferentes para a sua valoração.

O fluxo de caixa para cada cenário, considerando inclusive os impostos incidentes sobre a atividade econômica específica, é trazido a valor presente com a utilização da taxa mínima de atratividade, constituindo esse valor presente o valor estimado para o empreendimento.

A **Figura 1** a seguir expressa graficamente o fluxo de caixa ao longo do *prazo n* do empreendimento analisado e o seu valor presente líquido (VPL), obtido pela aplicação do fator de atualização correspondente a cada um dos períodos. As setas apontadas para cima designam as receitas do empreendimento e as apontadas para baixo, as despesas. O VPL apresenta-se negativo, pois representa o investimento a realizar, a quantia a ser inicialmente aportada para permitir que as rendas líquidas futuras ocorram.

FIG.1 – MODELO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO: O VALOR PRESENTE DE RENDAS LÍQUIDAS FUTURAS



Neste caso, o empreendimento ainda será implantado, existindo as fases de implantação, de início de operação e de operação propriamente dita. Observe-se que, ao final do prazo, no

período *n*, é estimado um valor residual.

AS DUAS VARIANTES BÁSICAS DO MÉTODO DA CAPITALIZAÇÃO DA RENDA

O método da capitalização da renda pode ser empregado de forma determinística, ou seja, fixando-se as receitas e as despesas ao longo do tempo, sem a previsão de qualquer tipo de variação. Neste caso, trata-se de um modelo determinístico.

Pode-se adotar, entretanto, premissas de variação para as variáveis mais importantes que afetam as receitas e as despesas ao longo do tempo e calcular os respectivos VPL. Se forem atribuídas distribuições de probabilidade para dar conta dessas variações, o modelo é designado como probabilístico.

Nos modelos determinísticos, a taxa de desconto corresponde à taxa mínima de atratividade (TMA) e é uma composição da taxa livre de risco e de um prêmio de risco, conforme abaixo:

$$TMA = (1+R) * (1+r) - 1 \quad [1]$$

Onde:

R = taxa de remuneração (livre de risco)

r = taxa de risco

Nos modelos probabilísticos, o risco do empreendimento é calculado por meio de uma técnica denominada “análise de risco”, considerando-se, inicialmente, como taxa de desconto do fluxo de caixa a taxa livre de risco *R*.

Os cenários dos modelos determinísticos são aqueles em que todas as grandezas utilizadas no fluxo de caixa do empreendimento **são consideradas conhecidas**, sob certas circunstâncias de mercado e é aceitável a consideração do risco por meio de um **prêmio de risco**, conforme estipula o item 7.5.1.5.5 da NBR 14.653-4.

No caso dos modelos probabilísticos, os parâmetros dos fluxos de caixa estão sujeitas a variações aleatórias, que são responsáveis pelo risco.

Há diversas formas de tratar a aleatoriedade das variáveis: por meio de um conjunto de cenários determinísticos, que podem ser considerados como uma amostra de um universo de cenários possíveis, conforme técnica introduzida pelo Engº André Maciel Zeni; pelo “método das probabilidades das variações paramétricas”, divulgado pelo Engº Roberto Vianna de Miranda; ou ainda pelo uso da “simulação de Monte Carlo”.

III) A TAXA DE DESCONTO DO FLUXO DE CAIXA

Segundo o item 7.5.1.4 da NBR 14.653-4, a taxa de desconto a ser adotada no fluxo de caixa corresponde ao custo de oportunidade para o empreendedor.

O custo de oportunidade do capital é definido pela mesma norma como a maior taxa de juros auferível no mercado em outras oportunidades de investimentos concorrentes, levando em consideração o montante investido, o prazo e o nível de risco.

Como já mencionado, nos modelos determinísticos a taxa de desconto é uma composição da taxa livre de risco com um prêmio de risco, enquanto nos modelos probabilísticos o risco do empreendimento é calculado por meio da análise de risco, que considera, inicialmente, a taxa de desconto igual à taxa livre de risco.

No item 7.5.1.4, a NBR 14.653-4 consigna claramente a sua preferência pela utilização dos modelos probabilísticos, que dispensam a fixação arbitrária de um prêmio de risco.

Num país como o nosso, onde a inflação ainda tem especial impacto econômico, o avaliador também deve escolher, qualquer que seja a variante do método adotada (determinística ou probabilística) se o fluxo de caixa com o qual trabalhará será **nominal**, ou seja, com a adoção de moeda **corrente** para as receitas e despesas, ou se a moeda adotada será o **real** da data de referência da avaliação, portanto, sem a consideração da inflação.

Se o avaliador adotar uma taxa de desconto nominal, deverá considerar os efeitos inflacionários futuros sobre as receitas e as despesas.

Ao contrário, se adotar uma taxa de desconto real (ou seja, com a dedução da inflação esperada), as receitas e as despesas não precisam, em princípio, considerar a inflação futura. Este é o procedimento mais frequentemente utilizado, por sua praticidade.

A taxa de desconto **real** corresponde à taxa de desconto **nominal**, deduzida a inflação esperada, conforme a equação [2] a seguir:

$$\text{taxa real} = [(1 + \text{taxa nominal}) / (1 + \text{inflação esperada})] - 1 \quad [2]$$

A NBR 14.653-4, em sua Tabela 4, atribui diferentes graus de fundamentação para a especificação do laudo, em função da maneira com que definiu a taxa de desconto dos fluxos de caixa: Grau I para as taxas arbitradas; Grau II para as justificadas e Grau III para as fundamentadas.

O item 3.84 da NBR 14.653-4 define a taxa mínima de atratividade (TMA) como a taxa de desconto do fluxo de caixa, compatível com a natureza e características do empreendimento, bem como com a expectativa mínima de emulação do empreendedor, em face da sua carteira de ativos.

Em outras palavras, é a taxa mínima que um **empreendedor** exige receber como retorno financeiro de um **empreendimento** específico, equivalente, portanto, ao seu custo de oportunidade.

TMA ARBITRADA

O arbitramento da TMA passa pela composição da taxa mínima de **remuneração** (TR) com o prêmio de **risco**, conforma mencionado na equação [1].

As taxas de remuneração mais utilizadas nesse processo de arbitramento são: a) a taxa SELIC, que é a taxa prime do mercado financeiro brasileiro, expressa em termos nominais e antes da incidência do imposto de renda; b) a taxa CDI/over, que é a taxa média ponderada das operações por um dia dos certificados de depósitos interbancários, correspondendo ao *benchmark* do mercado para as aplicações financeiras, também expressa nominalmente e antes do IR (o seu valor é muito próximo ao da SELIC); c) as taxas de remuneração dos títulos do Tesouro Nacional, como as NTN, LTN e LFT, expressas em geral em termos nominais (sem a dedução da inflação) e antes da incidência do IR; d) títulos de renda fixa de grandes bancos, como a **CAIXA**.

Os prêmios de risco arbitrados variam de acordo com o tipo do empreendimento e também são expressos nominalmente. Usualmente, são atribuídas as seguintes faixas para as taxas mínimas de risco dos empreendimentos:

- 2% - 5% a.a. – risco baixo
- 5% - 8% a.a. – risco médio
- 8% - 25% a.a. – risco alto

Exemplo:

Um avaliador atribui como taxa de remuneração a equivalente ao rendimento líquido do CDB de um grande banco, remunerado a 100% do CDI (12,40%). Tal investimento é taxado a uma alíquota de 15% do IR, após 2 anos. A taxa de remuneração líquida nominal é, portanto:

$$12,40\% \times (1 - 15\%) = 10,54\% \text{ a.a. (nominal, após IR)}$$

Risco do empreendimento arbitrado (baixo) = 4% a.a. (nominal)

$$\text{TMA} = (1 + 10,54\%) \times (1 + 4\%) - 1 = 14,96\% \text{ a.a. (nominal, após IR)}$$

Para a determinação da TMA real, o avaliador considerou uma previsão inflacionária (considerando o IPCA) de 6,1% a.a., chegando à seguinte taxa:

$$\text{TMA} = (1 + 14,96\%) / (1 + 6,1\%) - 1 = 8,35\% \text{ a.a. (real, após IR)}$$

TMA JUSTIFICADA

A TMA pode ser estabelecida pelo contratante da avaliação. No caso de não corresponder a uma TMA média de mercado para o tipo de empreendimento em questão, o VPL calculado não seria uma aproximação do valor de mercado, mas sim um valor especial, conforme definido pelo projeto de revisão da NBR 14.653-1.

Por exemplo, uma entidade de previdência privada pode considerar uma TMA que seja equivalente a sua meta atuarial. Supondo que esta seja de 5,5% a.a. e uma previsão para o INPC de 6,8%, a TMA justificada seria de:

$$TMA = (1 + 5,5\%) * (1 + 6,8\%) - 1 = 12,7\% \text{ a.a. (nominal)}$$

Outra possibilidade de TMA justificada é a utilização de estimativas de terceiros sobre o custo médio ponderado do capital (modelo WACC) de empresas atuantes no ramo de atividade do empreendimento.

Por sua vez, o Centro de Estudos do Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (CEMEC) publica mensalmente os *Indicadores de Custo do Capital Próprio* (modelo CAPM), por setor de atividade, com a apresentação de taxas reais e nominais e a utilização de dois métodos.

TMA FUNDAMENTADA

Na adoção de uma TMA fundamentada, cabe ao avaliador fazer a sua estimativa por conta própria, utilizando um dos procedimentos a seguir.

a) Modelo de precificação de ativos financeiros (CAPM)

Esse modelo, cujas iniciais provêm de sua designação em inglês (*Capital Asset Pricing Model*) é expresso basicamente pela equação [3].

$$TMA = R_f + \beta * (R_m - R_f) \quad [3]$$

$(R_m - R_f)$ = prêmio de risco do mercado de ações

Onde:

TMA = taxa mínima de atratividade = retorno exigido sobre o empreendimento

R_f = taxa de mercado livre de risco (*risk free rate*)

β = coeficiente beta (risco específico do setor de atividade do empreendimento)

R_m = taxa de retorno do mercado de ações

A taxa de mercado livre de risco R_f corresponde à taxa de um investimento cujo retorno é garantido, ou seja, equivalente ao retorno esperado. Neste investimento, o retorno é garantido, não há risco de inadimplência para qualquer cenário nem variância do valor esperado. A sua garantia é dada por governos soberanos que podem emitir moeda. As taxas dos títulos do

governo americano (*T-Bonds*) de 10 anos são frequentemente utilizadas no modelo CAPM como a taxa livre de risco.

A taxa de retorno de mercado R_m representa a média (aritmética ou geométrica) do retorno do mercado de ações (medido pelos índices das bolsas de valores como o S&P500, o *Dow Jones* e o Ibovespa) para um dado intervalo de tempo (por ex.: mensal, anual) e período (por ex.: de 2000 a 2011)

Assim, $(R_m - R_f)$ representa o prêmio de risco médio do mercado de ações sobre a taxa livre de risco.

A **Tabela 2** apresenta os prêmios de risco observados no mercado americano, conforme Aswath Damodaran¹.

TABELA 2 – PRÊMIOS DE RISCO DO MERCADO AMERICANO

Período histórico	Prêmio de risco (%)			
	T-Bond de 10 anos		T-Bond de 30 anos	
	Média aritmética	Média geométrica	Média aritmética	Média geométrica
1928-2007	7,78%	5,94%	6,42%	4,79%
1967-2007	5,94%	4,75%	4,33%	3,50%
1997-2007	5,26%	3,86%	2,68%	1,51%

O risco específico do empreendimento β corresponde ao coeficiente angular de uma regressão linear simples que relaciona os retornos de ações de empresas do setor, compatíveis em termos de riscos com o empreendimento² (R_j), e os retornos médios do mercado acionário³ (R_m), no mesmo intervalo de tempo e período, conforme apresentado na equação [4].

$$R_j = \alpha + \beta * R_m \quad [4]$$

A **Tabela 3** apresenta o risco específico β no setor da construção civil brasileira, conforme apurados por Damodaran.

TABELA 3 – O β NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

1 O site na Internet de Aswath Damodaran apresenta muitas informações úteis para as avaliações econômicas. Consulte <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
 2 Por exemplo, sua rentabilidade mensal no período de 2000 a 2011.
 3 Variações dos índices das bolsas de valores, como NYSE, S&P500 e Ibovespa.

Empresa	Beta
PDG Realty S.A. Empreendimentos e Participações (BOVESPA:PDGR3)	1,32
Cyrela Brazil Realty S.A (BOVESPA:CYRE3)	1,73
MRV Engenharia e Participações S.A. (BOVESPA:MRVE3)	1,48
Gafisa S.A. (BOVESPA:GFSA3)	1,67
Rossi Residencial S.A. (BOVESPA:RSID3)	1,37
Brookfield Incorporações SA (BOVESPA:BISA3)	1,40
EZTEC Empreendimentos e Participações SA (BOVESPA:EZTC3)	1,01
Even Construtora e Incorporadora S.A. (BOVESPA:EVEN3)	1,21
Tecnisa S.A. (BOVESPA:TCSA3)	1,32
Helbor Empreendimentos S.A. (BOVESPA:HBOR3)	0,89
Inpar S.A. (BOVESPA:INPR3)	0,96
Camargo Correa Desenvolvimento Imobiliário S.A. (BOVESPA:CCIM3)	1,28
Rodobens Negócios Imobiliários S.A. (BOVESPA:RDNI3)	0,96
Trisul S.A. (BOVESPA:TRIS3)	0,79
CR2 Empreendimentos Imobiliários SA (BOVESPA:CRDE3)	0,90
Média	1,22

Convém ressaltar que a equação [3] é utilizada inicialmente com taxas nominais. A transformação final em taxa real não oferece maiores dificuldades, bastando a utilização da equação [2], com o cuidado de escolher a previsão inflacionária adequada.

Outra observação importante é que, no caso da utilização da taxa livre de risco do tesouro americano e do prêmio de risco do mercado americano, é necessário introduzir na equação [3] uma terceira parcela, relativa ao prêmio de risco do Brasil.

b) Modelo do custo médio ponderado de capital (WACC)

Nesse modelo, derivado da expressão inglesa *weighted average cost of capital*, a TMA corresponde ao custo de cada componente de financiamento utilizado pela empresa, ponderado por sua respectiva participação na estrutura de financiamento da empresa, conforme a equação [5] a seguir.

$$WACC = K_b (1 - \tau) \frac{B}{V} + K_p \frac{P}{V} + K_s \frac{S}{V} \quad [5]$$

Onde:

K_b = custo das dívidas antes dos impostos

K_p = custo das ações preferenciais

K_s = custo do capital próprio

B = valor de mercado da dívida

P = valor de mercado das ações preferenciais

S = valor de mercado do patrimônio líquido

V = valor de mercado do *mix* de financiamento

$V = B + P + S$

T = benefício fiscal (juros dedutíveis do IR)

IV) O MODELO DA AMOSTRA DE CENÁRIOS DETERMINÍSTICOS

Esse modelo foi difundido pelo Eng^o André Maciel Zeni e consiste na montagem de pelo menos 5 cenários determinísticos para o desempenho futuro do empreendimento, dos mais pessimistas aos mais otimistas.

Assim, para cada variável-chave com impacto sobre o fluxo de caixa são feitas previsões de comportamento, com variações que afetam as receitas e as despesas, de acordo com cada cenário.

Para os cenários mais pessimistas são arbitrados menores prêmios de risco e, para os mais otimistas, maiores. Assim, o VPL de um cenário pessimista será calculado com uma TMA inferior à de um cenário mais otimista.

Os VPL calculados para cada um dos cenários determinísticos podem ser considerados como uma amostra de uma população de cenários possíveis, permitindo o cálculo de um intervalo de confiança onde o VPL médio da população tem a probabilidade de 80% de estar contido, com a utilização da equação [6] da estatística inferencial.

$$\text{Onde:} \quad \lim \sup, \lim \inf = \bar{x}_{VPL} \pm \frac{S_{VPL} \cdot t_{80\%;n-1}}{\sqrt{n}} \quad [6]$$

$\lim \sup, \lim \inf$ = limites do intervalo de confiança para a média dos VPL da população;

\bar{x}_{VPL} = média dos VPL da amostra;

$t_{80\%;n-1}$ = t de Student para o nível de confiança de 80% e n-1 graus de liberdade

n = tamanho da amostra

O resultado final da avaliação pode ser tanto a média amostral quanto o intervalo de confiança para a média dos cenários possíveis.

V) O MODELO DAS PROBABILIDADES DAS VARIAÇÕES PARAMÉTRICAS

Esse modelo é de cunho probabilístico e foi difundido pelo Eng^o Roberto Vianna de Miranda. Nele o VPL é relacionado ao nível do risco que se pretende assumir. Assim, o resultado da sua aplicação é uma curva de riscos, na qual VPL menores estão associados a riscos menores e vice-versa.

O primeiro passo para a sua aplicação exige o desconto do fluxo de caixa do empreendimento, com a utilização da taxa livre de risco (taxa de remuneração), considerando o cenário mais provável, ou seja, as receitas e despesas em suas condições médias.

Feito isso, realiza-se uma análise de sensibilidade das variáveis para o resultado do fluxo de caixa, impondo variações (por exemplo: de $\pm 5\%$, de $\pm 10\%$) e verificando-se a sua repercussão no VPL.

As variáveis correspondentes a receitas ou a despesas específicas da estrutura de contas do fluxo de caixa do empreendimento que forem consideradas as mais sensíveis para o VPL são selecionadas para variar segundo 3 cenários básicos: pessimista, provável e otimista, com base na experiência do avaliador ou após consulta a especialistas.

Um exemplo, no caso de um empreendimento de base imobiliária, poderiam ser as receitas de aluguel das unidades de um prédio de escritórios, previstas ao longo da sua vida econômica. É possível estabelecer que o crescimento real dessas receitas seja de 1% ao ano no cenário otimista, 0% no provável e que decresça 2% no cenário pessimista.

Os valores dessas receitas, em cada cenário, são trazidas a valor presente e representarão o valor mais otimista (MOT), o valor mais provável (MPR) e o valor mais pessimista (MPS) para a conta específica, neste caso a receita com os aluguéis dos escritórios.

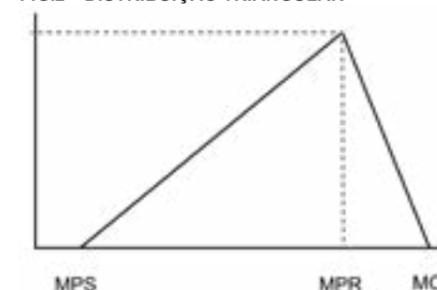
A partir desse ponto, é necessário atribuir distribuições de probabilidade para a variação dessas receitas ou despesas, que tenham relação com o que se espera do seu comportamento futuro.

As distribuições de probabilidade mais utilizadas nesse modelo probabilístico são a distribuição triangular e a distribuição Beta-Pert. Isso se deve à praticidade do cálculo das médias e das variâncias para essas distribuições, com a necessidade de fixação de apenas três valores (no nosso caso: MPS, MPR e MOT).

A distribuição triangular tem as seguintes expressões para a média μ e a variância σ^2 :

$$\mu = \frac{MPS + MPR + MOT}{3}$$
$$\sigma^2 = \frac{MPS^2 + MPR^2 + MOT^2 - MPS \cdot MPR - MPS \cdot MOT - MPR \cdot MOT}{18}$$

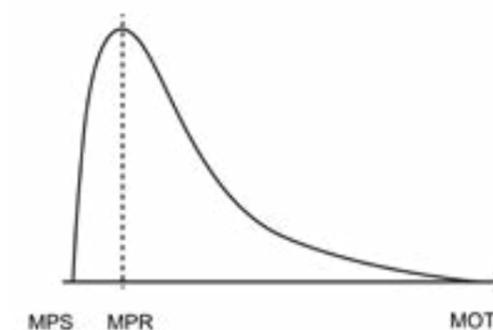
FIG.2 - DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR



Já a distribuição Beta-Pert possui as seguintes características:

$$\mu = \frac{MPS + 4 \cdot MPR + MOT}{6}$$
$$\sigma^2 = \left(\frac{MOT - MPS}{6} \right)^2$$

FIG.3 - DISTRIBUIÇÃO BETA-PERT



Após a atribuição das distribuições de probabilidade mais adequadas para as variáveis consideradas aleatórias, com os seus valores mais pessimista (MPS), mais provável (MPR) e mais otimista (MOT), é possível montar o fluxo de caixa das variações paramétricas.

Segundo o Teorema Central do Limite, o VPL do fluxo de caixa do empreendimento, qualquer que seja a distribuição de probabilidade das variáveis (que devem ser, entretanto, independentes entre si), tende a uma distribuição normal de probabilidade, com as seguintes

propriedades:

- A média da distribuição normal \overline{VPL} é igual à soma algébrica das médias das distribuições de probabilidade das variáveis componentes da estrutura de contas do fluxo de caixa⁴;
- O desvio-padrão da distribuição normal σ_{VPL} é igual à raiz quadrada da soma das variâncias das distribuições de probabilidade das variáveis consideradas⁵.

Calculada a média e o desvio-padrão da distribuição normal de VPL, conforme acima, é possível estabelecer, para uma determinada taxa de remuneração:

- A probabilidade de um empreendimento alcançar um VPL_k inferior a um determinado valor (risco):

$$VPL_k \rightarrow \text{cálculo de } Z_k \rightarrow \text{probabilidade}^6$$
- O VPL associado a um determinado risco (por exemplo, o VPL abaixo do qual existe 10% de probabilidade de insucesso):

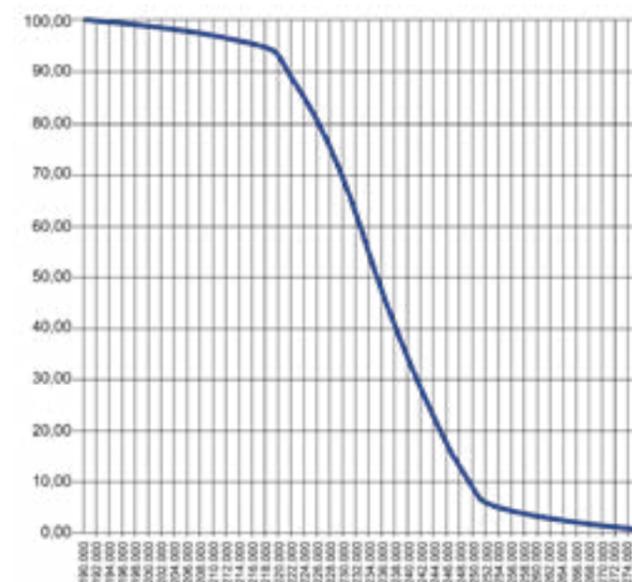
$$\text{probabilidade} \rightarrow z_k \rightarrow \text{cálculo do } VPL_k$$

No Excel as sintaxes utilizadas para a distribuição normal são as seguintes:

- DIST.NORMP(z): a partir do valor conhecido de z, tem-se o cálculo da probabilidade acumulada de $-\infty$ até z;
- INV.NORMP(probabilidade): a partir do valor conhecido da probabilidade acumulada de $-\infty$ até z, tem-se o valor de z.

É possível, então, apresentar uma curva de risco, associando a cada VPL uma probabilidade de sucesso, a uma dada taxa de remuneração. Na **Figura 4** é apresentado um exemplo de uma curva traçada com os resultados da aplicação do modelo do Fluxo de Variações Paramétricas.

FIG.4 – CURVA DE RISCOS: PROBABILIDADE DE SUCESSO X VALOR DO INVESTIMENTO



Supondo que o comprador do empreendimento da **Figura 4** deseje correr um risco de insucesso máximo de 10%, ele deveria pagar no máximo o valor de R\$ 222.000.000,00⁷, pois, neste caso, ele tem 90% de chance de o VPL vir a ser igual ou superior ao valor do investimento, considerada a taxa de remuneração adotada.

É uma prática comum nas avaliações pelo método da capitalização da renda adotar como resultado final o VPL correspondente a menos um desvio padrão ($z = -1$), na distribuição normal padronizada.

Neste caso, a probabilidade de insucesso, ou seja, de o VPL ser inferior ao valor adotado, é de 15,9%.

VI) SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

A base conceitual desse modelo é praticamente a mesma do Fluxo de Variações Paramétricas (FVP), com a diferença que a distribuição final dos VPL não é determinada teoricamente, mas sim de forma empírica, por meio de um elevado número de simulações, com o auxílio de aplicativos.

O primeiro passo, como no modelo FVP, é descontar o fluxo de caixa do empreendimento, para o cenário provável, com a taxa livre de risco, também chamada de taxa de remuneração.

Em seguida, realiza-se, da mesma forma que no modelo FVP, a análise de sensibilidade das

4 No caso de contas que não forem consideradas aleatórias, a média corresponde simplesmente ao seu valor presente.

5 No caso de contas que não forem consideradas aleatórias, a variância é zero.

6 Lembramos aqui que a variável z da curva normal padronizada é correspondente, neste caso, a $z_k = \frac{VPL_k - \overline{VPL}}{\sigma_{VPL}}$ onde VPL_k é o VPL a ser testado, \overline{VPL} é a média dos VPL e σ_{VPL} é o desvio-padrão dos VPL.

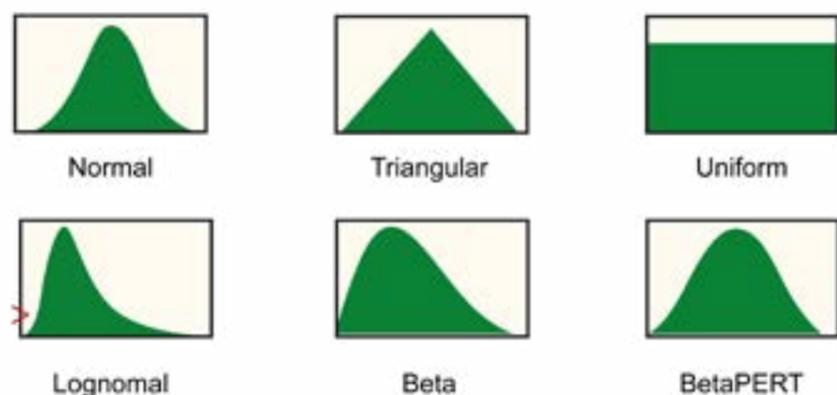
7 Os valores da Figura 4 estão expressos em milhares de reais.

variáveis que mais impactam o fluxo de caixa, impondo variações (por exemplo: de $\pm 5\%$ ou de $\pm 10\%$) e verificando a repercussão dessas variações no VPL do fluxo de caixa.

São selecionadas as variáveis mais sensíveis, a serem tratadas como variáveis aleatórias e às quais são atribuídas distribuições de probabilidade. As mais utilizadas na prática são a Normal, a Triangular, a Uniforme, a Lognormal, a Beta e a BetaPERT, cujas formas estão apresentadas na **Figura 5**.

Em seguida, é necessário caracterizar as distribuições de probabilidade de cada uma das variáveis aleatórias. No caso da utilização das distribuições Triangular e BetaPERT, devem ser definidos, como no FVP, os seus valores mais pessimista (MPS), mais provável (MPR) e mais otimista (MOT).

FIG.5 – DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE DAS VARIÁVEIS MAIS UTILIZADAS NAS SIMULAÇÕES



FORTE: CRYSTAL BALL

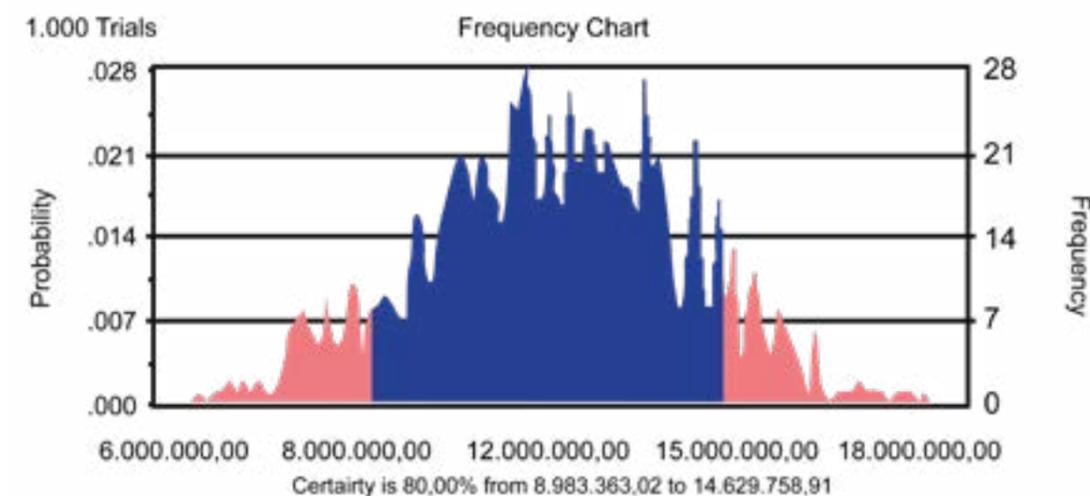
Os aplicativos específicos de análise de risco, como o *Crystal Ball* ou o *@Risk*, são capazes de executar milhares de simulações com os valores escolhidos randomicamente para cada uma das variáveis, obedecidas as respectivas distribuições de probabilidade.

Os aplicativos dispõem os milhares de resultados obtidos para o VPL na forma de um histograma de frequências relativas, como o da **Figura 6**.

Observe-se que quanto mais simulações forem realizadas, mais o histograma se assemelhará a uma curva normal, independentemente da forma das distribuições de probabilidade das variáveis.

Também é digno de nota que os aplicativos são capazes de calcular as probabilidades dos VPL ocorrerem em um determinado intervalo. Na **Figura 6** os valores situados entre R\$8.983.363,02 e R\$14.629.758,91 têm 80% de probabilidade de ocorrência.

FIG.6 – HISTOGRAMA DOS VALORES DOS VPL E UM EMPREENDIMENTO, APÓS 1.000 SIMULAÇÕES NO APLICATIVO CRYSTAL BALL



FORTE: CRYSTAL BALL

Na mesma figura, pode-se deduzir que há uma chance de 10% de o empreendimento valer menos de R\$ 8.983.363,02. Se, por exemplo, este for o nível de risco que o comprador está disposto a assumir, ele deve ter em mente que há 10% de chance de insucesso, ou seja, de não recuperar o valor investido, considerada a taxa de remuneração do capital adotada.

VII) CONCLUSÃO

O emprego do método da capitalização da renda implica muitos desafios, que decorrem principalmente da dificuldade humana de prever o futuro.

Dentre eles, destacam-se os seguintes:

- Em que períodos alocar as receitas e despesas ao longo do tempo, em cada um dos cenários?
- Que valores e critérios adotar para a evolução das receitas e despesas ao longo do tempo, também em cada cenário?
- Que taxa de desconto adotar para o fluxo de caixa?
- No caso de utilização de modelos probabilísticos, que distribuição de probabilidade adotar para as variáveis mais sensíveis e quais são os seus valores característicos (valor mais otimista, valor mais provável, valor mais pessimista, no caso das distribuições triangular e Beta-Pert; média e desvio-padrão, no caso da distribuição normal, etc.)?
- Qual é o nível de risco que será assumido ao final do processo, que indicará o resultado da avaliação?

Em suma, é necessário, antes de tudo, um conhecimento satisfatório sobre a atividade na qual se insere o empreendimento. Isso pressupõe, sobretudo, o acesso a dados sobre o seu desempenho pretérito, bem como de outros empreendimentos semelhantes.

O avaliador deve ter em mente que a complexidade da modelagem nunca será capaz de substituir o conhecimento da atividade, condição essencial para a realização de qualquer avaliação confiável pelo método da capitalização da renda.

BIBLIOGRAFIA

Copeland, Tom; Koller, Tim; Murrin, Jack – “Avaliação de Empresas Valuation – Calculando e Gerenciando o Valor das Empresas”, Makron Books do Brasil Editora, 2000;

Damodaran, Aswath – “Avaliação de Investimentos - Ferramentas para avaliar qualquer ativo”, Qualitymark Editora, 1ª edição, 1997;

De Faro, Clóvis – “Elementos de Engenharia Econômica” – Editora Atlas, 1979;

Dubi, A – “Monte Carlo Applications in Systems Engineering” – John Wiley e Sons Ltd, 2000;

Gitman, Lawrence J. – “Princípios de Administração Financeira” – 3ª edição, Editora Harbra, 1984;

Hirschfeld, Henrique – “Engenharia Econômica” – Editora Atlas, 3ª edição, 1984.

Lima, Gabriel A. Costa Lima – “Métodos para previsão e planejamento estratégico”, apostila de treinamento para a utilização do software Crystal Ball da Oracle, 2008;

Miranda, Roberto Vianna de – “Manual de decisões financeiras e análise de negócios” – Record, 1999;

Neiva, R.A. – “Valor de Mercado da Empresa”, Editora Atlas, São Paulo, 2ª edição, 1997;

Neves, César das – “Projetos industriais e engenharia econômica” – Zahar Editores, 1982;

Zeni, André Maciel – “Avaliações técnico-econômicas – Módulo avançado” – apostila do curso promovido pela ABDE, Porto Alegre, 1999;

Zeni, André Maciel – “Curso de análise de investimentos imobiliários” – apostila do curso promovido pela Fundação dos Economistas Federais, Brasília, 1995.

Zeni, André Maciel – “Curso de avaliação de shopping centers” – apostila do curso promovido pela Fundação dos Economistas Federais, Porto Alegre, 1994.

