

MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE AUXÍLIO À DECISÃO APLICADOS A AVALIAÇÃO E AQUISIÇÃO DE IMÓVEIS

Lucas Santos Menezes Oliveira

Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210–240, Niterói, RJ, Brasil.
lucassmo@yahoo.com

Teresa Cristina Vilardo Domingues Correia

Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210–240, Niterói, RJ, Brasil.
cristinavilardo@yahoo.com.br

João Carlos Correia Baptista Soares de Mello

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense
Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, 24210–240, Niterói, RJ, Brasil.
jcsmello@yahoo.com.br

Resumo:

Este artigo ilustra a compra de um imóvel, utilizando métodos multicritério de apoio à decisão e análise envoltória de dados. As alternativas foram escolhidas aleatoriamente no caderno Classificados de um jornal local de grande circulação, respeitando limites previamente estabelecidos para cada critério. Foram utilizados os Métodos MACBETH e Entropia para classificar e ordenar as alternativas.

Palavras-chave:

MACBETH, Entropia, Multicritério, Apoio à decisão, Análise Envoltória de Dados

Abstract:

This article illustrates a house purchase, using Multicriteria Decision Aid and Data Envelopment Analysis. The alternatives were randomly chosen from a large circulation newspaper, respecting the limits previously established for each criterion. It has been used MACBETH and Entropy methods to classify and arrange the alternatives.

Keywords:

MACBETH, Entropy, Multicriteria, Decision Support, Data Envelopment Analysis

1. INTRODUÇÃO

O processo de aquisição de um imóvel, assim como de qualquer outro bem, requer um nível de envolvimento do decisor para avaliar as alternativas expostas e decidir a opção que melhor lhe satisfaz. Sendo um produto de alto valor agregado, a tomada de decisão por qual imóvel comprar envolve considerável atividade de pesquisa e análise das alternativas, o que é denominado pelo Marketing como tomada de decisão extensiva. Neste tipo de tomada de decisão, o consumidor apresenta um alto grau de envolvimento com o processo de compra e, portanto, investe muito tempo nesta avaliação.

Mesmo dedicando bastante tempo para avaliar as inúmeras alternativas que lhe são oferecidas, chega-se a um momento em que as opções finalistas parecem muito semelhantes umas com as outras, diferenciando em apenas alguns aspectos, o que dificulta a decisão final.

Sendo assim, podemos definir o processo de aquisição de imóvel como um evento que exige um planejamento complexo, um dispêndio financeiro considerável, e critérios de escolha de alternativas que garantam a satisfação do comprador. Devido a essa perspectiva, o uso de métodos de apoio multicritério a decisão se tornam uma poderosa ferramenta que permite agregar de forma ampla todas as características consideradas importantes com a finalidade de possibilitar a transparência e a sistematização do processo de tomada de decisão.

Estudos relacionados com o setor imobiliário, realizados por Rangel et al (2006) e Lins et al (2005), objetivaram avaliar os imóveis para determinação de preços de venda. Propõe-se neste artigo, através da utilização de um caso fictício, comparar os imóveis a partir de suas características intrínsecas, incluindo preço, a fim de subsidiar a escolha do decisor.

A fim de apresentar uma metodologia que auxilie o processo de tomada de decisão para a compra de um apartamento, apresenta-se o uso do Apoio Multicritério à Decisão, técnica esta que permite realizar escolhas envolvendo vários critérios, muitas vezes conflitantes.

O estudo de caso aqui apresentado visa comparar métodos objetivos e subjetivos para definir a importância (peso) de cada critério e ordenar as alternativas de acordo com esses critérios.

2. METODOLOGIA

2.1 AUXILIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO

O Apoio Multicritério à Decisão consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar a tomada de decisões, quando da presença de uma multiplicidade de critérios. Este processo pode ser decomposto em etapas (GOMES et al., 2004):

- 1) Identificar os decisores e seus objetivos;
- 2) Definir as alternativas;
- 3) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
- 4) Avaliar alternativas em relação aos critérios;
- 5) Determinar importância relativa dos critérios;
- 6) Realizar a avaliação global de cada alternativa;
- 7) Conduzir a análise de sensibilidade;
- 8) Propor recomendações;
- 9) Implementar as ações.

As etapas 1, 2 e 3 constituem a Fase de Estruturação, que trata da formulação do problema e busca identificar, caracterizar e organizar os fatores considerados relevantes no processo de apoio à decisão. É uma fase interativa e dinâmica, pois fornece uma linguagem comum aos decisores, o que possibilita a aprendizagem e o debate. As etapas 4, 5, 6 e 7 compõem a Fase de Avaliação, que tem como objetivo a aplicação de métodos de análise multicritério para apoiar a modelagem das preferências e a sua agregação. A terceira fase, composta das etapas 8 e 9, é a Fase de Recomendação dos cursos de ação a serem seguidos.

Deve-se ainda atentar que uma família de critérios, ou seja, o conjunto de critérios usados em uma determinada situação de decisão, deve satisfazer três condições (“axiomas de Roy”) para ser uma família coerente de critérios (ROY & BOUYSSOU, 1993). Esses

axiomas, em linguagem não matemática, são: Exaustividade (impõe a necessidade de descrever o problema levando em conta todos os aspectos relevantes); Coesão (obriga à correta análise de quais são os critérios de maximização e quais os de minimização); Não Redundância (obriga a excluir critérios que avaliem características já consideradas por outro critério).

2.1.1 MÉTODO MACBETH

O Método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), de Bana e Costa & Vansnick (1995) consiste no uso de um software com o mesmo nome, e através de modelos de programação linear, são determinadas funções de valor para representar o julgamento dos decisores. Quando utilizado para resolver problemas multicritério, deve atender a duas questões essenciais e distintas: Primeiro, para cada critério, atribuir notas para cada alternativa utilizando o software MACBETH scores. Essa classificação é realizada através de uma comparação pareada, classificando-as segundo os julgamentos do decisor.

Para a definição de diferença de atratividade entre as alternativas, o software utiliza uma escala semântica composta de sete categorias (de zero a seis), onde zero indica indiferença entre as alternativas, e seis indica uma diferença de atratividade extrema.

Segundo, as alternativas são agregadas em uma nota única através de uma soma ponderada. Para isso é necessário atribuir pesos aos vários critérios utilizando o software MACBETH weights através de comparação par a par realizada de forma indireta através de sete alternativas fictícias que representam cada critério, possuindo o melhor valor possível para o critério que representa e pior valor para os demais critérios. É ainda introduzida uma outra alternativa à análise correspondendo a um critério artificial, com pior nota em todos os critérios, de forma a impedir que um dos sete critérios tenha valor nulo.

2.1.2 MÉTODO DA ENTROPIA

O método da entropia é um método “objetivo” de designação de pesos, isto é, os determina sem que o decisor emita relações de preferência entre critérios. Isso a princípio parece extremamente contraditório, visto que para Gomes et al (2004) a função do decisor é proporcionar um juízo de valor final para ser utilizado no momento de avaliar as alternativas disponíveis, com o objetivo de identificar a melhor alternativa. Como essa informação é fundamentalmente subjetiva e obedece à estrutura interna de preferências do decisor (pesos), é difícil imaginar como atribuir pesos aos critérios sem a ajuda do decisor. O método da entropia representa, em certa medida, um retorno ao paradigma do ótimo, criticado por Climaco (2003).

Porém a idéia essencial deste método consiste em associar que a importância relativa de cada critério (peso) está diretamente relacionada com o intervalo de valores que cada alternativa pode ter dentro de um critério. Quanto mais dispersas estão as alternativas, maior importância esse critério deve ter na decisão, pois possui uma maior capacidade de distinção entre as alternativas. Tal método é apropriado a contextos em que haja conflitos de interesses entre decisores e seja necessária uma neutralidade na decisão.

Para o estudo em questão, a partir da matriz normalizada contendo “n” alternativas e “m” critérios, calculou-se a entropia pela fórmula $E_j = -k \sum a_{ij} \log(a_{ij})$, onde $k = 1/\log(m)$. Em seguida, calcula-se a dispersão de cada critério $D_j = 1 - E_j$. Os pesos são obtidos por: $w_j = D_j / \sum (D_j)$.

2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Análise envoltória de dados (DEA) é uma ferramenta matemática que mede a eficiência relativa de unidades de decisão (DMU) que utilizam recursos similares para obter produtos similares. O cálculo da eficiência é resultante da soma ponderada dos produtos dividida pela

soma ponderada dos recursos. Cada DMU é assinalada com o maior valor possível de eficiência através da escolha da relação ótima dos pesos associados aos recursos e aos produtos. Além disso, os modelos DEA estabelecem alvos de eficiência conhecidos como benchmarks para DMUs que não são eficientes.

Em DEA, existem três etapas que se tornam necessárias à implementação do problema: (ANGULO MEZA, 1998)

a. Definição e Seleção de DMUs

O conjunto de DMUs adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas em intensidade. Deve ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões. Além disso, é necessário determinar o número de DMUs a serem avaliadas de acordo com o número de variáveis do problema.

b. Seleção das Variáveis

As variáveis de entrada e saída relevantes à determinação da eficiência das DMUs, deve ser feita a partir de uma ampla lista de possibilidades de variáveis ligadas ao modelo, capazes de descrever com clareza o problema e que permitam um melhor conhecimento sobre as unidades.

Escolhendo-se um grande número de variáveis temos um maior grau de conhecimento sobre as DMUs, explicando melhor as diferenças entre elas. Entretanto, é possível que um grande número de DMUs se localizem na fronteira reduzindo a capacidade de DEA de discriminar DMUs eficientes de DMUs ineficientes. Assim, o modelo deve procurar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e DMUs escolhidas, visando aumentar o poder discriminatório da análise DEA.

c. Escolha e aplicação do modelo

Um modelo clássico de DEA que é amplamente utilizado é o modelo CCR (Charnes et al. 1978) que considera retornos constantes de escala, ou seja, a existência de uma relação de proporcionalidade entre inputs e outputs para DMU's eficientes (Soares de Mello et al. 2002). Outro modelo clássico existente é o BCC (Banker et al. 1984) que considera retornos variáveis de escala. Ele substitui o axioma da proporcionalidade entre inputs e outputs pelo axioma da convexidade. Isto permite que DMU's que possuem baixos valores de inputs retornem valores crescentes de escala enquanto DMU's com altos valores de inputs resultem em valores decrescentes de escala (Soares de Mello et al., 2005).

Para o cálculo da eficiência os modelos podem ser orientados aos recursos ou aos produtos. Quando é orientado a recursos, se objetiva reduzi-los; quando é orientado a produtos, se objetiva aumenta-los de forma a fazer uma DMU eficiente.

Ainda que modelos clássicos em DEA permitam ao decisor estabelecer uma ordenação das DMUs sem emitir julgamentos de valor, eles são benevolentes para DMUs. Isso ocorre pois os modelos consideram apenas algumas das variáveis avaliadas de forma a maximizar a eficiência, causando uma baixa discriminação das DMUs.

O método da fronteira invertida (Yamada et al, 1994) é uma avaliação pessimista das DMUs que nos permite discernir quais as eficientes. Para isso, os inputs e outputs são invertidos no modelo original.

3. APLICAÇÃO

A primeira fase de um processo de compra de apartamento envolve o levantamento dos critérios de avaliação das alternativas. Sendo assim, algumas premissas foram consideradas no início do estudo, em função de definições prévias do decisor.

O comprador é casado e tem 1 filho adolescente, o que nos sinaliza a necessidade mínima de 2 quartos no apartamento. Sabe-se também que o casal tem uma renda familiar de R\$ 9.000,00, uma vez que os dois trabalham. Há uma determinação que o imóvel seja adquirido na Ilha do Governador e que o apartamento pegue o sol da manhã.

Os fatores selecionados que formam um grupo coerente de critérios a serem analisados para a avaliação das alternativas são: preço do imóvel, tamanho do apartamento, número de vagas na garagem, número de quartos, preço do condomínio, idade do imóvel, nível de segurança do bairro.

Além de definir os fatores, o decisor define faixas de variação dos critérios. Sendo assim, foram estabelecidos limites mínimo e máximo para cada critério de forma coerente com a suposta situação financeira da família compradora do imóvel, de acordo com a tabela 1.

| CRITÉRIOS | INTERVALO | |
|--|-----------|-----|
| | MIN | MAX |
| PREÇO DO IMÓVEL | 140 | 500 |
| VAGAS NA GARAGEM | 1 | 3 |
| TAMANHO DO APARTAMENTO (M ²) | 50 | 200 |
| NÚMERO DE QUARTOS | 2 | 3 |
| IDADE DO IMÓVEL (ANOS) | 0 | 10 |
| NÍVEL DE SEGURANÇA | 0 | 5 |

Tabela 1: Limites mínimo e máximo para cada critério

Para cada critério é destacado o valor desejável, e a alternativa contendo esses valores é conhecida como ideal. Com isso, podemos perceber que para alguns critérios o objetivo é obter alternativas que atinjam o valor máximo, enquanto para outras, o valor mínimo.

Em relação às alternativas, estas foram escolhidas aleatoriamente nos cadernos Classificados em jornais de grande circulação, tanto pela Internet, quanto nos jornais impressos de final de semana. A tabela 2 mostra essas alternativas.

| ALTERNATIVA | CÓDIGOS PARA AVALIAÇÃO | NÍVEL DE SEGURANÇA | PREÇO DO IMÓVEL (R\$ MIL) | NÚMERO DE QUARTOS | IDADE DO IMÓVEL (ANOS) | TAMANHO DO APARTAMENTO (M ²) | NÚMERO DE VAGAS |
|-------------|--|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|--|-----------------|
| PB1 | PB - 140 - 2Q - 1A - 80M2 - 1V - 310C | 2 | 140,00 | 2 | 1 | 80 | 1 |
| JG1 | JG - 170 - 2Q - 2A - 80M2 - 2V - 350C | 4 | 170,00 | 2 | 2 | 80 | 2 |
| RB1 | RB - 185 - 2Q - 1A - 95M2 - 1V - 325C | 2 | 185,00 | 2 | 1 | 95 | 1 |
| JG2 | JG - 150 - 3Q - 5A - 75M2 - 1V - 390C | 4 | 150,00 | 3 | 5 | 75 | 1 |
| MO1 | MO - 155 - 3Q - 5A - 75M2 - 2V - 370C | 3 | 155,00 | 3 | 5 | 75 | 2 |
| CO1 | CO - 160 - 3Q - 7A - 85M2 - 2V - 380C | 2 | 160,00 | 3 | 7 | 85 | 2 |
| JG3 | JG - 180 - 3Q - 7A - 85M2 - 1V - 420C | 4 | 180,00 | 3 | 7 | 85 | 1 |
| JG4 | JG - 180 - 3Q - 3A - 100M2 - 2V - 440C | 4 | 180,00 | 3 | 3 | 100 | 2 |
| JG5 | JG - 190 - 3Q - 4A - 110M2 - 2V - 480C | 4 | 190,00 | 3 | 4 | 110 | 2 |
| JG6 | JG - 150 - 3Q - 4A - 90M2 - 1V - 360C | 4 | 150,00 | 3 | 4 | 90 | 1 |
| RB2 | RB - 270 - 3Q - 1A - 110M2 - 2V - 490C | 2 | 270,00 | 3 | 1 | 110 | 2 |

Tabela 2: Matriz de Critérios e Alternativas

4. ESCOLHA DOS MÉTODOS

Para estudo dos principais métodos multicritério foi feita uma revisão em Barba-Romero e Pomerol (1997). Dentre os métodos subjetivos, o AHP se mostrou como um dos mais utilizados. Entretanto, Bana e Costa (2008) critica o método do autovalor, utilizado no método AHP e a subsequente ordenação de alternativas. Soares de Mello et al (2002) mostram que o método MACBETH, entre outras, apresenta as seguintes vantagens:

- Permite a transformação de avaliações qualitativas em quantitativas, o que também é feito pelo método AHP.
- Não permite nenhum grau de inconsistência nos julgamentos do decisor, estabelecendo um processo interativo de revisão dos julgamentos, inclusive sugerindo quais os que devem ser revistos. Ressalta-se que o método AHP não apresenta esta possibilidade, arbitrando um valor de 10% para a inconsistência máxima nos julgamentos.
- Permite gerar intervalos nos quais os pesos podem variar mantendo a consistência do método, enquanto o método AHP gera peso único.

Em relação aos métodos objetivos, Deng et al (2000), concluem que o método da entropia é o que faz uma melhor discriminação dos pesos dos critérios.

Análise Envoltória de Dados também foi utilizado como forma alternativa para ordenação das alternativas. Para isso foi utilizado o modelo CCR com orientação a inputs. Preço do imóvel foi selecionado com input enquanto nível de segurança, número de quartos, idade do imóvel, tamanho do apartamento e número de vagas são os outputs.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando o método da entropia, normalizaram-se os valores das alternativas para cada critério, segundo seus objetivos de maximizar e minimizar cada critério.

Calculou-se a entropia e a dispersão para cada critério, como mostrado na tabela 3. Com a dispersão, obtiveram-se os pesos para cada critério e através de uma soma ponderada, as alternativas foram ordenadas, como mostrado na coluna somatório da tabela 4.

| FÓRMULA | NÍVEL DE SEGURANÇA | PREÇO DO IMÓVEL | NÚMERO DE QUARTOS | IDADE DO IMÓVEL | TAMANHO DO APARTAMENTO | NÚMERO DE VAGAS |
|--|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| Somatório $\sum a_{ij} \cdot \log(a_{ij})$ | -1,0215 | -1,0341 | -1,0352 | -0,9603 | -1,0375 | -1,0180 |
| E_j | 0,9809 | 0,9930 | 0,9941 | 0,9221 | 0,9962 | 0,9775 |
| D_j | 0,0191 | 0,0070 | 0,0059 | 0,0779 | 0,0038 | 0,0225 |
| W_j | 14% | 5% | 4% | 57% | 3% | 17% |

Tabela 3: Cálculo da Dispersão e dos Pesos para os 7 critérios

Para o uso do método MACBETH começou-se por utilizar o software MACBETH Scores para realizar sete avaliações intracritérios das alternativas e seu resultado é ilustrado na tabela 5. Esta análise é realizada par a par entre as alternativas. Pode-se observar que não houve nenhuma alternativa que dominasse as demais. Em seguida, para a definição dos pesos no método MACBETH (comparação intercritério) utilizou-se o software MACBETH weights. Foi realizada uma comparação indireta dos critérios através de sete alternativas fictícias que representam cada critério, possuindo o melhor valor possível este critério e valores indesejáveis para os demais, conforme a figura 1.

| ALTERNATIVA | CODIGO PARA AVALIAÇÃO | NÍVEL DE SEGURANÇA | PREÇO DO IMÓVEL | NÚMERO DE QUARTOS | IDADE DO IMÓVEL | TAMANHO DO APARTAMENTO | NÚMERO DE VAGAS | SOMATÓRIO |
|-------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------|
| CO1 | CO - 160 - 3Q - 7A - 85M2 - 2V | 0,0080 | 0,0043 | 0,0044 | 0,1001 | 0,0024 | 0,0194 | 0,1385 |
| JG3 | JG - 180 - 3Q - 7A - 85M2 - 1V | 0,0160 | 0,0048 | 0,0044 | 0,1001 | 0,0024 | 0,0097 | 0,1374 |
| MO1 | MO - 155 - 3Q - 5A - 75M2 - 2V | 0,0120 | 0,0041 | 0,0044 | 0,0715 | 0,0021 | 0,0194 | 0,1135 |
| JG2 | JG - 150 - 3Q - 5A - 75M2 - 1V | 0,0160 | 0,0040 | 0,0044 | 0,0715 | 0,0021 | 0,0097 | 0,1077 |
| JG5 | JG - 190 - 3Q - 4A - 110M2 - 2V | 0,0160 | 0,0051 | 0,0044 | 0,0572 | 0,0031 | 0,0194 | 0,1052 |
| JG6 | JG - 150 - 3Q - 4A - 90M2 - 1V | 0,0160 | 0,0040 | 0,0044 | 0,0572 | 0,0025 | 0,0097 | 0,0938 |
| JG4 | JG - 180 - 3Q - 3A - 100M2 - 2V | 0,0160 | 0,0048 | 0,0044 | 0,0429 | 0,0028 | 0,0194 | 0,0903 |
| JG1 | JG - 170 - 2Q - 2A - 80M2 - 2V | 0,0160 | 0,0046 | 0,0029 | 0,0286 | 0,0022 | 0,0194 | 0,0737 |
| RB2 | RB - 270 - 3Q - 1A - 110M2 - 2V | 0,0080 | 0,0072 | 0,0044 | 0,0143 | 0,0031 | 0,0194 | 0,0564 |
| RB1 | RB - 185 - 2Q - 1A - 95M2 - 1V | 0,0080 | 0,0050 | 0,0029 | 0,0143 | 0,0027 | 0,0097 | 0,0425 |
| PB1 | PB - 140 - 2Q - 1A - 80M2 - 1V | 0,0080 | 0,0037 | 0,0029 | 0,0143 | 0,0022 | 0,0097 | 0,0409 |

Tabela 4: Resultado Método Entropia, levando em consideração os Pesos e as Alternativas

| ALTERNATIVA | CÓDIGOS PARA AVALIAÇÃO | NÍVEL DE SEGURANÇA | PREÇO DO IMÓVEL (R\$ MIL) | NÚMERO DE QUARTOS | IDADE DO IMÓVEL (ANOS) | TAMANHO DO APARTAMENTO (M2) | NÚMERO DE VAGAS |
|-------------|--|--------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|
| PB1 | PB - 140 - 2Q - 1A - 80M2 - 1V - 310C | 58,3 | 100 | 66,7 | 100 | 33,3 | 62,5 |
| JG1 | JG - 170 - 2Q - 2A - 80M2 - 2V - 350C | 100 | 63,6 | 66,7 | 83,3 | 33,3 | 1 |
| RB1 | RB - 185 - 2Q - 1A - 95M2 - 1V - 325C | 58,3 | 31,8 | 66,7 | 100 | 75 | 62,5 |
| JG2 | JG - 150 - 3Q - 5A - 75M2 - 1V - 390C | 100 | 95,5 | 100 | 50 | 16,7 | 62,5 |
| MO1 | MO - 155 - 3Q - 5A - 75M2 - 2V - 370C | 83,3 | 84,1 | 100 | 50 | 16,7 | 100 |
| CO1 | CO - 160 - 3Q - 7A - 85M2 - 2V - 380C | 58,3 | 72,7 | 100 | 33,3 | 50 | 100 |
| JG3 | JG - 180 - 3Q - 7A - 85M2 - 1V - 420C | 100 | 50 | 100 | 33,3 | 50 | 62,5 |
| JG4 | JG - 180 - 3Q - 3A - 100M2 - 2V - 440C | 100 | 50 | 100 | 75 | 87,5 | 100 |
| JG5 | JG - 190 - 3Q - 4A - 110M2 - 2V - 480C | 100 | 18,2 | 100 | 66,7 | 100 | 100 |
| JG6 | JG - 150 - 3Q - 4A - 90M2 - 1V - 360C | 100 | 95,5 | 100 | 66,7 | 66,7 | 62,5 |
| RB2 | RB - 270 - 3Q - 1A - 110M2 - 2V - 490C | 58,3 | 13,6 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabela 5: Resultado MACBETH Scores, referente a cada critério

Realizando um juízo de valores e preferências para cada par de alternativas, obteve-se a Matriz de Julgamentos de Critérios, com os pesos de cada critério com limites máximo e mínimo que cada um poderia ter sem tornar o problema inconsistente, conforme figura 2.



Figura 1: Lista de Critérios no MACBETH Weights

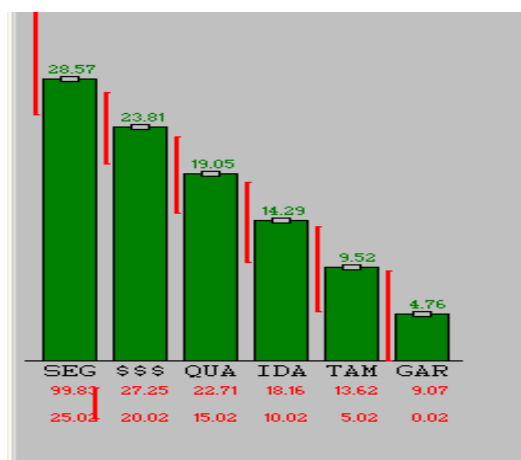


Figura 2: Resultado do Julgamento de Critérios

Com os resultados do MACBETH “weights” e “scores”, foi realizada uma soma ponderada para a ordenação das alternativas, mostrada na coluna somatório da tabela 6.

| ALTERNATIVA | CODIGO PARA AVALIAÇÃO | NÍVEL DE SEGURANÇA | PREÇO DO IMÓVEL | NÚMERO DE QUARTOS | IDADE DO IMÓVEL | TAMANHO DO IMÓVEL | NÚMERO DE VAGAS | SOMATÓRIO |
|-------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|
| JG6 | JG - 150 - 3Q - 4A - 90M2 - 1V | 0,1091 | 0,1415 | 0,1000 | 0,0880 | 0,1060 | 0,0685 | 0,1098 |
| JG4 | JG - 180 - 3Q - 3A - 100M2 - 2V | 0,1091 | 0,0741 | 0,1000 | 0,0989 | 0,1391 | 0,1096 | 0,1004 |
| JG2 | JG - 150 - 3Q - 5A - 75M2 - 1V | 0,1091 | 0,1415 | 0,1000 | 0,0659 | 0,0265 | 0,0685 | 0,0991 |
| MO1 | MO - 155 - 3Q - 5A - 75M2 - 2V | 0,0909 | 0,1246 | 0,1000 | 0,0659 | 0,0265 | 0,1096 | 0,0919 |
| JG1 | JG - 170 - 2Q - 2A - 80M2 - 2V | 0,1091 | 0,0941 | 0,0667 | 0,1099 | 0,0529 | 0,1096 | 0,0922 |
| JG5 | JG - 190 - 3Q - 4A - 110M2 - 2V | 0,1091 | 0,0270 | 0,1000 | 0,0880 | 0,1589 | 0,1096 | 0,0896 |
| PB1 | PB - 140 - 2Q - 1A - 80M2 - 1V | 0,0636 | 0,1482 | 0,0667 | 0,1319 | 0,0529 | 0,0685 | 0,0933 |
| JG3 | JG - 180 - 3Q - 7A - 85M2 - 1V | 0,1091 | 0,0741 | 0,1000 | 0,0439 | 0,0795 | 0,0685 | 0,0850 |
| RB2 | RB - 270 - 3Q - 1A - 110M2 - 2V | 0,0636 | 0,0202 | 0,1000 | 0,1319 | 0,1589 | 0,1096 | 0,0812 |
| CO1 | CO - 160 - 3Q - 7A - 85M2 - 2V | 0,0636 | 0,1077 | 0,1000 | 0,0439 | 0,0795 | 0,1096 | 0,0819 |
| RB1 | RB - 185 - 2Q - 1A - 95M2 - 1V | 0,0636 | 0,0471 | 0,0667 | 0,1319 | 0,1192 | 0,0685 | 0,0756 |

Tabela 6: Resultado final do método MACBETH.

Análise Envoltória de Dados foi utilizada como forma de ordenação das alternativas (DMUs) e os resultados para o modelo CCR com orientação a inputs são ilustrados na Tabela 7 na coluna padrão. Nota-se uma baixa discriminação das variáveis, com muitas delas sendo consideradas eficientes. O método da fronteira invertida foi utilizado e os resultados se encontram ordenados na coluna Composta*.

| DMU | Padrão | Invertida | Composta | Composta* |
|-----|--------|-----------|----------|-----------|
| JG5 | 1,00 | 0,70 | 0,65 | 1,00 |
| JG4 | 1,00 | 0,73 | 0,63 | 0,98 |
| CO1 | 1,00 | 0,77 | 0,62 | 0,95 |
| JG6 | 1,00 | 0,82 | 0,59 | 0,91 |
| MO1 | 1,00 | 0,84 | 0,58 | 0,89 |
| PB1 | 0,96 | 0,84 | 0,56 | 0,86 |
| JG2 | 1,00 | 0,91 | 0,55 | 0,84 |
| JG1 | 1,00 | 0,94 | 0,53 | 0,82 |
| JG3 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 0,77 |
| RB1 | 0,86 | 1,00 | 0,43 | 0,66 |
| RB2 | 0,70 | 1,00 | 0,35 | 0,54 |

Tabela 7: Resultado final utilizando metodologia DEA + Fronteira Invertida

6. CONCLUSÕES

Como o método MACBETH se baseia nas opiniões do decisor para ordenação de critérios e alternativas, considerou-se razoável concluir que o seu resultado ordena de forma eficiente as melhores alternativas para o decisor, visto que tal método não permite inconsistências cardinal e semântica, reduzindo assim, a margem de erro causada pelo próprio decisor ao emitir juízos de valor entre critérios e alternativas.

Para o método da entropia, devido à alta dispersão para o critério idade do imóvel, este foi supervalorizado em relação aos demais critérios, interferindo na classificação das alternativas. Seu resultado aproximou-se do método lexicográfico, em que as alternativas são ordenadas segundo um único critério de decisão, considerado ditador.

Para a metodologia DEA, mesmo com a fronteira invertida conseguindo ordenar as alternativas de forma satisfatória, o modelo clássico acabou atribuindo muitos pesos iguais a zero não podendo assim ser comparado com outros métodos multicritério por ferir o Axioma de Roy da Exaustividade.

Ao se comparar apenas os dois métodos multicritério, era esperado que apresentassem resultados distintos, visto que utilizamos métodos subjetivo e objetivo, que utilizam ou não julgamentos do decisor, respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

- ANGULO-MEZA, L.** Data Envelopment Analysis (DEA) na Determinação da Eficiência dos Programas de Pós-Graduação do COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 1998. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1998
- BARBA-ROMERO, S. & POMEROL, J.C.** Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos e utilización práctica. Colección de Economía. Alcalá: Universidad de Alcalá, 1997.
- BANA E COSTA, C.A. & VANSNICK, J.C.** A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research* 187, 1422–1428, 2008.
- BANA E COSTA, C.A. & VANSNICK, J.C.** A theoretical framework for Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). In. Clímaco, J. (ed.) *Multicriteria Analysis*. Berlim: Springer Verlag. 1995
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W.** Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30 (9), p.1078-1092, 1984.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E.** Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.
- CLÍMACO, J.C.N.** A critical reflection on optimal decision. *European Journal of Operational Research* Vol. 153, p.506-516, 2003.
- DENG, H.; YEH, C. & WILLIS, R.J.** Inter-company comparison using modified topsis with objective weights. *Computers & Operations Research* Vol.27, p.963-973, 2000.
- GOMES, L.F.A.M.; GONZALEZ-ARAYA, M.C. & CARIGNANO, C.** Tomada de decisões em cenários complexos. Rio de Janeiro: Pioneira Thompson Learning. 2004.
- LINS, M.P.E.; NOVAES, L.F. L. & LEGEY, L.F.L.** Real estate appraisal: A double perspective data envelopment analysis approach. *Annals of Operations Research* Vol. 138, n. 1, p.79-96, 2005.
- RANGEL, L.A.D. ; SILVA, S.S. & SILVERIO, L.B.** Ordenação de imóveis residenciais empregando o método Todim. *Anais do XXXVIII SBPO*, Goiânia, 2006
- ROY, B. & BOUYSSOU, D.** Aide multicritère à la décision: méthodes et cas. Paris: Ed. Economica, 1993.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al.** Use of ordinal multi-criteria methods in the analysis of the Formula 1 world championship. *Cadernos EBAPE.BR*, v.3, n.2, 2005.
- SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. & LINS, M.P.E.** Análise multicritério da presença da Universidade Federal Fluminense com o uso do método MACBETH. *Revista Produção* Vol.11, n. 2, p.53-67, 2002.
- YAMADA, Y.; MATUI, T.; SUGIYAMA M.** "New analysis of efficiency based on DEA". *Journal of the Operations Research Society of Japan*. Vol. 37. Nº2, pp. 158-167. 1994.