XXXI CONGRESSO
PAN-AMERICANO
DE AVALIAÇÕES

19 A 21 OUT

UPAV

MERCADO DE REAL
ESTATE, AVALIAÇÃO E
CICLOS ECONÔMICOS:
O CENÁRIO PAN-AMERICANO

2016 BRASIL
RIO DE JANEIRO
HOTEL WINDSOR BARRA

AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS: DETERMINAÇÃO DOS FATORES E DA MATRIZ DE HOMOGENEIZAÇÃO PELO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

Paulo Fábio Bregalda do Carmo

Promoção

UNION PANAMERICANA DE ASOCIACIONES DE VALUACION -UPAV-

Organização

IBAPE
NACIONAL

AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS: DETERMINAÇÃO DOS FATORES E DA MATRIZ DE HOMOGENEIZAÇÃO PELO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o Método de Análise Hierárquica (MAH) (Analytic Hierarchy Process - AHP), sua aplicabilidade e adequação, na decisão da escolha de Fatores e de seus valores para a formação da Matriz de Homogeneização aplicada no Método Direto de Dados do Mercado, definidos na NBR 14653-1,2, 3.

PALAVRAS-CHAVE: Análise hierárquica, Decisão multicritério, Avaliação.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 – O METODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (MAH)

A teoria e desenvolvimento do Método de Análise Hierárquica (MAH) tem suas origens em 1971, quando Saaty estava trabalhando no planejamento para o Departamento de Defesa dos EUA. As escalas, que relacionam opiniões a números, ocorreram durante os acontecimentos de junho de 1972, no Cairo, enquanto Saaty analisava os efeitos do “Sem Paz”, “Sem Guerra” sobre a situação econômica, política e militar do Egito. O amadurecimento aplicativo da teoria surgiu no Sudão, em 1973, quando Saaty dirigia o Estudo dos Transportes deste pais. As aplicações do MAH foram muitas e diversificadas, indo de uma análise do terrorismo, para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento, ao conflito na Irlanda do Norte, até a distribuição de recursos conforme a prioridade estabelecida pelo governo. Surgiram, então, aplicações sofisticadas como “Riqueza das Noções Através de Sua Influência no Mundo”, “Alocação de Energia” e outras.

Segundo Saaty, a análise multicritério deveria ser uma ciência de medição baseada em matemática, psicologia e filosofia. Influenciado por essas ideias, ele desenvolveu em 1977 o método de tomada de decisão, denominado de Processo de Análise Hierárquica - Analytic Hierarchy Process (AHP) - que se baseia em comparações entre cada uma alternativa com as demais, utilizando uma escala de medidas capaz de refletir o grau da preferência do julgador por uma das duas alternativas. Em um primeiro momento são realizadas as comparações segundo cada critério, após esses resultados, são agregados a fim de se obter uma única ordenação das alternativas.

No dizer de Saaty, a teoria reflete o que parece ser um método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, Saaty os agrega a grupos segundo propriedades comuns. Nosso modelo dessa situação cerebral permite uma repetição desse processo, no que consideramos esses grupos, ou melhor, suas propriedades comuns de identificação, como os elementos de um novo nível no sistema. Esses elementos, por sua vez, podem ser agrupados segundo um outro conjunto de propriedades, gerando os elementos de um outro nível “mais elevado”, até atingirmos um único elemento “máximo” que muitas vezes pode ser identificado como objetivo do nosso processo de decisão.

O que acabamos de descrever é, em geral, denominado de hierarquia. Ou seja, um sistema de níveis estratificados, cada uma consistindo em vários elementos ou fatores. A questão primordial, em termos dessa hierarquia, é a seguinte: com que peso os fatores individuais do nível mais baixo da hierarquia influenciam seu fator máximo, o objetivo geral? Desde que essa influência não seja uniforme em relação aos fatores, chegamos à identificação da sua intensidade ou, como preferimos, às suas prioridades.

Essa determinação das prioridades, dos fatores mais baixos com relação ao objetivo, pode reduzir-se a uma sequência de problemas de prioridade, um para cada nível, e cada um desses problemas de prioridade a uma sequência de comparações por pares. Essas comparações continuam a ser o ingrediente central da nossa teoria.

A afirmação de que a nossa teoria é um modelo da maneira pela qual a mente humana forma e estrutura um problema complicado, foi influenciada pelas seguintes observações: quando analisamos as pessoas que participam de um processo de estruturação e priorização de uma hierarquia, vemos que elas se empenham naturalmente em sucessivos agrupamentos de elementos dentro dos níveis e na distinção entre níveis de complexidade; os indivíduos informados sobre um determinado problema podem estruturá-lo hierarquicamente de maneira um tanto diferente, mas se seus julgamentos forem semelhantes, suas respostas gerais deverão ser semelhantes. Além disso, o processo é robusto. Em outras palavras, distinções sutis em uma hierarquia na prática não se tornam decisivas.

No curso do desenvolvimento de nossa teoria, encontramos uma forma matematicamente racional de lidar com os julgamentos. Com isso, mostramos que o ditado segundo o qual não podemos comparar peras com maças é falso. Uma pera e uma maçã possuem muitas características próprias: tamanho, forma, cor, gosto e outras. Podemos preferir uma pera por certas características, e uma maçã por outras. Além disso, a intensidade de nossa preferência por essas características pode variar. Podemos ser indiferentes ao tamanho e à forma, mas ter uma forte preferência pelo sabor, o que mais uma vez pode variar conforme o momento de degustar a fruta. Esses tipos de comparações, que parecem complicadas, ocorrem na vida real a todo momento. Esse problema deve ser abordado matematicamente.

Os métodos de decisão associam números às alternativas, considerando-se cada critério. Esses números, em geral, têm significado apenas ordinal. Mas, segundo o autor do Método de Análise Hierárquica (MAH), Thomas Saaty, a ponderação e adição de valores ordinais não faz sentido, pois diferentes números que preservem a mesma ordem podem gerar resultados distintos. Por outro lado, para que esses números representem grandezas cardinais, as medições devem ser realizadas com o uso de escalas.

Alguns autores consideram o método AHP como um método da Escola Americana, justificando que ele pode ser aproximado por uma função utilidade ou que ele auxilia a construção desta função. Outros consideram-no uma abordagem independente da Escola Americana ou da Escola Francesa, em virtude das suas características muito particulares. O AHP é um método muito conhecido na atualidade e tem sido amplamente estudado e divulgado em um grande número de publicações, como nos conceituados periódicos científicos *Management Science e European Journal of Operational Research.*

Vários autores, como W. Edwards, 1977, colocam que as abrangências da classificação hierárquica são claras e que é o método mais poderoso de classificação usado pela mente humana em coordenar experiências, observações, entidades e informações. Embora ainda não definitivamente estabelecida como tal para a neurofisiologia e psicologia, a classificação hierárquica representa, provavelmente, o modo básico de coordenação ou organização do processo cerebral, de suas correlações mentais da expressão destes elementos em simbolismo e linguagem.

Uma vantagem da hierarquia é que podemos procurar o entendimento de seus níveis mais altos a partir das interações entre os vários níveis da hierarquia, em vez de diretamente entre os elementos dos níveis (Saaty, 1986).

1.2 – HIERARQUIA

A representação hierárquica de um sistema é usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos.

As hierarquias fornecem detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos e uma visão geral de atores e de seus propósitos nos níveis mais altos. Limitações nos elementos de um nível são representadas melhor no nível mais alto para garantir que eles sejam satisfeitos. Por exemplo, a natureza pode ser considerada como um ator, cujos objetivos são o uso de certos materiais sujeitos a determinadas leis e limitações.

Os sistemas naturais arrumados hierarquicamente, isto é, através de construções modulares e montagem final de módulos, desenvolvem-se muito mais eficientemente do que aqueles montados de um modo geral.

Eles são estáveis e flexíveis: estáveis porque pequenas modificações têm efeitos pequenos; flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho.

2 – JUSTIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (MAH) NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS

2.1 – VARIÁVEIS OBJETIVAS E SUBJETIVAS

A NBR 14.653 - 1, 2, 3 da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, recomenda no item 8.2.1.4.3, tratamento científico com ferramentas, tais como, Regressão Linear, citando, dentre as metodologias para o tratamento dos dados, a utilização de Redes Neurais Artificiais, a Análise Envoltória de Dados e a Regressão Espacial.

Para melhor entendimento da nossa sugestão, para fundamentar a utilização do MAH, destacaremos que existem vários tipos de variáveis que podem ser classificadas, em geral, como objetivas ou subjetivas.

As variáveis objetivas são regidas pelas leis da Lógica Clássica, ou Formal, ou Aristotélica, Lógica das Ciências, com os seus três princípios fundamentais: Identidade; Não Contradição; Terceiro Excluído. Podemos citar como exemplo de variável objetiva, o “Fator Área”, preconizado na Norma de Avaliação, que possui uma equação determinística.

As variáveis subjetivas, entretanto, carecem de tratamento que não se enquadram na Lógica Clássica, uma vez que admitem uma terceira possibilidade, contrariando o princípio do terço excluso. Daí serem indicadas ferramentas apropriadas para o tratamento dessas variáveis, tais como, Lógica Fuzzy, Redes Neurais Artificiais (RNA´s), Análise Hierárquica (MAH) e outras.

O processo de avaliação de imóveis utiliza parâmetros referentes às variáveis representativas do mercado imobiliário. Variáveis estas, denominadas variáveis independentes, se relacionam com o valor do imóvel chamada de variável dependente. Quase sempre essa relação é não linear e apresenta comportamentos não lineares do mercado imobiliário. Além deste fato, inúmeras são as variáveis que não se adequam ao tratamento puramente objetivo, não podem ser representadas através da objetividade de uma equação matemática, pois admitem juízos de valores subjetivos, tais como, melhor que, mais alto, mais próximo de A do que de B, assim por diante. Tais conceitos são inerentes à Lógica Fuzzy, ou Lógica Nebulosa, não fazem sentido na Lógica Clássica ou Formal. Entre dois valores a e b há uma série de possibilidades, ao passo que na lógica Clássica existem somente duas possibilidades: existe A e existe não A, não se admitindo uma terceira possibilidade, o sistema é binário. Representamos, formalmente, os três princípios da Lógica Clássica - Identidade, Não Contradição, Terceiro Excluído - respectivamente, de maneira formal: A=A; não (não A) = A; $\exists$ A $\wedge$ $\exists$ não A $\wedge$ $\nexists$ terceira possibilidade.

Além do fato da Lógica Fuzzy (ou nebulosa) ser mais adequada para representar modelos do dia a dia, os modelos, em geral, são não lineares, são complexos e exigem ferramental matemático sofisticado. Entretanto, são mais representativos da realidade que querem retratar. A linearização de modelos envolve cálculos que nem sempre são viáveis na prática, ou de muito difícil execução. Modelos não lineares são sofisticados e de difícil implementação na prática, exigindo conhecimento matemático apurado, tais como a utilização de programação não linear, equações diferenciais não lineares, equações a derivadas parciais. Em quase a totalidade dos casos, não há algoritmo para resolução desses modelos.

A própria regressão linear múltipla, recomendada pela Norma de Avaliação como uma forma de tratar os dados, parte do pressuposto que os dados são uma aproximação linear de dados de mercado, o que não é verdade. Esta aproximação linear nem sempre reflete, mesmo de forma aproximada, o valor de mercado do imóvel avaliando, pois além da dispersão dos dados há características inerentes muito variadas e descontínuas. Isto posto, há a necessidade de utilizar técnicas, com a lógica inerente ao modelo, diferente da Lógica Formal, objetivando representar os processos de avaliação de imóveis e os modelos representativos. Essas técnicas se impõem quando as variáveis são subjetivas, ou nebulosas, ou difusas, ou ambíguas, de difícil mensuração clássica, ou seja, não são determinadas com a Lógica Clássica e nem através de uma equação matemática.

Na matemática clássica, regida pela lógica formal, o conjunto é muito bem definido. Não há dúvida quanto a pertinência de qualquer elemento de um conjunto “A”: qualquer que seja o elemento x, $x \in A$ ou $x \notin A$.

Na Lógica Fuzzy ou Nebulosa, há a possibilidade da incerteza ou de outra possibilidade diferente do pertence ou não pertence.

Um conjunto Fuzzy pode ser considerado uma classe cujos limites não são claramente definidos. Os conjuntos Fuzzy também podem ser chamados de difusos ou nebulosos. A Figura 1 traz uma representação do conjunto nebuloso através de um diagrama, comparando com um conjunto, onde todos os pontos internos ao diagrama têm o mesmo valor unitário de grau de pertinência, e os pontos externos tem grau de pertinência nulo – sistema binário. No conjunto nebuloso, quanto mais próximo do centro do diagrama, maior é o grau de pertinência do elemento, sendo este valor igual a 1 somente quando localizado no centro do conjunto. Na parte externa do diagrama, o grau de pertinência é nulo. Ou seja, há muitas possibilidades, não apenas duas.

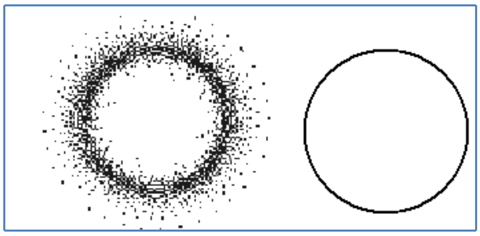

Figura 1 - Diagrama de Venn
Representação das fronteiras de um conjunto *Fuzzy* e Booleano.
Fonte: Burrough e McDonnell (1998).
BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of geographical information systems. New York: Oxford University Press, 1998.

A Lógica Fuzzy permite o desenvolvimento de sistemas que representam decisões humanas, onde a lógica e a matemática convencional (Booleana) se mostram ineficazes (Von Altrock, 1996). Há a preocupação, ao definir o conceito de Lógica Fuzzy, em demonstrar seu objetivo principal que é “imitar”, de forma aproximada, a forma como o ser humano relaciona dados, para gerar uma resposta ao problema. Essa Lógica é mais adequada para modelagem matemática baseada no conhecimento intuitivo humano, resolver problemas complexos e compostos por variáveis cuja informação é nebulosa, de uma maneira metódica e confiável.

Para a utilização da Lógica Fuzzy, temos que considerar que este é um modelo representativo da realidade aproximada, que imita as ocorrências do mundo real. Desta forma podemos fazer simulações, análise de sensibilidade e tirar outras informações para a tomada de decisões. O que se quer é se aproximar, assintoticamente, da realidade, sem perder de vista que essa é inatingível, principalmente, quando se trata de variáveis subjetivas, onde cada julgador decide de acordo com as suas convicções que são todas próprias. Vale dizer, cada um tem a sua própria verdade e que, obviamente, jamais poderá ser tomada de forma absoluta. Como modelo de análise, é necessária a escolha de metodologia adequada para cada situação, com a lógica correspondente.

A Lógica Fuzzy é a lógica baseada na teoria dos conjuntos Fuzzy. Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais. Na Lógica Fuzzy, “o raciocínio exato” corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas.

Na Lógica Fuzzy, o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto Fuzzy de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, baseados na Lógica Clássica ou Aristotélica, onde o valor verdade só pode assumir dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0), o conjunto é Booleano.

Na lógica nebulosa, os valores “verdade” são expressos linguisticamente, tais como, *verdade*, *muito verdade*, *não verdade*, *falso*, *muito falso*, ..., onde cada termo linguístico é interpretado como um subconjunto Fuzzy do intervalo contínuo [0 1] $\subset \Re$ ($\Re$ representa o conjunto dos números reais).

Nos sistemas lógicos binários clássicos, os predicados são exatos, ao passo que na Lógica Fuzzy os predicados são nebulosos ou não precisos ou aproximados. Nos sistemas lógicos clássicos, o modificador mais utilizado é a negação enquanto que na Lógica Fuzzy são possíveis uma variedade de modificadores de predicados: muito alto, *mais ou menos alto, pouco alto, mais baixo do que alto, muito baixo, ...*

Nos sistemas lógicos clássicos existem somente os quantificadores existenciais e universais. A Lógica Fuzzy admite uma grande variedade de quantificadores.

A probabilidade, no contexto da Lógica Clássica, é um valor numérico ou um número no intervalo real [0 1]. Ao passo que na lógica nebulosa existe a opção adicional de se empregar probabilidades linguísticas, do tipo: *provável*, *muito provável, pouco provável, improvável* etc chamados de números Fuzzy e operados pela aritmética Fuzzy (Kaufmann & Gupta, 1988). Em contraste com a Lógica Clássica, o conceito de possibilidade é interpretado utilizando-se subconjuntos Fuzzy no universo dos números reais ($\Re$). Ou seja, 0 representa a impossibilidade e 1 a certeza, tendo muitas outras possibilidades entre 0 e 1.

Uma das dificuldades do modelo clássico de controle está na representação do modelo matemático que descreve o processo, pois requer que se conheça detalhadamente e deterministicamente todo o processo a ser controlado, o que nem sempre é factível.

Na teoria dos conjuntos, um elemento pertence ou não a um dado conjunto de forma inequívoca. Dado um universo *U* e um elemento particular x $\in U$, o grau de pertinência μA(*x*) de um conjunto $A \subseteq U$ *é* dado por:

$$\mu A(x) = \begin{cases} 1 \text{ se } x \in A \\ 0 \text{ se } x \notin A \end{cases}$$

A função μA(*x*): $U \rightarrow \{0,1\}$ é chamada de função característica na teoria clássica de conjuntos. Uma generalização desta ideia é utilizada, por exemplo, para manipulação de dados com erros limitados (Figura 2). Todos os números dentro de um erro percentual terão um fator de pertinência 1, tendo todos os demais um fator de pertinência 0.

Na Lógica Fuzzy a função é definida como: $U \rightarrow [0 \;\; 1]$. Ou seja, o Conjunto Imagem é o intervalo real continuo [0 1], ao passo que na Lógica Clássica o Conjunto Imagem é discreto {0,1}.

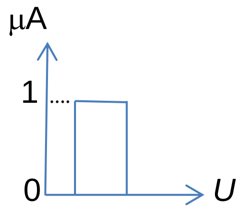

Figura 2

Zadeh, 1998, propôs uma caracterização mais ampla, na medida em que sugere que alguns elementos são mais membros de um conjunto do que outros. O fator de pertinência pode então assumir qualquer valor entre 0 e 1, sendo que o valor 0 indica uma completa exclusão e um valor 1 representa completa pertinência. Esta generalização aumenta o poder de expressão da função característica. Por exemplo, para expressar a ideia de que uma temperatura tem seu valor por volta de 35 graus, pode-se utilizar uma função de pertinência triangular (Figura 3), com o pico em 35 graus, para sugerir a ideia de que quanto mais perto o número estiver de 35 graus, mais ele se identifica com o conceito representado.

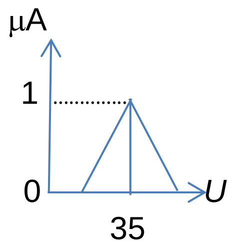

Figura 3

Formalmente, seja *U* uma coleção de objetos denominados genericamente por {u}. *U* é chamado de universo de discurso, podendo ser contínuo ou discreto. Um conjunto Fuzzy A, em um universo de discurso *U,* é definido por uma função de pertinência μA que assume valores em um intervalo contínuo [0 1] - $\mu A: U \longrightarrow [0 \ \ 1]$

O conjunto Fuzzy A em U ($A \subseteq U$) é, então, um conjunto de pares ordenados $A = \{ \mu A(u)/u \}$, $u \in U$.

O conjunto suporte de um conjunto Fuzzy A é o sub-conjunto dos pontos $u \in U$, tal que $\mu A > 0$. Um conjunto Fuzzy cujo conjunto suporte é um único ponto de *U* com $\mu A = 1$ é chamado de um conjunto unitário.

3 – FUNDAMENTAÇÃO DO MÉTODO MAH

3.1 - COMPOSIÇÃO HIERÁQUICA

Considere um conjunto finito *C* de critérios independentes entre si e um conjunto finito *A* de alternativas que tenham sido avaliadas segundo cada um dos critérios pertencentes a *C*, a partir de *m* matrizes *M* de comparações entre as alternativas (uma matriz *M* para cada critério). A prioridade da j-ésima alternativa k_{ji} em relação a cada critério C_i, $i = 1, 2, ..., m$ é dada pelo produto W_iK_{ji}, sendo W_i a prioridade do i-ésimo critério. Mas, quando se considera a prioridade da j-ésima alternativa levando-se em conta todo o conjunto *C*, esta deve ser calculada pelo somatório: $\sum_{i=1}^{m} W_iK_{ji}$. No AHP, esse mesmo princípio é generalizado para uma hierarquia de critérios, definida de tal modo que: o primeiro nível da hierarquia contém o objetivo geral do decisor. Este vai se abrindo em critérios de decisão cada vez mais específicos, à medida que se desce para os níveis inferiores. No nível mais inferior da hierarquia estão as alternativas a serem comparadas, segundo todos os critérios do nível imediatamente superior a elas.

Tendo sido definida a estrutura hierárquica, o AHP adota o mesmo procedimento utilizado para as alternativas a fim de se descobrir a prioridade de cada critério. Assim, para cada critério é definida uma matriz M a partir das comparações dos seus “subcritérios”. Ou seja, dos critérios descendentes, que pertencem ao nível imediatamente inferior, na hierarquia. No exemplo que se refere ao problema esquematizado na Figura 4, são necessárias ao todo dez matrizes M^i (i = 1, 2, ... ,10). A matriz M^1 é gerada a partir da comparação dos critérios do Nível 2 segundo o critério C_1. Nessas comparações, procura-se a resposta para a questão "qual o peso de cada um dos critérios 2, 3 e 4 para a escolha da opção 1, 2, ... , n". A matriz M^2 é gerada a partir da comparação dos critérios C_5 e C_6 do Nível 3, segundo o critério C_2. Agora, a seguinte questão deve ser respondida: levando-se em conta o critério C_2, qual é a importância do critério C_2 no critério C_5 e C_6? De maneira análoga, a matriz M^3 é gerada pela comparação de C_7 e C_8, segundo o critério C_3, e assim por diante, até as matrizes M^5 - M^{10}, que são geradas pela comparação das alternativas, conforme cada um dos seis critérios $C_5 - C_{10}$ do Nível 3. Tendo-se obtido, por meio dessas 10 matrizes, o valor dos pesos $W_i > 0$ $(i = 1, 2, ..., m)$ de todos os critérios da hierarquia e os pesos K_{ji} de todas as alternativas segundo os critérios $i = 5, 6, 7, ..., 10$. A forma mais simples de se compor a prioridade global K_j da j-ésima alternativa é multiplicando sua prioridade K_{ji}, computada para um dado critério C_i do Nível 3, pela prioridade deste critério em questão, pela prioridade do critério do Nível 2 do qual ele descende e assim por diante até chegar ao Nível 1.

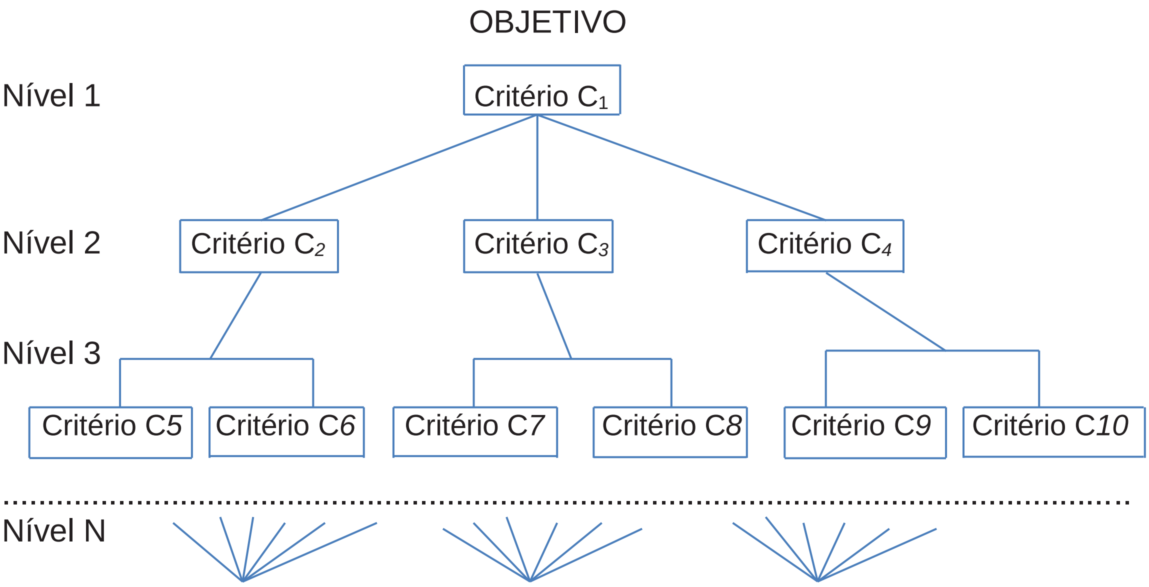

Figura 4

Tendo feito isso para todos os critérios do Nível 3, todos esses valores devem ser somados. Assim, neste exemplo, a prioridade global K_j da j-ésima alternativa pode ser calculada por:

$K_j = (K_{j5}W_5 + K_{j6}W_6)W_2W_1 + (K_{j7}W_7 + K_{j8}W_8)W_3W_1 + (K_{j9}W_9 + K_{j10}W_{10})W_4W_1$, sendo $K_{j1}, K_{j2}, ..., K_{j6}$ a prioridade da alternativa em questão segundo cada um dos seis critérios do Nível 3 e W_i o peso de cada critério C_i.

3.2 - COMPARAÇÕES DAS ALTERNATIVAS

Uma forma simples de se comparar as propriedades de duas alternativas, segundo um dado critério, é através da razão (quociente) entre os valores de suas respectivas propriedades. Por exemplo, dado um conjunto de pessoas, as alturas dessas pessoas podem ser comparadas, adotando-se a menor altura como unidade de referência e medindo-se os demais a partir de múltiplos desta unidade.

Seja a pessoa de menor estatura de altura K_1, se K_2 é o dobro de K_1, então K_1 é a metade de K_2.

A escala utilizada pelo MAH para medir o nível de preferência do decisor, ao comparar duas alternativas, segue essas regras. Para cada critério C_i, é associado um valor $p_i(a, b)$ a cada par ordenado de alternativas, $(a, b) \in A$. Esse valor representa a intensidade da preferência do decisor pela alternativa *a* em relação a *b,* de maneira que:

se *a é* preferida à *b*, então $p_i(a, b) > 1$;

se *a é* indiferente à *b*, então $p_i(a, b) = 1$;

$\forall a, b \in A, p_i(a, b) = 1 / p_i(b, a)$.

Para definir o valor de $p_i(a, b)$, quantificando a intensidade da preferência do decisor, são utilizadas escalas que associam uma função entre os números positivos $\{1, 2, ... , 9\}$ para cada par ordenado (a, b).

Ao propor uma escala, Saaty considerou certas limitações humanas. Os limites inferior e superior de sua escala são 1 e 9, pois experimentos psicológicos mostram que o ser humano não é capaz de comparar simultaneamente um número muito grande de objetos. Embora vários experimentos tenham comprovado a eficácia dessa escala, a literatura propõe várias outras que podem ser usadas em diferentes problemas.

3.3 - Escala Utilizada

O MAH utiliza a seguinte escala para atribuição dos pesos dos elementos das matrizes:

1 - As duas alternativas têm a mesma importância;

3 - A experiência e o julgamento do decisor é ligeiramente favorável a uma alternativa;

5 – A experiência e o julgamento do decisor é fortemente favorável a uma alternativa;

7 - É demonstrado na prática que uma alternativa e muito mais importante do que a outra;

9 - Uma alternativa é extremamente mais importante do que a outra;

2, 4, 6, 8 - Valores usados para quantificar julgamentos intermediários a esses.

A forma mais utilizada para representar as comparações entre alternativas é por uma matriz quadrada *M*, cuja dimensão é igual ao número *n* de alternativas em *A*:

$$M_{nxn} = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} & .... & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & .... & m_{2n} \\ . & . & .... & . \\ m_{n1} & m_{n2} & .... & m_{nn} \end{vmatrix}$$

$m_{ij} = p(a_i, a_j)$, e a_i, a_j são duas alternativas quaisquer em *A*.

A matriz *M é* recíproca, pois é sempre verdade que $m_{ij} = 1/m_{ji}$, bem como $m_{ii} = 1, \forall i \in \{1, 2, ... , n\}$. Além disso, se $m_{ij} = m_{ik} . m_{kj}, \forall i, j \in \{1, 2, . . . , n\}$, ela é considerada, também, consistente. Este conceito de consistência está relacionado à noção de transitividade que incorpora as informações cardinais embutidas nos julgamentos do decisor. Para que um julgamento seja considerado transitivo ele deve atender à seguinte regra: dadas as alternativas a_i, a_j, a_k *então* $p(a_i, a_k) = p(a_i, a_j).p(a_j, a_k)$.

Na prática, frequentemente são geradas matrizes inconsistentes devido a julgamentos intransitivos ou por uma limitação da própria escala proposta por Saaty.

3.4 - Formulação Baseada no Auto-Vetor

A seguir um exemplo em que são comparadas as alturas de várias pessoas, preenchendo a matriz *M* a partir das relações entre a altura K_i de cada pessoa, $\forall$ i ϵ {1, 2, ... , n}. Sendo *n* o número total de pessoas, é possível obter a seguinte equação:

$$\begin{vmatrix} k_1/k_1 & k_1/k_2 & \ldots & k1/kn \\ k_2/k_1 & k_2/k_2 & \ldots & k_2/k_n \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ k_n/k_1 & k_n/k_2 & \ldots & k_n/k_n \end{vmatrix} . \begin{vmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \ldots \\ \ldots \\ k_n \end{vmatrix} = n \begin{vmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \\ \ldots \\ k_n \end{vmatrix}$$

k é autovetor de M, com autovalor n. Ou seja, M.k = n.k

Se λ_1, λ_2, ... , λ_n são os números que satisfazem a equação Ax = λx. Isto é, λ_i são autovalores de A, $\forall$ i ϵ {1, 2, ... , n}, então $\sum_{i=1}^{n} \lambda i = n$; o maior autovalor, próximo do rank n da matriz, é denominado de λ_{max}.

IC =(λ_{max} – n) / (n-1), denominado Índice de Consistência, é o indicador de “proximidade da consistência”. Se IC < 0,1, poderemos considerar o julgamento como consistente. A razão de IC para IR média, para matrizes de mesma ordem, é chamada razão de consistência RC. Uma RC < 0,10 é considerada aceitável.

No laboratório americano de Oak Ridge, cientistas encontraram um IR médio para as matrizes de ordem 1 – 15, usando uma amostra de tamanho 100. Os cálculos foram repetidos na escola de Wharton para uma amostra de tamanho 500, até uma matriz de 11 por 11. Usamos os resultados de Oak Ridge para n=12, 13, 14 e 15, obtendo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Nesse exemplo, as entradas da matriz *M*, e as alturas das pessoas já são conhecidas. Ao colocar suas preferências, o decisor ainda não conhece o peso (prioridade) K_i de cada alternativa na decisão final e as relações K_i / K_j são definidas pelo decisor de acordo com alguma escala. Determinamos a prioridade de cada alternativa, conforme cada critério, resolvendo o sistema.

Dada uma matriz qualquer $B_{n\times n}$, os *autovalores e* os *autovetores* de *B* são, respectivamente, os escalares *λ* e os vetores não nulos $X_{n\times 1}$, tais que $Bx = \lambda x$. Se a matriz *B é* consistente, seu principal autovalor $\lambda max = n$ e seu principal autovetor é dado por qualquer coluna de *B*. Por outro lado, se *B não é* consistente, então $\lambda max \geq n$ e seu principal autovetor é dado pela equação:

K_i = Lim ($m_{ij}^{(L)}$) ÷ ($\sum_{h=1}^{n} m_{ij}^{(L)}$); $\forall$ i, j ϵ {1, 2, ... , n}.

$m_{ij}^{(L)}$ corresponde à entrada m_{ij} da matriz *M* elevada à potência *L*.

Saaty recomenda que o problema do autovalor seja resolvido elevando-se a matriz *M* a uma potência suficientemente elevada e somando-se as linhas a fim de se normalizar o autovetor K. Esse processo é interrompido quando a diferença entre a i-ésima potência e a (i+1)-ésima potência é inferior a um valor pré-definido ε > 0.

3.5 - EXEMPLO 1 - ALGORITMO DA RESOLUÇÃO DO MAH ATRAVÉS DE PROBLEMA LITERAL TÍPICO

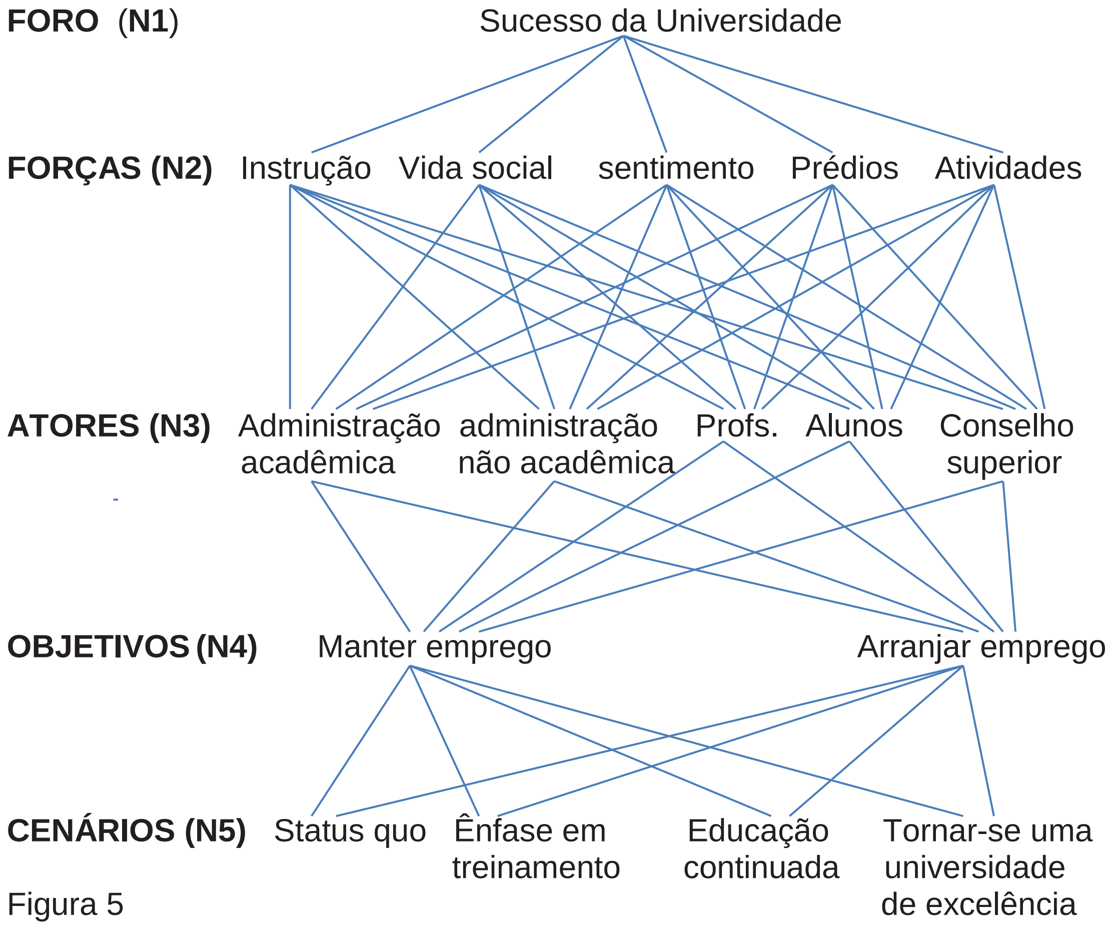

Figura 5

Nível 1 – Sucesso da Universidade (SU).
Nível 2 – Instrução (IN); Vida social (VS); Sentimento (SE); Prédios (PS); Atividades (AT) (5 elementos).
Nível 3 – Administração acadêmica (AA); Administração não acadêmica (NA); Professores; (PR); Alunos (AL); Conselho superior (CS) (5 elementos).
Nível 4 – Manter emprego (ME); Arranjar emprego (AE) (2 elementos).
Nível 5 – Status quo (SQ); Ênfase em treinamento (ET); Educação continuada (EC); Tornar-se uma universidade de excelência (TU) (4 elementos).

Nível 2 – N2 = Matriz (5 x 1) dos autovetores
Nível 3 – N3 = Matriz (5 x 5) dos autovetores
Nível 4 – N4 = Matriz (2 x 5) dos autovetores
Nível 5 – N5 = Matriz (4 x 2) dos autovetores (4 x 5) (4 x 5) (4 x 1)
Ou seja, N54 = N5 X N4 = MATRIZ (4 X 5)
N543 = N54 X N3 = MATRIZ (4 X 5)
N5432 = N543 X N2 = MATRIZ (4 X 1) ----- SOLUÇÃO DO PROBLEMA.

AUTOVETOR SOLUÇÃO: $\begin{vmatrix} SQ \\ TE \\ EC \\ TU \end{vmatrix}$

3.6 - EXEMPLO 2 – DETERMINAÇÃO DO AUTOVETOR

Suponha que a matriz consistente *M* tenha sido gerada pelo decisor a partir das comparações de três alternativas hipotéticas. Como se pode ver, elevando-se *M* às potências $L = 14$ e $L = 15$, as colunas já normalizadas de M_{14} e M_{15} convergem para um mesmo vetor (o autovetor): $(0{,}210 \quad 0{,}404 \quad 0{,}386)^T$.

$$M = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1/7 \\ 1/2 & 1 & 4 \\ 7 & 1/4 & 1 \end{vmatrix}$$

$$M^{14} = \begin{vmatrix} 0{,}2110 & 0{,}2116 & 0{,}2099 \\ 0{,}4019 & 0{,}4038 & 0{,}4043 \\ 0{,}3870 & 0{,}3846 & 0{,}3857 \end{vmatrix}$$

$$M^{15} = \begin{vmatrix} 0{,}2102 & 0{,}2111 & 0{,}2113 \\ 0{,}4038 & 0{,}4024 & 0{,}4038 \\ 0{,}3859 & 0{,}3865 & 0{,}3849 \end{vmatrix}$$

Podemos dizer que o autovetor é: $(0{,}210 \quad 0{,}404 \quad 0{,}386)^T$. A matriz M convergiu quando elevada a 15ª potência, para uma aproximação $\varepsilon < 0{,}001$.

O método MAH admite que as matrizes de comparações não sejam perfeitamente consistentes e, portanto, não exige que o decisor realize julgamentos transitivos. Entretanto, para avaliar a consistência dos julgamentos do decisor, Saaty criou um í*ndice de consistência* (*IC*), proporcional à diferença entre o principal auto-valor λ_{max} da matriz *M* e do valor que teoricamente ele teria caso a matriz fosse consistente $\lambda_{max} = n$:

$IC = (\lambda_{max} - n) \div (n-1)$

Segundo Saaty, se $IC \geq 0{,}1$ é aconselhável reavaliar a matriz *M*, pois seus julgamentos podem estar tendendo a julgamentos aleatórios.

Podemos calcular o autovetor de uma matriz, além da forma precisa mostrada anteriormente, de uma forma aproximada: Toma-se a soma dos elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos destas somas. Para normalizar-se de um modo que estes números tenham soma igual a unidade, divide-se cada recíproco pela soma dos recíprocos.

Observação: os métodos mostrados para a obtenção do autovetor, somente são válidos para matrizes onde os elementos simétricos em relação a diagonal principal são recíprocos e os elementos da diagonal principal são unitários, denominadas de matrizes recíprocas positivas. Ou seja, matrizes como as obtidas pelo MAH.

4 - JUSTIFICATIVAS PARA O USO DO MÉTODO MAH

De acordo com a ABNT NBR 14653: 2004 e recomendações do IBAPE – RJ – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - Método comparativo direto de dados de mercado:

"*Analisa elementos semelhantes ou assemelháveis ao avaliando, com objetivo de encontrar a tendência de formação de seus preços. A homogeneização das características dos dados deverá ser efetuada através do tratamento por fatores que antecederá a análise estatística. No tratamento dos* *dados podem ser utilizadas várias ferramentas analíticas, entre as quais se destacam "tratamento por fatores" e "inferência estatística", adotadas em função da qualidade e da quantidade de dados e informações disponíveis, a critério do avaliador. Na aplicação do método comparativo direto para a obtenção do valor de mercado, é recomendável o tratamento por fatores em amostras homogêneas onde são observadas as condições de semelhança definidas na coleta de dados. Para amostras heterogêneas é recomendável a utilização de inferência estatística, desde que as diferenças sejam devidamente consideradas, inclusive quanto a eventuais interações.*

Outras ferramentas, quando aplicadas, devem ser devidamente justificadas, com apresentação dos princípios básicos e interpretação dos modelos adotados".

4.1 – TRATAMENTO POR FATORES PELA NBR 14653:2004

Os fatores devem ser calculados por metodologia científica justificado do ponto de vista teórico e prático.

De acordo com a Norma, os principais fatores a serem considerados na avaliação: Oferta; Localização; Fatores de forma (testada, profundidade, área ou múltiplas frentes); Fatores padrão construtivo; e depreciação.

Os fatores complementares a serem considerados são: Fatores relativos à topografia; Fatores quanto a consistência do terreno devido à presença ou ação da água.

Fator Oferta

Também conhecido como Fator Fonte, Fator Especulação e Fator Elasticidade de Preços. Este fator tem a função de descontar exageros gerados pela especulação de mercado nos elementos comparativos.

No caso de elemento amostral resultante de transação efetiva (negociação realizada) e contemporâneo (até cerca de 6 meses) à data de referência da avaliação: **F oferta = 1,00**

Nos demais casos, devido à flexibilidade de negociação, o avaliador deverá adotar um fator de redução compreendido no intervalo abaixo, observada sempre a data de referência da avaliação: **1,00 > F oferta ≥ 0,80.**

Em situações especiais nas quais se imponha a adoção de um fator de redução maior, o avaliador deverá apresentar a necessária justificativa.

Fator Localização

Tanto quanto possível, deverá ser evitada a utilização de elementos amostrais oriundos de locais cujos índices de transposição, em relação ao imóvel avaliando, conduzam a fatores de transposição menores que 0,50 ou maiores que 2,00.

Devido à vasta heterogeneidade dos valores relativos de imóveis no perímetro urbano, será obrigatória a pesquisa dentro do mesmo bairro ou região geo-sócio-econômica, fazendo-se a homogeneização entre os elementos amostrais e o imóvel avaliando, procedendo-se da forma seguinte.

Imóveis no Município do Rio de Janeiro

Os procedimentos a seguir apresentados obedecem às definições estabelecidas no artigo 18 do Decreto 14.237 de 01.11.95 e parágrafos 3º e 4º do artigo 65 da Lei 691 de 24.12.1984.

a) Para imóveis residenciais, deverão ser utilizados os "Vr" fornecidos pela Planta de Valores do Município, sempre referentes a imóveis que deverão estar situados no mesmo bairro e/ou região geosócio-econômica, segundo o modelo:

Fl Res. = Vr imóvel avaliando / Vr elemento amostral

b) Para imóveis comerciais, deverão ser utilizados os "Vc" da Planta de Valores do Município, sob as mesmas condições mencionadas para os imóveis residenciais, segundo o modelo:

Fl Com. = Vc imóvel avaliando / Vc elemento amostral

No caso de loja térrea e/ou sobreloja, que seja(m) de frente de rua e situada(s) em esquina de quadra, deverá ser utilizado, também, um "fator esquina" compreendido no intervalo:

$$1{,}00 \leq F \text{ esquina} \leq 1{,}20$$

Imóveis em outros Municípios

a) Havendo, no município, Planta de Valores detalhada, o avaliador deverá utilizá-la, da mesma forma indicada nos itens anteriores.

b) Não havendo Planta de Valores no Município, é sugerido o seguinte procedimento:

b.1) Procurar coletar elementos amostrais dentro do bairro e/ou região geo-sócio-econômica onde se situa o imóvel avaliando, conforme estiver estipulado na legislação tributária de IPTU do município.

b.2) Descrever a posição geográfica dos imóveis em exame na região (imóvel avaliando e imóveis selecionados), estabelecendo, assim, as variações de valores. Neste caso, o F loc será o último a ser aplicado à amostra".

"Os fatores representativos acima citados, assim como os complementares, devem ser testados segundo o disposto na Norma. Não é objetivo obter o menor coeficiente de variação, mas sim o modelo que melhor represente o comportamento de mercado, validado pela estatística".

"A descrição do imóvel avaliando deverá conter elementos que permitam a perfeita caracterização de todas as variáveis analisadas, bem como forneçam a visão geral do seu entorno, preferencialmente contendo fotos que propiciem identificá-las".

Apresentação da amostra pesquisada

"A apresentação dos imóveis integrantes da amostra pesquisada deverá conter informações sobre as variáveis analisadas no modelo adotado, sempre que possível com fotos (pelo menos foto frontal) ".

OBSERVAÇÃO: em geral, as Plantas de Valores dos Municípios, quando existem, estão defasadas, não refletindo a realidade.

4.2 - EXEMPLO 3 - APLICAÇÃO UTILIZANDO O MAH NA DETERMINAÇÃO DOS VALORES DOS FATORES E DA MATRIZ HOMOGENEIZADA NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEL.

Vamos mostrar uma forma de tratamento, utilizando o Método de Análise Hierárquica (MAH), de variáveis que podem assumir uma série de valores, comparando-os uma a uma de forma a contemplar todas as possibilidades. Com uma diferença fundamental ao método clássico que compara um determinado imóvel da amostra com o imóvel avaliando. No MAH as comparações são feitas aos pares entre todas as variáveis constantes da amostra e com o imóvel avaliando. Além disso, também os fatores são comparados entre si, segundo os seus graus de importância relativa. Em tese, os fatores não têm igual importância, ao contrário do que sempre ocorre no método clássico.

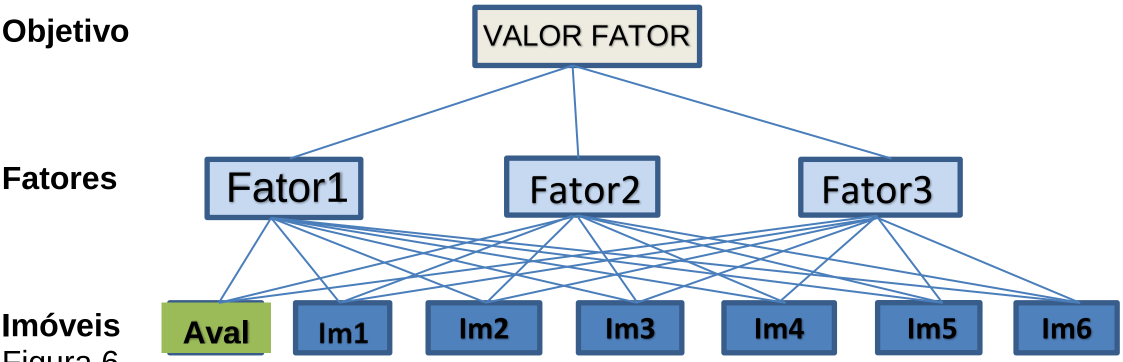

Figura 6

Aval representa o imóvel avaliando e Im1, ... , Im6 as amostras obtidas no mercado. Formaremos 3 matrizes 7x7 dos imóveis, uma para cada fator, e 1 matriz 3x3 dos fatores, com as respectivas notas dadas pelo julgador.

Fator1	Aval	Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	Im6
Aval	1	3	3	2	1/2	2	3
Im1	1/3	1	3	3	1/5	1/2	1
Im2	1/3	1/3	1	1	1/5	1	1
Im3	1/2	1/3	1	1	1/4	1	1
Im4	2	5	5	4	1	4	5
Im5	1/2	2	1	1	1/4	1	1
Im6	1/3	1	1	1	1/5	1	1

Fator2	Aval	Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	Im6
Aval	1	1/3	2	1/2	1/3	1	1
Im1	3	1	5	2	1	3	3
Im2	1/2	1/5	1	1/4	1/6	1/2	1/2
Im3	2	1/2	4	1	1	2	2
Im4	3	1	6	1	1	3	3
Im5	1	1/3	2	1/2	1/3	1	1
Im6	1	1/3	2	1/2	1/3	1	1

Exemplificando, o elemento da 1ª linha e 2ª coluna da matriz Fator1, elemento a_{12} é 3, o que significa que o imóvel avaliando é "ligeiramente superior" ao imóvel1, em relação ao Fator1.

O elemento da 3ª linha e 5ª coluna da matriz Fator2, elemento a_{35} é 1/6, o que significa que o imóvel4 é mais do que "fortemente superior" ao imóvel2, em relação ao Fator2. Observe que a nota atribuída do imóvel2 para o imóvel4 é 1/6, em relação ao Fator2. Reciprocamente, o peso atribuído do imóvel4 para o imóvel2 é 6 – elemento a_{53} - em relação ao Fator2.

O elemento da 4ª linha e 6ª coluna da matriz Fator2, elemento a_{46} é 2, o que significa que o imóvel3 é "pouco menos do que ligeiramente superior" ao imóvel5, em relação ao Fator2. Reciprocamente, o peso atribuído do imóvel 5 para o imóvel 3 é 1/2, em relação ao Fator2.

Autovetor da Matriz Fator1 normalizado	Autovetor da Matriz Fator2 normalizado
0,2042	0,0878
0,0806	0,2729
0,0681	0,0459
0,0785	0,1756
0,3927	0,2423
0,0972	0,0878
0,0785	0,0878

Matriz Fator1:
λ_{max} = 7,4156; IC = 0,0693; RC = 0,0525

Matriz Fator2:
λ_{max} = 7,0382; IC = 0,0064; RC = 0,0048

Observe que os índices de consistência e a razão de consistência, para as duas matrizes, foram satisfatórios. Se tal não ocorresse, teríamos que rever os pesos atribuídos aos elementos para melhorar a consistência.

Fator3	Aval	Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	Im6
Aval	1	1/3	1/5	2	1/3	3	1/2
Im1	3	1	1/5	7	1	5	2
Im2	5	5	1	7	2	7	3
Im3	1/2	1/7	1/7	1	1/5	1	1/3
Im4	3	1	1/2	5	1	5	1
Im5	1/3	1/5	1/7	1	1/5	1	1/4
Im6	2	1/2	1/3	3	1	4	1

Fatores	Fator1	Fator 2	Fator3
Fator1	1	1	1/2
Fator2	1	1	1/2
Fator3	2	2	1

Autovetor da Matriz
Fator3 normalizado
0,0701
0,1272
0,4128
0,0400
0,1814
0,0400
0,1286
λ_{max} = 7,4070; IC = 0,0678; RC = 0,0514

Autovetor da Matriz
Fatores normalizado
0,2500
0,2500
0,5000
λ_{max} = 3,0000; IC = 0; RC = 0

MATRIZ DOS AUTOVETORES DOS IMÓVEIS

	Fator1	Fator2	Fator3
Aval	0,2042	0,0878	0,0701
Im1	0,0806	0,2729	0,1272
Im2	0,0681	0,0459	0,4128
Im3	0,0785	0,1756	0,0400
Im4	0,3927	0,2423	0,1814
Im5	0,0972	0,0878	0,0400
Im6	0,0785	0,0878	0,1286

X

AUTOVETOR DA MATRIZ FATORES

Fator1	0,2500
Fator2	0,2500
Fator3	0,5000

=

MATRIZ PRODUTO

Aval	0,1081
Im1	0,1520
Im2	0,2349
Im3	0,0835
Im4	0,2495
Im5	0,0663
Im6	0,1059

Conforme determina a Norma de Avaliação:
Se o imóvel avaliando for superior ao da amostra, fator < 1;
Se o imóvel avaliando for igual ao da amostra, fator = 1;
Se o imóvel avaliando for inferior ao da amostra, fator > 1
Logo, temos em relação ao imóvel avaliando, como valores inversamente proporcionais, os fatores finais:

Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	Im6
1,41	2,17	0,77	2,31	0,61	0,98

Assim, suponha que o valor do m^2 dos imóveis em Reais seja, respectivamente:
100 120 130 90 150 110
Multiplicando pelos fatores finais, temos como valores finais do m^2 dos imóveis:

Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	Im6
R$ 141,00	R$ 260,40	R$ 100,10	R$ 207,90	R$ 91,50	R$ 107,80

A partir daí, com esses valores finais por m^2, na matriz homogeneizada, calculamos o valor do m^2 do imóvel avaliando, de acordo com o recomendado pela Norma de Avaliação NBR 14653.

OBSERVAÇÕES - COMENTÁRIOS

No exemplo numérico anterior colocamos 03 fatores, com o objetivo de mostrar a aplicação do MAH, entretanto podemos utilizar mais fatores, se necessário. Alguns fatores podem ser calculados diretamente por que são claramente determinados através de uma equação. Este é o caso, do "Fator Área", variável objetiva.

No aplicativo do MAH utilizamos 06 amostras, entretanto podemos utilizar qualquer número de amostras. O Método admite qualquer número de cenários e atores. No nosso caso, qualquer número de fatores e de imóveis.

Suponha, hipoteticamente, apenas para ilustrar, que os fatores utilizados foram: Fator1 = Localização; Fator2 = Padrão Construtivo; Fator3 = Posicionamento de Unidades Padronizadas. Quando comparamos o Fator2 com o Fator3 e atribuímos um peso igual a 1/2, estamos dizendo que o Fator3 é "menos que ligeiramente" mais influente que o Fator 2, para a determinação do valor do imóvel avaliando. Ou seja, que o Posicionamento de Unidades Padronizadas influi "menos que ligeiramente" mais do que o Padrão Construtivo, para determinar o valor do imóvel avaliando. O conceito "menos que ligeiramente" (2) significa que está muito pouco acima da "indiferença" (1) e um pouco abaixo do "ligeiramente" (3). Estes são valores Fuzzy.

Analogamente, na matriz Fator1, por exemplo, quando atribuímos o valor 5 da variável Im4 para a variável Im2, estamos dizendo que o Imóvel4 é "fortemente" superior ao Imóvel2, considerando o Fator1. Ou seja, se o Fator1 = Localização, o valor 5 da variável Im4 para a variável Im2, significa que em relação ao fator "Localização", o Imóvel4 é "fortemente superior" ao Imóvel2. Em outras palavras, o Imóvel4 é "fortemente" mais bem localizado que o Imóvel2.

Observe que esses conceitos somente são possíveis na lógica Fuzzy ou nebulosa. Na Lógica clássica não há sentido falar que uma determinada variável é "menos que ligeiramente" maior do que outra ou que é "fortemente" superior a outra.

No MAH fazemos o cruzamento de todas as combinações possíveis, envolvendo todos os elementos constantes do problema. O autovetor representa a síntese dos pesos atribuídos. Testamos a coerência das informações, através do Índice de Consistência, caso não seja satisfatório, procedemos uma revisão para melhorarmos os pesos atribuídos, pois existe uma espécie de contradição.

A fundamentação científica do método utiliza conceitos matemáticos rigorosos e sofisticados, mas a aplicação é simples, bastando utilizar um software que calcule produto de matrizes. Devido as matrizes de peso utilizadas pelo Método serem recíprocas – matrizes recíprocas positivas - o cálculo do auto vetor é simples, basta elevar a matriz à potências elevadas, quando convergir teremos o autor vetor desejado. A convergência, para esse tipo de matriz especial, sempre ocorre. A matriz de avaliação $M = a_{ij}$ é formada da seguinte forma: a_{ij} são os elementos da matriz M, se $a_{ij} = k$; então $a_{ji} = 1/k$; com $a_{ii} = 1$; $\forall$ i, j ϵ {1, 2, ... , n}. Ou seja, os elementos simétricos em relação a diagonal principal da matriz M são recíprocos ou inversos. Esse tipo de matriz especial favorece a simplificação do método, inclusive o cálculo do autovetor.

5 - CONCLUSÕES

No Método Direto de Dados do Mercado, de acordo com a NBR 14653, os fatores são analisados e comparados tomando como referência o imóvel avaliando, tendo todos o mesmo peso. A pergunta que se faz é qual o valor do fator “i” para o imóvel “j”, em relação ao imóvel avaliando. Essa pergunta é feita para cada fator “i” um número de vezes igual ao número de imóveis da amostra.

No Método MAH, o imóvel avaliando e os imóveis constantes da amostra são analisados e comparados entre si aos pares, em relação a cada um dos fatores, e estes possuem peso e são, também, comparados entre si. A pergunta que se faz é, em relação ao fator i, qual o valor de cada imóvel comparado com cada um dos demais, inclusive com o avaliando. Além disso, comparamos os fatores entre si atribuindo um peso relativo a cada um, permitindo que um fator seja mais influente que o outro para a determinação do valor do imóvel avaliando. Ou seja, é feita a comparação aos pares esgotando-se todas as combinações possíveis. Por este Método podemos medir a coerência e consistência das informações e realizarmos uma realimentação do sistema se o Índice de Consistência não for satisfatório, ou seja, IC ≥ 0,1.

O julgador ou decisor, enfrenta um problema formado por um sistema complexo de componentes pertinentes ao modelo que deseja resolver. É comum o tomador de decisões ser levado a atribuir um valor equivocado devido à dificuldade em manter a coerência e até mesmo a transitividade. Além deste fato, nas decisões tradicionais, o julgador é levado a ser determinístico e objetivo, entretanto os valores são, nitidamente, nebulosos, aproximados e subjetivos. Por outro lado, No MAH é medida a coerência dos julgamentos e dada a oportunidade de correção, caso esta não seja satisfatória.

O Modelo MAH sugerido é o que melhor se adapta à maneira pela qual a mente humana conceitualiza e estrutura um problema complicado ou sofisticado. As vezes o problema parece simples, quando na verdade não é. Vários indivíduos podem estruturar hierarquicamente um problema de forma diferente, entretanto se os seus julgamentos forem semelhantes e coerentes, suas respostas serão semelhantes. O MAH é um processo robusto, muito pouco sensível a pequenas mudanças, distinções não radicais em uma hierarquia não são decisivas.

No Modelo de Análise Hierárquica encontramos uma forma racional de lidar com julgamentos que são subjetivos, fazer todas as combinações de cruzamentos possíveis, medir o quanto estamos sendo coerentes e consistentes, tendo a oportunidade de realizarmos feedback para buscarmos resultados com coerência satisfatória. Podemos demonstrar matematicamente que o processo do MAH faz o julgador captar a compreensão intuitiva do problema. Os limites psicológicos parecem estar em consonância com as condições para a estabilidade matemática dos resultados.

A teoria do MAH favorece a incorporação de julgamentos de forma que as questões inerentes sejam articuladas, avaliadas e priorizadas. Os julgamentos são apurados através de um processo de realimentação, onde cada aplicação obriga a um refinamento dos julgamentos.

Na prática, a tomada de decisão e o modelo têm que refletir a mensuração de todos os fatores que são importantes, qualitativamente e quantitativamente, sendo tangíveis ou intangíveis.

BIBLIOGRAFIA

[1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 14653-1, 2, 3 : 2004**: Avaliação de Bens, Procedimentos Gerais, Rio de Janeiro, 2004.
[2] ROY, B., Decision-aid and Decision-making, European Journal of Operational Research, vol. 45, pp. 324-331, 1990.
[3] ROY, B., Partial Preference Analysis and Decision Aid: The fuzzy outranking relation concept, D.E. Bell, R.L. Keeney, H. Raiffa, (eds.), Conflicting Objectives in Decisions, J. Wiley, New York, pp. 40 - 75, 1977.
[4] BANA e COSTA, Carlos A., Métodos de Decisão Multicritérios e Aplicações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
[5] BANA e COSTA, Carlos A.; DE CORTE, Jean-Marie; VANSNICK, Jean-Claude. MACBETH. Department of Operational Research, London School of Economics, 2000.
[6] BREGALDA, Paulo F.; OLIVEIRA, Antônio A. F. de; BORNSTEIN, Cláudio T., Introdução à Programação Linear, Editora Campus, 3ª. Ed., Rio de Janeiro, 1998.
[7] BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press, 1998.
[8] FONSECA, C. M.; J. Fleming, P. M., An Overview of Evolutionary Algorithms in Multiobjective Optimization, Evolutionary Computation, vol. 3 (1), pp. 1-16, 1995.
[9] FERREIRA, J. C. et al., Ensaio de Delimitação de Corredores Verdes na Área Metropolitana de Lisboa: Integração de Dados Fuzzy Através da Análise Multi-Critério. ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, VIII., 2004. Oeiras. Anais... Oeiras - Portugal, 2004.
[10] GARCIAS, C. M., As Questões Ambientais Urbanas. Revista Acadêmica, v. 2, n. 8, p. 3-8, 1997.
[11] GOMES, L. F. A. M.; MOREIRA, A. M. M., Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. Recife, 1998.
[12] GOMES, L. F. A. M., Teoria da Decisão, São Paulo: Thomson, 2007.
[13] K. J. ARROW, Social Choice and Individual Values, J. Wiley, New York, 1951, 2nd edition, 1963.
[14] KAUFMANN, Arnold; GUPTA, Madan M., Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B, 1988.
[15] GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G., CARIGNANO, C., Tomada de Decisões em Cenários Complexos, Thomson Learning, Brasil, 2003.
[16] CARVALHO, M. B.; EKEL, P. Ya; MARTINS, C. A. P. S.; PEREIRA, J. G. , Fuzzy Set-based Multiobjective Allocation of Resources: Solution Algorithms and Applications, Nonlinear Analysis, vol. 63, pp 715-724, 2005.
[17] MOREIRA, D.S.; SILVA, R.S.; FERNANDES, A.M.R., Engenharia de Avaliações de Imóveis Apoiada em Técnicas de Análise Multicritério e Redes Neurais Artificiais, Revista de Sistemas de Informação da FSMA, n.6, pp. 49-58, 2010.
[18] NORMA DO INSTITUTO DE ENGENHARIA LEGAL PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO, IBAPE RJ, Rio de Janeiro, 2007.
[19] R. KEENEY, R.; RAIFFA, H., Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs, John Wiley & Sons, New York, 1976.

[20] RANGEL, L.A.D; GOMES, L.F.A.M., Avaliação Multicritério de Imóveis Residenciais: Uso Combinado dos Métodos UTA-CR e TODIM. Investigación Operativa, v. XVII, p. 113-127, 2009.
[21] ROMERO, Carlos., Análisis de Lãs Decisiones Multicritério. ISDEFE. Ingineria de Sistemas. Edition 4, Madrid, 1996.
[22] OVCHINNIKOV, S., On Fuzzy Strict Preference, Indifference and Incomparability Relations, Fuzzy Sets and Systems, vol. 49, pp. 15-20, 1992.
[23] SAATY, T. L., Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, Management Science, vol. 32, pp. 841 - 855, 1986.
[24] SAATY, T. L., Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS publications, 2006. 478 p.
[25] SAATY, T. L., How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, vol. 48, pp. 9-26, 1990.
[26] SAATY, T. L., Método de Análise Hierárquica, McGraw-Hill Lyda e Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1991.
[27] SAATY, T. L., Ranking by Eigenvector Versus Other Methods in the Analytic Hierarchy Process, Appl. Math. Lett., vol. 11 (4), pp. 121-125, 1998.
[28] ALTROCK, V., Fuzzy Logic and Neuro Fuzzy Aapplications in Busines and Ffinance. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1996.
[29] ZADEH, Fay. "My Life and Travels with the Father of Fuzzy Logic". 1998, TSI Press, Albuquerque, NM.
[30] EDWARDS, W., How to Use Multiattribute Measurement for Social Decision making, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol.7 (5), pp. 326-340, 1977.