

# ESTUDO DO TAMANHO DOS PORTOS BRASILEIROS: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

**Leila dos Santos Pires**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passos da Pátria, nº 156, São Domingos, Niterói - RJ  
[leilapire@yahoo.com.br](mailto:leilapire@yahoo.com.br)

**Rodrigo Ferreira Bertoloto**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passos da Pátria, nº 156, São Domingos, Niterói - RJ  
[rfbertoloto@yahoo.com.br](mailto:rfbertoloto@yahoo.com.br)

**João Carlos C. B. Soares de Mello**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passos da Pátria, nº 156, São Domingos, Niterói - RJ  
[jcsmello@producao.uff.br](mailto:jcsmello@producao.uff.br)

## Resumo

Este artigo apresenta um estudo dos vinte principais portos brasileiros em movimentação de cargas. São utilizados alguns métodos de Apoio Multicritério à Decisão para obter uma ordenação dos portos de acordo com seu tamanho, dentre eles o MACBETH e o Método de Borda. A ordenação é feita segundo os critérios de movimentação de cargas, movimentação de embarcações e extensão do cais. Em ambos os métodos, Santos é obtido como o maior porto brasileiro.

**Palavras-Chaves:** Apoio Multicritério à Decisão; Portos Brasileiros; MACBETH; Método de Borda

## Abstract

This article presents a study of the twenty principal brazilian harbors in loads movement. Some methods of Multicriteria Decision Aid are used to obtain a staging of the harbors according to its size, among them MACBETH and Borda Method. The staging is done based on the amount of loads movement, overall traffic and pier extension. In both methods, Santos is found as the biggest brazilian harbor.

**Keywords:** Multicriteria Decision Aid; Brazilian Harbors; MACBETH; Borda Method.

## 1. INTRODUÇÃO

“O estrondoso crescimento das exportações brasileiras colocou à prova a capacidade de operação de diversos portos nacionais. Para dar conta dos novos níveis de demanda, está em curso uma verdadeira corrida contra o tempo nos principais terminais portuários do país, em uma tentativa de recuperar décadas de abandono e falta de investimento.”(Daniele Carvalho, Jornal do Brasil, 2005)

Os portos brasileiros passam por uma verdadeira revolução que inclui: operação privada, modernização de equipamentos e procedimentos, aumento de produtividade e redução de custos.

Essa revolução nos terminais portuários é extremamente importante para a economia

brasileira, pois a utilização do modal aquaviário é uma forma de baratear o preço final de produtos, principalmente o de exportação, tornando-os mais competitivos. Em geral, os custos por quilômetro utilizando esse modal é duas vezes menor que a ferrovia e cinco vezes mais baixo que o da rodovia.

Na matriz de transportes da exportação brasileira, o modal marítimo se destaca. Em 2001, por exemplo, foi responsável pelo transporte de 260 milhões de toneladas, o que corresponde a 95% do total exportado.

Apesar da importância do modal marítimo, o Brasil ainda não usufrui da sua capacidade. “Num país com 8.5 mil km de litoral e com algumas das maiores bacias hidrográficas do mundo, apenas 13% do transporte de carga são feitos pela água (63% são por caminhões e 24% por trens). Na China, por exemplo, 54% dos volumes são despachados pelo modal aquaviário e apenas 13% por estradas.”(Revista Tecnológica – Novembro/2004)

Este estudo tem como objetivo obter um retrato da estrutura portuária brasileira já que esse assunto está sendo amplamente discutido na mídia e no governo atualmente. A intenção é ordenar os vinte principais portos brasileiros em movimentação de cargas, de acordo com seu tamanho.

O tamanho é analisado em função de três critérios: movimentação de cargas, em toneladas/ano, movimentação de embarcações, em unidades/ano e extensão total aproximada de cais, em metros.

São utilizados dados reais obtidos no Anuário Estatístico 2003, da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq).

A ordenação é feita através de métodos multicritérios. Primeiramente faz-se uma normalização por razões com critérios a maximizar. Em seguida utiliza-se o método Macbeth Weights para dar pesos aos critérios.

Obtidos a normalização e os pesos, o método da soma ponderada é usado para se ter a primeira ordenação dos portos. Esta ordenação leva em conta opiniões subjetivas na atribuição de pesos.

Uma segunda ordenação é obtida usando-se o método de Borda. Este é um método ordinal e não leva em conta julgamentos subjetivos sobre a importância de cada critério. A comparação entre os dois métodos mostra uma grande robustez dos resultados.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 traz os fundamentos teóricos dos métodos utilizados. A seção 3 faz a modelagem do problema, com a escolha de alternativas e critérios. A seção 4 trata da aplicação dos diversos métodos e, finalmente, na seção 5 são apresentadas as principais conclusões.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO**

Desde os primórdios, o homem sempre teve que tomar decisões, fossem elas conscientes ou inconscientes, racionais ou irracionais. A todo instante é colocado numa posição onde é necessário decidir, optar, tomar uma posição frente a uma ou várias escolhas. O homem está sempre se confrontado com as mais diferentes situações que necessitam de uma decisão. A tomada de decisão é um procedimento comum que faz parte da vida diária. Mesmo que, na maior parte do tempo, estas sejam feitas quase que inconscientemente.

De acordo com Bana e Costa & Vasnick (1995), "A tomada de decisão é de fato parte integrante da vida quotidiana. Mas é também uma atividade intrinsecamente complexa e potencialmente das mais controversas, em que temos naturalmente de escolher não apenas entre alternativas de ação, mas também entre pontos de vista e formas de avaliar essas ações, e por fim, de considerar toda uma multiplicidade de fatores direta e indiretamente relacionados com a

decisão a tomar."

O Apoio Multicritério à Decisão surgiu formalmente como ramo da pesquisa operacional na década de 1970. No entanto, alguns métodos elementares já existiam desde a Revolução Francesa. Datam desta época os métodos ordinais de Borda e Condorcet (Soares de Mello, 2002), que são considerados os precursores, das escolas americana e francesa do Apoio Multicritério à Decisão.

O Apoio Multicritério à Decisão pode ser definido como um conjunto de técnicas de apoio à tomada de decisão, que têm a finalidade de investigar um número de alternativas, considerando múltiplos critérios e objetivos em conflito. É possível gerar soluções de compromisso e uma hierarquização das alternativas, de acordo com o grau de atração destas para o tomador de decisão (Soares de Mello et al, 2002).

Os métodos de auxílio à decisão por múltiplos critérios, como o próprio nome sugere, são utilizados em situações em que se considera mais de um critério, por exemplo: custo, qualidade, atendimento, etc. Basicamente, estes métodos usam a mesma ferramenta principal, a matriz de decisão.

A maneira com que esse método lida com os elementos da matriz é o que o torna diferente dos demais métodos. A seguir são apresentados o método Macbeth e o método de Borda, os principais utilizados nesse estudo.

#### **2.1.1. Método Macbeth**

O MACBETH - "Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique", é uma técnica de análise de decisão de múltiplos critérios desenvolvido por Carlos A. Bana e Costa e J. C. Vansnick (1994), na década de 90.

O MACBETH é um método que permite representar numericamente os julgamentos dos decisores sobre a atratividade global das ações, unindo a representação numérica da informação com os critérios, dentro de um modelo de avaliação global. É uma abordagem interativa que auxilia a construção de medidas cardinais de julgamentos sobre o grau (de atratividade) para o qual os elementos de um grupo de ações potenciais finito "A" possui critérios "P".

Nesta metodologia, as propostas são avaliadas comparativamente, através de questionamentos feitos pelo analista aos decisores. O questionamento é claro e direto, envolvendo apenas dois elementos em cada questão, e utiliza a *noção de diferença de atratividade*.

A avaliação das preferências dos decisores é feita através de julgamento, isto é, o decisor avalia a situação, forma uma opinião, e a seguir expressa o seu julgamento. Entretanto, quando o decisor avalia com julgamentos, a subjetividade certamente está presente. O julgamento varia de acordo com as preferências, sendo assim, ocorrerão diferentes graus de preferências entre os decisores. A avaliação da situação resulta do conhecimento e da experiência, ou simplesmente da forma como o problema é proposto ou visto.

A importância de utilizar julgamentos, quando da avaliação, é que este permite utilizar fatores tanto qualitativos, quanto quantitativos. Normalmente os julgamentos são feitos de forma simples, sem a necessidade de instrumentos sofisticados. Entretanto, é necessário certo cuidado, para que as preferências e interesses não sejam influenciados por bases erradas, através de desconhecimento e desinformação, os quais provocam o distanciamento do objetivo da realidade. É necessário que o decisor seja consistente no momento da avaliação.

#### **2.1.2. Método de Borda**

Para o uso do método de Borda cada decisor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências. À alternativa mais preferida é atribuído um ponto, a segunda dois pontos e assim sucessivamente. Ao final, os pontos atribuídos pelos decisores a cada alternativa são

somados e a alternativa que tiver obtido a menor pontuação será escolhida (Dias et al., 1996). Todas as alternativas são ordenadas por ordem decrescente de pontuação (o que garante o respeito ao axioma da totalidade). É normal fazer uma inversão do método, atribuindo maior número de pontos à alternativa mais preferida.

Segundo Arrow (1951), também citado por Barba-Romero e Pomerol (1997), não existe escolha justa, ou seja, não existe método multicritério, ou multidecisor “perfeito”. Considera-se como justo um método de escolha multidecisor que obedeça aos axiomas de universalidade, da unanimidade, da independência em relação às alternativas irrelevantes, da transitividade e da totalidade. O teorema de Arrow garante que, com exceção de métodos de ditador, nenhum método de escolha atende simultaneamente a esses axiomas.

Apesar de sua simplicidade e amplo uso de suas variações, o método de Borda não respeita um dos axiomas de Arrow: a classificação final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações em relação a alternativas irrelevantes. Tal fato pode gerar situações indesejáveis, como numa votação em que o último votante sabe as preferências dos anteriores e altera as suas preferências de modo a dar mais chances à sua alternativa preferida. (Soares de Mello et al, 2002)

### 3. ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS E DOS CRITÉRIOS

A malha aquaviária brasileira é composta por portos fluviais e marítimos. São 44 portos ao todo, sendo 6 na região norte, 13 na nordeste, 13 na sudeste, 10 na sul e 2 na centro-oeste.

No estudo que se segue analisamos a estrutura dos 20 principais portos brasileiros, considerando a movimentação de cargas no ano de 2003 (vide tabela 1). Os dados foram obtidos no Anuário Estatístico 2003, da Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

Tabela 1: Alternativas

Portos	Volume (ton)
Tubarão-ES	76.568.035
Itaqui-MA	68.475.599
Santos-SP	60.077.073
São Sebastião-SP	52.050.716
Sepetiba-RJ	51.035.544
Paranaguá-PR	32.499.953
Rio Grande-RS	22.030.505
Aratu-BA	21.850.529
Praia Mole-ES	19.405.101
Belém-PA	16.772.691
Ponta Ubu-ES	16.251.807
S.F. do Sul-SC	15.591.082
Rio de Janeiro-RJ	14.467.653
Angra dos Reis-RJ	14.261.864
Manaus-AM	11.237.170
Vila do Conde-PA	10.399.695
Porto Alegre-RS	10.227.371
Vitória-ES	6.135.992

Natal-RN	4.506.144
Itajaí-SC	4.447.087

São adotados três critérios para a ordenação dos portos brasileiros: movimentação de cargas, movimentação de embarcações e extensão do cais. Esses critérios foram escolhidos, pois de acordo com analistas do mercado de transporte marítimo, são suficientes para determinar o tamanho dos portos, já que outros possíveis critérios acabam sendo redundantes quando comparados com esses três principais. A tabela 2 fornece os valores de cada alternativa segundo cada critério.

**Movimentação de Cargas:** este critério leva em consideração o total de cargas movimentadas no cais e fora do cais, das seguintes naturezas de carga: granéis sólidos, granéis líquidos e carga geral.

**Movimentação de Embarcações:** neste critério é levado em conta o total de embarcações de longo curso, cabotagem e outras.

**Extensão de Cais:** considera-se a soma do comprimento de todos os cais acostáveis dos portos.

Tabela 2: Critérios

Portos	Mov. de Cargas (ton)	Mov. de embarcações	Extensão total aproximada de cais (m)
<b>Tubarão-ES</b>	76.568.035	845	1.845
<b>Itaqui-MA</b>	68.475.599	405	1.616
<b>Santos-SP</b>	60.077.073	4.161	11.042
<b>São Sebastião-SP</b>	52.050.716	78	362
<b>Sepetiba-RJ</b>	51.035.544	491	1.670
<b>Paranaguá-PR</b>	32.499.953	375	2.943
<b>Rio Grande-RS</b>	22.030.505	3.500	3.504
<b>Aratu-BA</b>	21.850.529	607	565
<b>Praia Mole-ES</b>	19.405.101	489	730
<b>Belém-PA</b>	16.772.691	936	1.295
<b>Ponta Ubu-ES</b>	16.251.807	181	313
<b>S.F. do Sul-SC</b>	15.591.082	684	750
<b>Rio de Janeiro-RJ</b>	14.467.653	1.964	6.740
<b>Angra dos Reis-RJ</b>	14.261.864	23	400
<b>Manaus-AM</b>	11.237.170	101	1.097
<b>Vila do Conde-PA</b>	10.399.695	418	419
<b>Porto Alegre-RS</b>	10.227.371	200	8.028
<b>Vitória-ES</b>	6.135.992	891	1.296
<b>Natal-RN</b>	4.506.144	330	540
<b>Itajaí-SC</b>	4.447.087	913	740

#### 4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

A partir dos valores da tabela 2 é feita para cada critério uma normalização por razão. O valor correspondente a cada alternativa em relação a cada critério é dividido pelo maior valor dentre todos. A tabela 3 a seguir apresenta o resultado das normalizações.

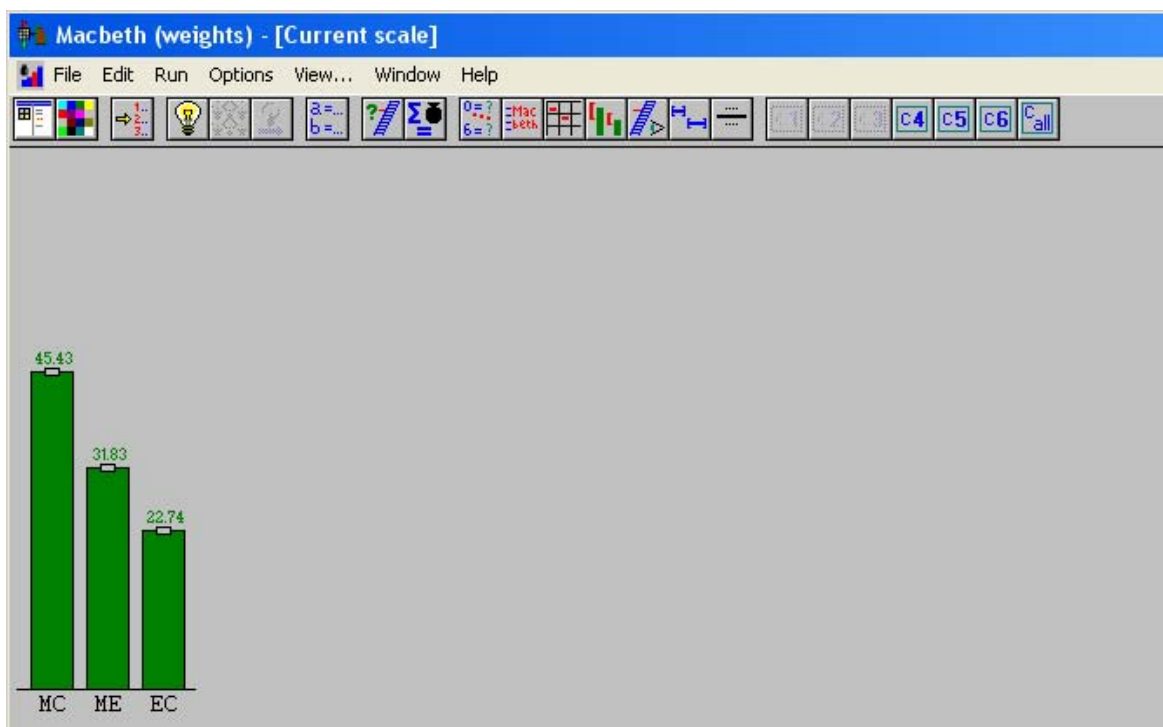
Tabela 3: Normalização

Portos	Mov. de Cargas (ton)	Mov. de embarcações	Extensão total aproximada de cais (m)
Tubarão-ES	1,00	0,20	0,17
Itaqui-MA	0,89	0,10	0,15
Santos-SP	0,78	1,00	1,00
São Sebastião-SP	0,68	0,02	0,03
Sepetiba-RJ	0,67	0,12	0,15
Paranaguá-PR	0,42	0,09	0,27
Rio Grande-RS	0,29	0,84	0,32
Aratu-BA	0,29	0,15	0,05
Praia Mole-ES	0,25	0,12	0,07
Belém-PA	0,22	0,22	0,12
Ponta Ubu-ES	0,21	0,04	0,03
S.F. do Sul-SC	0,20	0,16	0,07
Rio de Janeiro-RJ	0,19	0,47	0,61
Angra dos Reis-RJ	0,19	0,01	0,04
Manaus-AM	0,15	0,02	0,10
Vila do Conde-PA	0,14	0,10	0,04
Porto Alegre-RS	0,13	0,05	0,73
Vitória-ES	0,08	0,21	0,12
Natal-RN	0,06	0,08	0,05
Itajaí-SC	0,06	0,22	0,07

Após obtida a normalização os critérios são julgados pelos autores de acordo com a perspectiva de uma empresa privada de transporte marítimo. O julgamento é feito com o auxílio do software Macbeth Weights. Os critérios são comparados aos pares.

Para que não sejam perdidas informações a respeito do critério considerado menos atrativo deve-se introduzir na matriz de juízos de valor uma alternativa fictícia extra, que deve possuir o pior nível de impacto em todos os pontos de vista fundamentais. A inclusão desta alternativa evita que seja atribuído peso nulo a algum critério, o que violaria o axioma da exaustão de Roy (Roy e Bouyssou, 1993).

Segue os pesos encontrados utilizando-se o Macbeth Weights, onde MC significa movimentação de cargas, ME, movimentação de embarcações e EC, extensão do cais.



De posse das normalizações e dos pesos dos critérios é realizada uma soma ponderada para cada alternativa. Em seguida é obtida a ordenação dos portos, através da disposição decrescente dos valores encontrados na soma. O resultado da classificação segundo este método é apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4: Classificação segundo o método da soma ponderada

Portos	Soma Ponderada
<b>Santos-SP</b>	0,90
<b>Tubarão-ES</b>	0,56
<b>Rio Grande-RS</b>	0,47
<b>Itaqui-MA</b>	0,47
<b>Rio de Janeiro-RJ</b>	0,37
<b>Sepetiba-RJ</b>	0,37
<b>São Sebastião-SP</b>	0,32
<b>Paranaguá-PR</b>	0,28
<b>Porto Alegre-RS</b>	0,24
<b>Belém-PA</b>	0,20
<b>Aratu-BA</b>	0,19
<b>Praia Mole-ES</b>	0,17
<b>S.F. do Sul-SC</b>	0,16
<b>Vitória-ES</b>	0,13
<b>Ponta Ubu-ES</b>	0,12
<b>Itajaí-SC</b>	0,11
<b>Vila do Conde-PA</b>	0,10
<b>Manaus-AM</b>	0,10
<b>Angra dos Reis-RJ</b>	0,09
<b>Natal-RN</b>	0,06

A fim de obter uma outra ordenação para o tamanho dos portos utilizamos o método de Borda. Neste método, para cada critério as alternativas são ordenadas da seguinte forma: para a alternativa de maior valor, na tabela 2, é atribuído o valor 1, para o segundo maior, 2 e assim sucessivamente. Em seguida são somados os valores de cada critério para cada alternativa e uma nova classificação é obtida fazendo-se a ordenação crescente segundo a soma. (Vide tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Ordenação das alternativas para cada critério

Portos	Mov. de Cargas (ton)	Mov. de embarcações	Extensão total aproximada de cais (m)	Soma
<b>Tubarão-ES</b>	1	7	6	14
<b>Itaqui-MA</b>	2	13	8	23
<b>Santos-SP</b>	3	1	1	5
<b>São Sebastião-SP</b>	4	19	19	42
<b>Sepetiba-RJ</b>	5	10	7	22
<b>Paranaguá-PR</b>	6	14	5	25
<b>Rio Grande-RS</b>	7	2	4	13
<b>Aratu-BA</b>	8	9	15	32
<b>Praia Mole-ES</b>	9	11	14	34
<b>Belém-PA</b>	10	4	10	24
<b>Ponta Ubu-ES</b>	11	17	20	48
<b>S.F. do Sul-SC</b>	12	8	12	32
<b>Rio de Janeiro-RJ</b>	13	3	3	19
<b>Angra dos Reis-RJ</b>	14	20	18	52
<b>Manaus-AM</b>	15	18	11	44
<b>Vila do Conde-PA</b>	16	12	17	45
<b>Porto Alegre-RS</b>	17	16	2	35
<b>Vitória-ES</b>	18	6	9	33
<b>Natal-RN</b>	19	15	16	50
<b>Itajaí-SC</b>	20	5	13	38



Tabela 6: Ordenação final segundo o método de Borda

<b>Portos</b>
<b>Santos-SP</b>
<b>Rio Grande-RS</b>
<b>Tubarão-ES</b>
<b>Rio de Janeiro-RJ</b>
<b>Sepetiba-RJ</b>
<b>Itaqui-MA</b>
<b>Belém-PA</b>
<b>Paranaguá-PR</b>
<b>Aratu-BA</b>
<b>S.F. do Sul-SC</b>
<b>Vitória-ES</b>
<b>Praia Mole-ES</b>
<b>Porto Alegre-RS</b>
<b>Itajaí-SC</b>
<b>São Sebastião-SP</b>
<b>Manaus-AM</b>
<b>Vila do Conde-PA</b>
<b>Ponta Ubu-ES</b>
<b>Natal-RN</b>
<b>Angra dos Reis-RJ</b>

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se observar através da comparação das duas ordenações obtidas pelos diferentes métodos que o Porto de Santos é o maior. Este resultado já era esperado pois durante a pesquisa foram encontradas diversas estatísticas sobre a maioria do Porto de Santos. Nesse sentido, atesta-se a consistência dos métodos utilizados e dos julgamentos de valor.

Além disso, podemos afirmar segundo o estudo, que os seis maiores portos brasileiros são: Santos, Tubarão, Rio Grande, Rio de Janeiro, Itaqui e Sepetiba, pois esses ficaram entre os seis primeiros tanto no método da Soma Ponderada quanto no de Borda.

Convém ressaltar que a análise multicritério é sensível a mudanças, pois os julgamentos de valor dependem das perspectivas de cada decisor e a classificação das alternativas depende do método utilizado. Sendo assim, diferentes classificações poderiam ter sido obtidas se julgadas por outros decisores ou utilizados diferentes métodos de auxílio multicritério à decisão.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Antaq 2005, Site Antaq, capturado em [www.antaq.gov.br](http://www.antaq.gov.br).
- [2] Arrow, K.J. (1951). Social Choice and Individual Values. Nova Iorque:Wiley.
- [3] Bana e Costa, C.A.; Vasnick, J.C. Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. Investigação Operacional, v.15, p.15-35,1995.

- [4] Bana e Costa, C.A.; Vasnick, J.C. an interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, 1, p.489-500,1994.
- [5] Barba-Romero, S. e Pomerol, J.C. (1997). *Decisiones Multicriterio: Fundamentos Teóricos e Utilización Práctica*. Madrid: Universidad de Alcalá.
- [6] Dias, L.C (2002). *Apontamentos de análise de decisão: como considerar múltiplos critérios*. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- [7] *Jornal do Brasil*, 30/05/2005, pág. A21
- [8] *Revista Tecnológica*, nº 108, Novembro - 2004.
- [9] Soares de Mello, J.C.C.B, Gomes, E.G, Soares de Mello, M.H.C. (2002). *Emprego de métodos ordinais multicritério na análise do campeonato mundial de fórmula 1*. Universidade Federal Fluminense. Niterói, Rio de Janeiro.
- [10] 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*, v. 11, n. 2, p. 53-67, 2002.