

## CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
ISSN 1413-9022 / v. 22, n. p. 16 - 30, 2007

# UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO DA TELEFONIA MÓVEL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ATRAVÉS DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERARQUICA (AHP)

José Fabiano da Serra Costa  
IME / UERJ  
fabiano@ime.uerj.br

Gisele C. Gonçalves  
IME / UERJ  
giselecgoncalves@gmail.com

Laura M. Mendes Vaz  
IME / UERJ  
lauramaria\_vaz@yahoo.com.br

Marcelo B. Martins  
IME / UERJ  
mborgesmartins@uol.com.br

### Resumo

*Os avanços tecnológicos na área de telecomunicações, especificamente em telefonia móvel, diga-se celular, propiciaram uma disputa acirrada entre as operadoras na busca de consumidores ávidos por serviços que vão muito além de fazer e receber ligações. No momento em que o mercado brasileiro está próximo de atingir o patamar de 100 milhões de assinantes de telefonia móvel, é objetivo das operadoras atenderem melhor, mais rápido e mais amplamente os anseios dos consumidores. Nesse sentido, um instrumento capaz medir a satisfação do consumidor em relação aos principais serviços oferecidos pode ser um ponto diferencial. Esse artigo apresenta um modelo multicritério de apoio à decisão para escolha de uma operadora de telefonia móvel.*

**Palavras-chave:** AHP, Metodologia Multicritério, Telefonia Móvel.

## 1. Introdução

Os conhecimentos sobre a comunicação móvel são datados do início do século XX, entretanto somente em 1947, o Laboratório Bell, nos EUA passou a desenvolver modelos em telefonia movel. No início dos anos 80, o Japão e a Suécia ativaram seus serviços com tecnologia própria e em 1983 a companhia americana AT&T criou uma tecnologia específica implantada pela primeira vez em Chicago.

A partir daí, a telefonia celular ganhou visibilidade e passou a ser adotada em meados da década de 80 por quase todos os países. Em 1984 teve início à análise de sistemas de tecnologia celular no Brasil. As primeiras cidades brasileiras a usar o serviço foram: Rio de Janeiro (em 1990), Salvador, Porto Alegre e São Paulo, de modo que em 1999 o mercado brasileiro de celulares possuía 15 milhões de assinantes.

Segundo a Anatel (2006), o Brasil tem mais de 90 milhões de assinantes de telefonia móvel. A maioria absoluta - mais de 80% - é de telefones pré-pagos, que geram renda menor para as operadoras. Dessa forma, o patamar proposto pelas operadoras (chegar a 100 milhões) já começa a parecer algo bastante próximo. A marca tem significado especial não só pelo acréscimo de 10 milhões, mas porque o número pode ser sinônimo, esperam os especialistas, de um momento crítico para as companhias. Instalada a base, é hora de diversificar para manter os assinantes e oferecer, a estes, aplicativos e serviços que os convençam a migrar para aparelhos melhores e criar a cultura do uso do celular para outras funções que não sejam só fazer e receber ligações.

Com base nesses números e no propósito de conquistar espaço no mercado de telefonia móvel, as operadoras vêm investindo em diversas ferramentas nesse sentido. A utilização de um modelo de metodologia multicritério de apoio decisão pode, nesse caso, vir a ser muito útil como um instrumento classificador da situação atual de demanda e procura.

Nesse trabalho propomos o uso do Método de Análise Hierárquica (AHP – Analytic Hierarchy Process) para criar um ranking de atributos desejáveis quando da aquisição de um telefone celular, bem como de comparação entre as empresas no mercado do Rio de Janeiro.

## 2. Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão

Um sistema de apoio à decisão é uma ferramenta geralmente computacional que pode envolver modernas técnicas de sistemas de informação, inteligência artificial, métodos quantitativos de estatística, psicologia cognitiva e comportamental, sociologia das organizações, entre outros, e visam oferecer ao usuário condições favoráveis e acessíveis ao suporte, para de modo prático, melhor escolher uma entre diversas alternativas, minimizando assim a chance de erro na tomada de decisão (GOMES *et al.*, 2002).

Dependendo da abordagem utilizada, as decisões podem ser efetuadas considerando um único critério ou um conjunto de critérios. Neste contexto as decisões podem ser classificadas em:

- Decisões monocritério: Quando a decisão encontrada busca maximizar a satisfação do decisor considerando um único critério de decisão. Embora outros critérios possam estabelecer restrições na composição do conjunto de alternativas.
- Decisões multicritério: Quando a decisão encontrada busca maximizar a satisfação do decisor considerando um conjunto de critérios de decisão simultaneamente.

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas para a construção de modelos de decisão. Uma das mais recentes vertentes de desenvolvimento metodológico no contexto da tomada de decisão caracteriza-se por abordar a solução de problemas decisórios através de vários critérios. Denomina-se esta metodologia como análise multicritério.

A distinção entre a metodologia multicritério e as metodologias tradicionais de avaliação é o grau de incorporação dos valores subjetivos dos decisores nos modelos de avaliação, permitindo que uma mesma alternativa seja analisada de forma diversa de acordo com os critérios de valor individual de cada especialista. Além de ser útil quando se tem dificuldade na obtenção de informações oriundas de dados probabilísticos, a utilização de uma metodologia multicritério é bastante interessante em problemas complexos onde existam diversos tipos de decisores, cada um com vários pontos de vista que consideram fundamentais no processo decisório, e possuindo muitas vezes objetivos conflitantes e, de difícil mensuração (ROY & VANDERPOOTEN, 1996), além de em muitos dos casos utilizar variáveis de ordem qualitativa.

Uma análise multicritério passa pelas seguintes etapas:

- Avaliação de desempenho das alternativas à luz dos critérios.
- Avaliação da importância dos critérios à luz do foco principal ou do objetivo geral.

Dentre as mais conhecidas metodologias caracterizadas na literatura como pertencentes a análise multicritério, citam-se: Método de Borda, Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchic Process*), Métodos da Família ELECTRE (*ELimination Et Choix Tradusàint la REalitiè*), Método PROMETHÈ (*Preference Ranking Organization Method for Enrichement Evaluation*), Método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorigal Based Evaluation Technique*).

### **3. Princípios do Método de Análise Hierárquica**

Neste artigo, o método multicritério utilizado foi o Método de Análise Hierárquica (AHP) proposto por Saaty (1991). O AHP pode ser classificado como um dos mais conhecidos e utilizados métodos de análise multicritério. Esse método objetiva a seleção/escolha de alternativas, em um processo que considere diferentes critérios de avaliação, e está baseado em três princípios do pensamento analítico:

- Construção de hierarquias: No AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos, como forma de buscar uma melhor compreensão e avaliação do mesmo. A construção de hierarquias é uma etapa fundamental do processo de raciocínio humano. No exercício desta atividade identificam-se os elementos-chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins, os quais são alocados em camadas específicas.

- Definição de prioridades: O ajuste das prioridades no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares em relação a um determinado foco ou critério, ou seja, julgamentos paritários - julgar par a par os elementos de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento.

- Consistência lógica: No AHP, é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência, baseado no fato do ser humano ser capaz de estabelecer relações entre objetivos ou idéias de forma coerente, relacionando-os entre si em busca da consistência.

#### **4. Etapas do AHP**

Na utilização do AHP, deve-se definir um objetivo global ou foco principal, as alternativas disponíveis (ou possibilidades de escolhas) e selecionar critérios e subcritérios (se houver) para atingir tal objetivo e, todos os elementos devem estar estruturados hierarquicamente. Segundo Chankong e Haimes (1983) o conjunto de critérios deve ser: completo, mínimo, operacional e devem obedecer as regras da homogeneidade e da não redundância (COSTA & VASNICK, 2001), além de estarem agrupados de forma lógica, capaz de facilitar a compreensão e a análise dos resultados.

Na construção de um modelo de estabelecimento de prioridades fundamentado no uso de AHP, são desenvolvidas as seguintes etapas (COSTA, 2006):

- Construção de hierarquia, identificando: foco principal; critérios; subcritérios (quando existirem); e, alternativas. Estes elementos formam a estrutura da hierarquia;
- Aquisição de dados ou coleta de julgamentos de valor emitidos por especialistas;
- Síntese dos dados obtidos dos julgamentos, calculando-se a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal; e,
- Análise da consistência do julgamento, identificando o quanto o sistema de classificação utilizado é consistente na classificação das alternativas viáveis.

Vale registrar que o sistema é composto pela hierarquia, pelos métodos de aquisição dos julgamentos de valor e pelos avaliadores.

#### **5. Métodos de Aquisição de Dados**

A coleta dos julgamentos paritários é uma das etapas fundamentais ao uso do AHP. Deve-se buscar desenvolver mecanismos simples e de fácil entendimento para que o especialista possa se concentrar especificamente na emissão dos julgamentos. O mecanismo de coleta de julgamentos utilizado neste trabalho foi do tipo tabela de comparação par a par (COSTA, 2006).

Os especialistas são os indivíduos (ou grupo de indivíduos) responsáveis pela análise de desempenho (ou do grau de importância) dos elementos de uma camada ou nível da hierarquia em relação àqueles, aos quais estão conectados na camada superior da mesma. Foram relacionados como especialistas para esse trabalho, gerentes da área

de marketing de algumas empresas de telefonia móvel, bem como pessoal fortemente envolvido no assunto.

Dentre outros fatores, a eficácia dos resultados está associada à competência dos especialistas em emitir os julgamentos de valor. Assim, deve-se utilizar, em cada etapa de julgamento do AHP, especialistas que tenham um alto conhecimento sobre o tópico em julgamento.

## 6. Matriz Multicritério

Para construção das matrizes de julgamentos a serem afinal utilizadas, recorre-se à opinião, sobre a importância relativa dos pares de atributos, de um conjunto de especialistas, cada um dos quais respondendo questionários. Os especialistas não necessitam estar reunidos num ambiente decisório ou seção, bastando que cada um responda a seu questionário.

Os julgamentos obtidos pelos questionários respondidos pelos especialistas, são convertidos em matrizes de julgamentos com o auxílio de uma escala de conversão. Essas matrizes são do tipo A da equação 1:

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad (1)$$

onde:  $a_{ij}$  representa a importância relativa de  $A_i$  em relação a  $A_j$ , de modo que  $a_{ij} > 1$ , se e somente se  $A_i$  for mais importante que  $A_j$  e,  $a_{ij} = 1 / a_{ji}$  para qualquer par  $(i, j)$ . Note-se que a diagonal da matriz é toda unitária, afinal cada atributo comparado a ele próprio é igual à unidade.

Nesse trabalho, adotou-se uma escala fixa e pré-definida, como é sugerido por Saaty (1991) o que tende minimizar muitos problemas de flutuações subjetivas de quando se trata com especialistas ligados a diferentes áreas de estudos.

Depois de colhidos os questionários individuais, deve-se conjugar as informações fornecidas pelos diversos especialistas. Para tanto, existem diversas alternativas, e muitas delas chegam a valores muito próximos da consistência. De toda forma o que interessa é que as propriedades básicas da matriz recíproca e positiva sejam mantidas, ou seja  $a_{ij} \times a_{ji} = 1$  para todo  $i, j$  e ainda, se  $A_i$  for  $K_1$  vezes mais importante que  $A_j$  e, este  $K_2$  vezes mais importante que  $A_k$ , então  $A_i$  deve ser  $K_1.K_2$  vezes mais importante que  $A_k$ .

Uma alternativa para conjugar as informações é dada pela Média Aritmética das Matrizes individuais, pela matriz aritmética da forma da equação 2.

$$a_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m a_{ijk} \quad (2)$$

onde  $m$  é o número de especialistas e  $a_{ijk}$  é o valor proposto para  $a_{ij}$  pelo  $k$ -ésimo especialista consultado.

Ocorre que, agora os  $a_{ij}$  médios já não respeitam as propriedades desejadas pelo modelo. Para resolver esta questão, sugerimos o Método da Média Geométrica (CRAWFORD & WILLIAMS, 1985) realizado através da construção de uma nova matriz que é chamada de matriz média geométrica  $C$ , formada a partir da equação 3.

$$c_{ij} = \frac{v_i}{v_j} \quad (3)$$

onde  $v_i$  é a média geométrica dos  $a_{ij}$ .

Bajwa *et al.* (2007) realizam uma comparação de varios métodos de análise e obtenção de vetor de prioridades para matrizes de comparações paritárias utilizando simulações e, identificam o Método da Média Geométrica como o mais eficaz, dentro do respeito as propriedades exigidas.

Após a obtenção da Matriz Média Geométrica  $C$ , estas devem ser normalizadas calculando o somatório dos elementos de cada coluna e dividindo todos os elementos de cada coluna pelo somatório referente à coluna.

O passo seguinte é o cálculo das prioridades médias locais (PML), que são obtidas para cada um dos quadros normalizados. As PML são as médias aritméticas das colunas dos quadros normalizados. No entanto, o que se deseja é identificar um vetor de prioridades global (PG), que armazene a prioridade associada a cada alternativa em relação ao foco principal ou objetivo global. Para calcular o PG é necessário combinar os PML's, no vetor de prioridades global (PG).

## 7. Análise da Consistência

Qualquer que sejam o nível e a importância das decisões dentro de uma empresa, essas devem estar suportadas por medidas confiáveis, precisas (grau de concordância entre os valores individuais das medições), exatas (grau de concordância entre o

resultado de uma medição e um valor tido com verdadeiro) e rastreáveis (propriedade da medição estar relacionada a referenciais estabelecidos através de uma cadeia contínua de comparações). A não existência de uma estrutura que identifique e gereencie o conjunto de medições do sistema coloca em risco a qualidade das ações (decisões) a serem tomadas a partir delas (OLIVEIRA, 1998).

Mesmo quando os julgamentos paritários estão fundamentados na experiência e conhecimento de profissionais, inconsistências podem ocorrer, principalmente quando existir um grande número de julgamentos. Nesse caso especificamente, o que é chamado de inconsistência é uma violação da proporcionalidade, que pode vez por outra significar violação da transitividade.

No nosso caso especificamente, o que chamamos inconsistência é uma violação da proporcionalidade, que pode vez por outra significar violação da transitividade. Conforme reportado em Saaty (1991), uma matriz cujos elementos sejam não negativos e recíprocos e para os quais valha a propriedade da transitividade, apresenta seu autovalor máximo (GRAYBILL, 1983) com valor igual a ordem da matriz. Ou seja, quanto mais próximo estiver o autovalor máximo do número de atributos do modelo, maior será a coerência dos julgamentos.

A matriz de julgamentos no AHP é, com certeza, uma matriz não negativa e recíproca. No entanto, a presença de inconsistência nos julgamentos paritários pode vir a introduzir intransitividades nesta matriz.

Assim, uma forma de se mensurar a intensidade ou grau da inconsistência em uma matriz de julgamentos paritários é avaliar o quanto seu autovalor máximo se afasta da ordem da matriz. Então um valor para o cálculo do Índice de Consistência (IC) é proposto por Dias *et al.* (1996) nos termos da equação 4.

$$IC = \frac{|\lambda_{\text{máx}} - N|}{N - 1} \quad (4)$$

onde: N e  $\lambda_{\text{máx}}$  representam, respectivamente, a ordem e o maior autovalor da matriz de julgamentos paritários.

Para o cálculo do autovalor máximo, considere uma tabela auxiliar (A''), obtida pela multiplicação da 1ª coluna da matriz de julgamentos pela prioridade de A<sub>1</sub>, a 2ª coluna pela prioridade de A<sub>2</sub>, ..., a nª coluna pela prioridade A<sub>n</sub>. Considerando também um vetor de prioridades auxiliar P'', obtido a partir da soma das linhas de A''. Divide-se,

então, os elementos do vetor  $P''$ , pelos respectivos elementos do vetor de prioridades (Pauxiliar).  $\lambda_{\text{máx}}$  é igual a soma dos elementos armazenados em Pauxiliar dividida pela ordem da matriz (N).

Saaty (1991) propôs o uso da Razão de Consistência (RC), que permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Caso este valor seja maior do que 0,1, recomenda-se a revisão do modelo e/ou dos julgamentos. Uma justificativa matemática para que o valor da Razão de Consistência (RC) deva ser satisfatório caso menor que 0,10 pode ser encontrada em Vargas (1982). A razão de consistência é calculada pela equação 5:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

onde IR é o Índice de Consistência de uma matriz recíproca gerada randomicamente e, varia de acordo com a ordem de matriz, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Índice de Consistência Randômico (IR)

Ordem da matriz	Valores de IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

Quanto mais próximo de zero for esta razão, mais consistente será a matriz.

## 8. Aplicação

Com o objetivo de auxiliar na escolha de uma operadora de telefonia celular (móvel) com tarifas apropriadas, ampla cobertura, boa qualidade de serviços e aparelhos disponíveis no estado do Rio de Janeiro, utilizou-se a análise multicritério composta de quatro alternativas - operadoras ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  e  $A_4$ ) e cinco critérios.

A tabela 2 mostra os critérios na ordem aleatória em que foram encaminhadas em questionários aos especialistas. Esses critérios foram sugeridos pelas próprias

operadoras de telefonia celular em exercício no estado do Rio de Janeiro.

Tabela 2: Critérios do questionário

<b>Critério</b>	<b>E<sub>i</sub></b>
Cobertura	E <sub>1</sub>
Tarifas	E <sub>2</sub>
Aparelhos	E <sub>3</sub>
Serviços	E <sub>4</sub>
Atendimento ao usuário	E <sub>5</sub>

Em seguida, um grupo de especialistas composto por gerentes e técnicos das próprias operadoras e usuários de telefonia móvel avaliou através de questionários individuais nos quais pedia-se que marcassem suas prioridades, comparando duas a duas as variáveis envolvidas.

Depois de colhidas as informações e transformadas em matrizes de julgamentos para cada especialista, de acordo com as etapas do método foram geradas matrizes média aritmética, com diagonal unitária. Como não conservam as propriedades iniciais desejadas da matriz recíproca e positiva então, passa-se na etapa seguinte a construção da chamada Matriz Média Geométrica (tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8), seguindo as instruções do método proposto.

Tabela 3: Matriz Média Geométrica à luz do critério Cobertura

<b>E<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	1,13	0,25	1,14
<b>A<sub>2</sub></b>	0,88	1	0,22	1,00
<b>A<sub>3</sub></b>	4,06	4,60	1	4,62
<b>A<sub>4</sub></b>	0,88	1,00	0,22	1

Tabela 4: Matriz Média Geométrica à luz do critério Tarifas

<b>E<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	0,80	1,41	1,34
<b>A<sub>2</sub></b>	1,26	1	1,77	1,69
<b>A<sub>3</sub></b>	0,71	0,57	1	0,95
<b>A<sub>4</sub></b>	0,75	0,59	1,05	1

Tabela 5: Matriz Média Geométrica à luz do critério Aparelhos

<b>E<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	0,57	1,66	3,41
<b>A<sub>2</sub></b>	1,74	1	2,89	5,94

<b>A<sub>3</sub></b>	0,60	0,35	1	2,06
<b>A<sub>4</sub></b>	0,29	0,17	0,49	1

Tabela 6: Matriz Média Geométrica à luz do critério Serviços

<b>E<sub>4</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	1,66	3,32	5,13
<b>A<sub>2</sub></b>	0,60	1	2,01	3,10
<b>A<sub>3</sub></b>	0,30	0,50	1	1,54
<b>A<sub>4</sub></b>	0,19	0,32	0,65	1

Tabela 7: Matriz Média Geométrica à luz do critério Atendimento ao usuário

<b>E<sub>5</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	1	4,60	5,00	5,18
<b>A<sub>2</sub></b>	0,22	1	1,09	1,13
<b>A<sub>3</sub></b>	0,20	0,92	1	1,04
<b>A<sub>4</sub></b>	0,19	0,89	0,96	1

Tabela 8: Matriz Média Geométrica à luz do foco principal

<b>E</b>	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>4</sub></b>	<b>E<sub>5</sub></b>
<b>E<sub>1</sub></b>	1	0,92	5,98	3,11	1,59
<b>E<sub>2</sub></b>	1,09	1	6,53	3,40	1,74
<b>E<sub>3</sub></b>	0,17	0,15	1	0,52	0,27
<b>E<sub>4</sub></b>	0,32	0,29	1,92	1	0,51
<b>E<sub>5</sub></b>	0,63	0,58	3,75	1,95	1

Uma das alternativas para se obter as prioridades médias locais (PML) para cada uma das variáveis é efetuando-se as médias aritméticas das linhas dos quadros normalizados, conforme apresentado a seguir na tabelas 9.

Tabela 9: Prioridades Médias Locais

PML - C	PML - T	PML - Ap	PML - S	PML - At	PML - FP
0,15	0,27	0,27	0,48	0,62	0,31
0,13	0,34	0,48	0,29	0,14	0,34
0,60	0,19	0,17	0,14	0,12	0,05
0,13	0,20	0,08	0,09	0,12	0,10
					0,20

As prioridades globais (PG) para cada uma das alternativas são obtidas da seguinte maneira:

$$PGA_1 = 0,15 \times 0,31 + 0,27 \times 0,34 + 0,27 \times 0,05 + 0,48 \times 0,10 + 0,62 \times 0,20 = 0,32$$

$$PGA_2 = 0,13 \times 0,31 + 0,34 \times 0,34 + 0,48 \times 0,05 + 0,29 \times 0,10 + 0,14 \times 0,20 = 0,24$$

$$PGA_3 = 0,60 \times 0,31 + 0,19 \times 0,34 + 0,17 \times 0,05 + 0,14 \times 0,10 + 0,12 \times 0,20 = 0,30$$

$$PGA_4 = 0,13 \times 0,31 + 0,20 \times 0,34 + 0,08 \times 0,05 + 0,09 \times 0,10 + 0,12 \times 0,20 = 0,15$$

Neste caso teríamos a tabela 10 para análise da consistência:

Tabela 10: Tabela Análise da Consistência

	$\lambda_{\text{máx}}$	IC	IR	RC
<b>Cobertura</b>	4,00	0,00	0,90	0,00
<b>Tarifas</b>	4,00	0,00	0,90	0,00
<b>Aparelhos</b>	4,00	0,00	0,90	0,00
<b>Serviços</b>	4,00	0,00	0,90	0,00
<b>Atendimento</b>	4,00	0,00	0,90	0,00
<b>Foco Principal</b>	5,00	0,00	1,12	0,00

O valor encontrado para o autovalor máximo pode apresentar pequenas variações tendo em vista se tratar de uma estimativa para o mesmo, entretanto isso não deve comprometer em nada o desempenho do modelo. Como os valores encontrados para a Razão de Consistência foram iguais a zero, podemos considerar os resultados bastante consistentes.

Segundo o resultado gerado (tabela 11) através da análise multicritério com base na opinião do especialista, a alternativa  $A_1$  é a alternativa que melhor atende aos critérios estabelecidos e ao objetivo principal, seguida da alternativa  $A_3$ ,  $A_2$  e  $A_4$ , respectivamente.

Tabela 11: Prioridades das alternativas

Alternativas	Pesos
$A_1$	0,32
$A_3$	0,30
$A_2$	0,24
$A_4$	0,15

Ao mesmo tempo que podemos perceber, através da tabela 12, que os critérios mais importantes para o especialista são Tarifas e Cobertura.

Tabela 12: Prioridades dos critérios

<b>Critérios</b>	<b>Pesos</b>
Tarifas	0,34
Cobertura	0,31
Atendimento ao usuário	0,20
Serviços	0,10
Aparelhos	0,05

## 9. Conclusão

O Método de Análise Hierárquica (AHP) se mostrou eficaz para escolha da operadora de telefonia móvel que melhor atende o foco principal por ser uma metodologia que possibilita o emprego de termos de fácil entendimento tanto para os especialistas que atuam na área de telecomunicações como para os demais.

Com base na opinião dos especialistas, a operadora de telefonia celular A1 (0,32) é a que melhor atende o objetivo principal seguida de perto pela operadora A2 (0,30). Como a qualidade dos resultados obtidos depende da qualidade da modelagem e das avaliações envolvidas, utilizou-se a análise de consistência para avaliar o grau de consistência dos julgamentos, apresentando um ótimo resultado (Razão de Consistência é zero). Dessa forma, podemos verificar, como exigido no método, que são respeitadas as propriedades de reciprocidade e transitividade.

Ainda sobre o exemplo exposto, devemos destacar a preocupação por parte dos especialistas com os critérios Tarifa (0,34) e Cobertura (0,31), que juntos perfazem mais da metade da totalidade.

## Referências

ANATEL – **Agencia Nacional de Telecomunicações. Comunicação Móvel.** Disponível em: [http://www.anatel.gov.br/comunicacao\\_movvel/](http://www.anatel.gov.br/comunicacao_movvel/). Acesso em: 2006.

BAJWA, G., CHOO, E.U., WEDLEY, W.C. Effectiveness Analysis of Deriving Priority Vectors from Reciprocal Pairwise Comparison Matrices. **Proceedings** the 9th International Symposium of Analytic Hierarchy Process (ISAHP2007), Santiago, Chile, 2007.

CHANKONG, Y., HAIMES, Y. **Multiobjective Decision Making.** Amsterdam, Ed. North Holland, 1983.

COSTA, H. G. **Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP**. Latec/Universidade Federal Fluminense - Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, C.A.B., VASNICK, J.C. A Fundamental Criticism to Saaty's Use of the Eigenvalue Procedure to Derive Priorities. **Working Paper, Department of Op. Research**, London School of Economics and Political Science. Londres, Grã-Bretanha, 2001.

CRAWFORD, G., WILLIAMS, C. The Analysis of Subjective Judgement Matrices, **The Rand Corporation R- 2572-1-AF**, USA. 1985.

DIAS, L.M.C., ALMEIDA, L.M.A.T., CLÍMACO, J.C.N. **Apoio Multicritério à Decisão**, Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Portugal. 1996.

GOMES, L. F., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. Ed Atlas, SP, 2002.

GRAYBILL, F. A. **Matrices with Applications in Statistics**. Wadsworth, Inc., California, USA, 1983.

OLIVEIRA, S. T. **Sistema de Medição de Desempenho em Ambiente de Qualidade Total**. Tese de Doutorado – COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

ROY, B., VANDERPOOTEN, D. (1996) - The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works, **J. of Multicriteria Decision Analysis**, vol.5, 22-38.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Rio de Janeiro: Makrom Books, 2Ed. 1991.

VARGAS, G. L. Reciprocal Matrices with Random Coefficients. **Mathematical Modelling**, 3(1); 69-81. USA.1982.

## **A MULTICRITERIA APPROACH IN MOBILE TELEPHONY IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO THROUGH THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

### **Abstract**

*The technological improvements in telecommunications, specifically in mobile telephony, have set off a race among cell phone companies to attract consumers, who are desperately seeking for services which go far beyond making and receiving calls. In this moment, when Brazilian market is close to reach 100 million mobile phone users, the companies are targeting better, faster and broader ways of responding to clients needs and desires. So, having a tool which allows to measure costumers satisfaction related to offered services can be a competitive advantage. This article presents a multicriteria model to support decision when choosing a mobile phone company.*

**Key-words:** *AHP, Multicriteria Methodology, Mobile Telephony.*