

## **AUXÍLIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO PARA SELEÇÃO DE LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO USADAS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS.**

**BRUNO MISSI XAVIER**

bmissix@gmail.com

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM

**ALCIONE DIAS DA SILVA**

diasalcione@gmail.com

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM

**WILLEN BORGES COELHO**

willenborges@hotmail.com

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - IFES

**Resumo:** ESTE TRABALHO TEM O OBJETIVO DE SELECIONAR UMA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA INFORMATIZADO EM EMPRESAS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE POR AUXÍLIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO. O TRABALHO FOI CONDUZIDO EM UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, APLICANDO-SE O MÉTODO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE GESTÃO FINANCEIRA A SER UTILIZADO PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM, ES. A SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA FOI REALIZADA PELO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP). AS LINGUAGENS QUE REPRESENTAM AS ALTERNATIVAS SÃO: ZIM, DELPHI, JAVA E PHP. A SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS FOI REALIZADA A LUZ DOS SEGUINTE CRITÉRIOS: PRODUTIVIDADE, CONTINUIDADE TECNOLÓGICA, GRAU DE CONHECIMENTO DA EQUIPE PARA O DESENVOLVIMENTO, COMPATIBILIDADE PARA PUBLICAÇÃO NA WEB E SUPORTE TÉCNICO. OS RESULTADOS OBTIDOS MOSTRAM QUE A LINGUAGEM JAVA É A MAIS INDICADA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE AVALIADO. A APLICAÇÃO DESTES MÉTODOS PERMITIU A IDENTIFICAÇÃO DA FERRAMENTA DE TRABALHO QUE MELHOR SE APLICA AO CONTEXTO TECNOLÓGICO EM ESTUDO.

**Palavras-chaves:** PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA; SISTEMAS DE INFORMAÇÃO; SOFTWARE.

## MULTICRITERIA DECISION AID FOR SELECTION OF PROGRAMMING LANGUAGE USED IN BUILDING SYSTEMS.

**Abstract:** *THIS WORK AIMS TO SELECT A PROGRAMMING LANGUAGE TO BUILD A COMPUTER SYSTEM AT COMPANIES DEVELOPING SOFTWARE FOR MULTICRITERIA DECISION AID. THE WORK WAS CONDUCTED IN AN INFORMATION TECHNOLOGY COMPANY, APPLYING THE METHOD TO DEVELOP A FINANCIAL MANAGEMENT SOFTWARE TO BE USED BY THE CITY COINCIL OF CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM, ES. SELECTING THE BEST ALTERNATIVE METHOD WAS PERFORMED BY THE ANALYTIC HIERARCHY (AHP). THE LANGUAGES THAT REPRESENT THE ALTERNATIVES ARE: ZIM, DELPHI, JAVA AND PHP. THE SELECTION OF ALTERNATIVES WAS HELD ON THE FOLLOWING CRITERIA: PRODUCTIVITY, TECHNOLOGICAL CONTINUITY, DEGREE OF KNOWLEDGE OF STAFF DEVELOPMENT, COMPATIBILITY FOR WEB PUBLISHING AND TECHNICAL SUPPORT. THE RESULTS SHOW THAT JAVA IS THE MOST SUITABLE FOR THE DEVELOPMENT OF SOFTWARE EVALUATED. THE APPLICATION OF THIS METHOD ALLOWED THE IDENTIFICATION OF THE TOOL THAT BEST APPLIES THE TECHNOLOGICAL CONTEXT IN THE STUDY.*

**Keyword:** *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, INFORMATION SYSTEMS;  
SOFTWARE.*

## 1. Introdução

Ainda que algumas metodologias de desenvolvimento de software puguem o conceito de fábrica em linha de produção, o que se percebe é que a criação de aplicações é na maior parte, um processo artesanal dada as particularidades de cada aplicação, envolvendo regras de negócios específicas, o que induz a necessidade de buscar soluções criativas. Também, a adequada seleção dos recursos tecnológicos disponíveis é um dos fatores fundamentais para o sucesso do produto final.

Segundo Birrell (1985), para a computação, o desenvolvimento de software é a ação de elaborar e implementar um sistema computacional, transformando a necessidade de um usuário utilizador em um produto de software.

Sendo assim, a eficácia do software a ser produzido está estritamente relacionada a escolha da ferramenta utilizada para sua construção, pois, para cada finalidade de uso, existem características técnicas que confirmam o uso de ferramentas específicas.

CAZELLA (1997) diz que Java é uma linguagem de alto nível, similar a C/C++ e Medula-3. Destaca-se pela simplicidade, linguagem multiplataforma, multi-thread, fortemente tipada e ainda inclui um coletor de lixo, chamado Garbage Collector, sua função é liberar automaticamente os blocos que não estão sendo utilizados. Além disso Java é uma linguagem totalmente orientada a objetos, com tratamento de exceções e com alto padrão de segurança.

Pazin (2004) cita que no Zim, cada objeto criado pelo programador recebe um nome, que através de comandos da linguagem, são manipulados. Estes objetos são classificados em três categorias, sendo que cada categoria possui um conjunto de operadores associados. O Zim ainda traz como característica, uma base de dados entidade-relacionamento integrada. Desta forma elimina a necessidade da definição de dados forte por parte da linguagem.

O PHP, criada em meados de 1994, é uma linguagem de padrão aberto, server-side, de script para criação de sistemas web (e-Commerce), melhor aproveitada com o conceito da Web 2.0, de acordo com Zend Technologies (2011). Sua sintaxe é semelhante ao C/C++ e Pearl, de fácil aprendizagem, por ser interpretada nos contêineres http, é de grande integração com html e seu conteúdo é convertido para este hipertexto. Outra grande característica é que o produto é de padrão aberto, por isso a comunidade desenvolvedora fornece grande suporte técnico e rápida correção de bugs.

O ambiente de desenvolvimento Delphi, que utiliza linguagem Object Pascal, e tem por principais características a fácil construção de aplicações visuais, devido a sua IDE intuitiva e interface amigável, implementa conceitos da Programação Orientação a Objeto (POO), como heranças, interfaces e polimorfismo (SOMERA, 2007). Deve-se ressaltar que o Object Pascal é uma linguagem híbrida sendo possível utilizá-la de forma procedural, desta forma, fugindo aos conceitos da POO. Outra característica do ambiente é a Orientação a Eventos, de forma que cada elemento da interface seja capaz de capturar uma série de eventos gerados pelo usuário.

## 2. O método AHP

Apesar da quantidade de variáveis objetivas ou subjetivas possíveis para a solução de um determinado problema, Meyer (2003) afirma que simplificar a medição é o melhor caminho. O autor defende que todas as medidas são imperfeitas e não é necessário medir

mais, apenas encontrar uma forma que traduza o que realmente importa e conduza a um plano de ação eficiente. Esse é o fundamento do método de análise hierárquica, o AHP (*Analytic Hierarchy Process*): decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (Saaty, 1991).

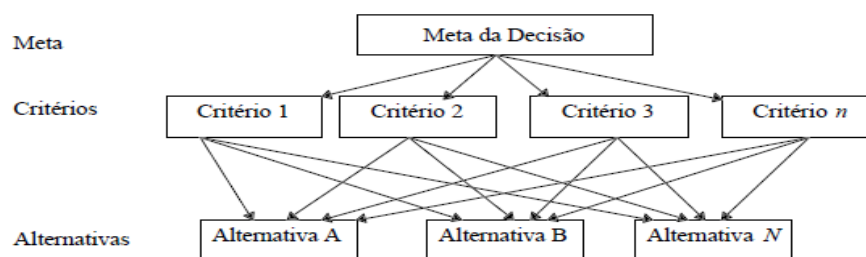
A principal característica da teoria da análise hierárquica introduzida por Saaty é a diminuição do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. A utilidade do método realiza-se no processo de tomada de decisões, minimizando suas falhas.

A teoria baseia-se no método newtoniano e cartesiano, que remete a forma natural de funcionamento da mente humana, isto é, diante de um grande número de elementos, a mente os agrega em grupos segundo propriedades comuns. O cérebro repete esse processo e agrupa novamente os elementos em outro nível “mais elevado”, em função de propriedades comuns existentes nos grupos de nível imediatamente abaixo. A repetição dessa sistemática atinge o nível máximo quando este representa o objetivo do nosso processo decisório. E, assim, é formada a hierarquia, por níveis estratificados.

O *Decision Support Systems Glossary* (DSS, 2006) define AHP como “uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um *ranking* total das alternativas”.

Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma sequência de comparação por pares, com relações de *feedback*, ou não, entre os níveis. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos. Através dessas comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra. Assim, Costa (2002, p. 16-17) afirma que o método baseia-se em três etapas:

- (i) **A hierarquia:** Segundo Saaty(1994), existe algumas considerações úteis na formulação da hierarquia: Identificar o problema geral; Identificar os critérios que devem ser atendidos para satisfazer o objetivo geral; Identificar os subcritérios abaixo de cada critério; Identificar opções e resultados; De acordo com Bornia e Wernke (2001), a hierarquização facilita na visualização do problema e seus componentes, isto é, os critérios e alternativas. Entretanto, apesar de apresentar vantagens, a hierarquia por si própria não é uma ferramenta poderosa no processo de tomada de decisão ou de planejamento. É preciso computar a força com que elementos de um nível atuam sobre os elementos do nível mais alto seguinte, assim como considerar forças relativas entre os níveis e os objetivos gerais.



Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991)

Figura 1. Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão

Figura 1 - Exemplo de uma forma Hierárquica

- (ii) **O julgamento:** Grandzol (2005), descreve que, através de comparações aos pares em cada nível da hierarquia baseadas na escala de prioridades do AHP, os participantes desenvolvem pesos relativos, chamados de prioridades, para diferenciar a importância dos critérios. Para se fazer bom uso da escala de prioridades, entretanto, é preciso compreender o que são os julgamentos no método criado por Saaty. Um julgamento ou comparação é a representação numérica de uma relação entre dois elementos que possuem o mesmo pai. Para comparar componentes da hierarquia, Saaty (1991), recomenda a escala mostrada na tabela abaixo.

Tabela 1 - Escala numérica de Saaty (1991)

Valor	Importância Relativa	Expressão Verbal
1	Igual Importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Preponderância pequena de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro
5	Preponderância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro
7	Preponderância muito grande ou demonstrada	Um critério é muito fortemente favorecido em relação ao outro, sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Preponderância absoluta	A evidência favorece um critério em relação ao outro com mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

O grupo de todos esses julgamentos pode ser representado numa matriz quadrada, na qual os elementos são comparados com eles mesmos. Cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo (Saaty, 1994).

O julgamento reflete as respostas de duas perguntas: qual dos dois elementos é mais importante com respeito a um critério de nível superior, e com que intensidade, usando a escala de 1-9. É importante notar que o elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala, e o menos importante, como o inverso dessa unidade. Devido à relação de reciprocidade e à necessidade de consistência entre duas atividades ou critérios, os recíprocos dos valores acima de zero são inseridos na matriz criada quando uma comparação entre duas atividades já foi realizada. Assim, o processo torna-se robusto, devido a diferenças sutis em uma hierarquia na prática não se tornarem decisivas.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

É importante preencher a matriz de comparações atendendo as seguintes condições:

$A_{ij} = \alpha$	De forma que:
$A_{ji} = 1/\alpha$	A – Matriz de critérios.
$A_{ii} = 1$	$\alpha$ – Valor de intensidade de importância.

(iii) **Consistência dos Julgamentos:** Saaty (2000), propõe o cálculo da Razão de Consistência dos julgamentos de tal forma:  $RC = IC/IR$ , onde IR define o Índice de Consistência Randômico. O Índice de Consistência (IC) é definido por  $IC = (\lambda_{máx} - n)/(n-1)$ , onde  $\lambda_{máx}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos. É importante para a consistência dos julgamentos que  $RC \leq 0,10$ .

### 3. Estudo de caso

A DATACI – Companhia Municipal de Tecnologia da Informação do Município de Cachoeiro de Itapemirim, é responsável pela criação, manutenção e/ou aquisição dos sistemas informatizados da Prefeitura de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Diante da necessidade da construção de um sistema que atenda os departamentos Financeiro e Contábil, a empresa precisa selecionar uma linguagem de desenvolvimento para viabilizar esta demanda. Trata-se de um sistema de grande porte (GFIN), que irá integrar diversos setores, administrativo, planejamento, controladoria e fazenda, além dos órgãos externos, como Tribunal de Contas e Ministério Público. Também é requisito a interface para comunicação com vários outros sistemas.

Para isto, a DATACI conta com uma equipe de profissionais especialistas em diversas linguagens de programação que devem ser usadas como alternativa para a solução do problema. São elas: Delphi (A1), ZIM (A2), Java (A3) e PHP(A4).

Para a escolha da ferramenta de desenvolvimento, considerou-se relevante os seguintes critério: produtividade (C1), continuidade tecnológica (C2), grau de conhecimento da equipe para o desenvolvimento (C3), compatibilidade para publicação na web (C4) e suporte técnico (C5). Para facilitar o julgamento o critério C1 foi dividido em 3 subcritérios: produtividade no desenvolvimento de: cadastros básicos (C1.1), movimentação (C1.2), relatórios (C1.3).

#### 3.1 Hierarquia

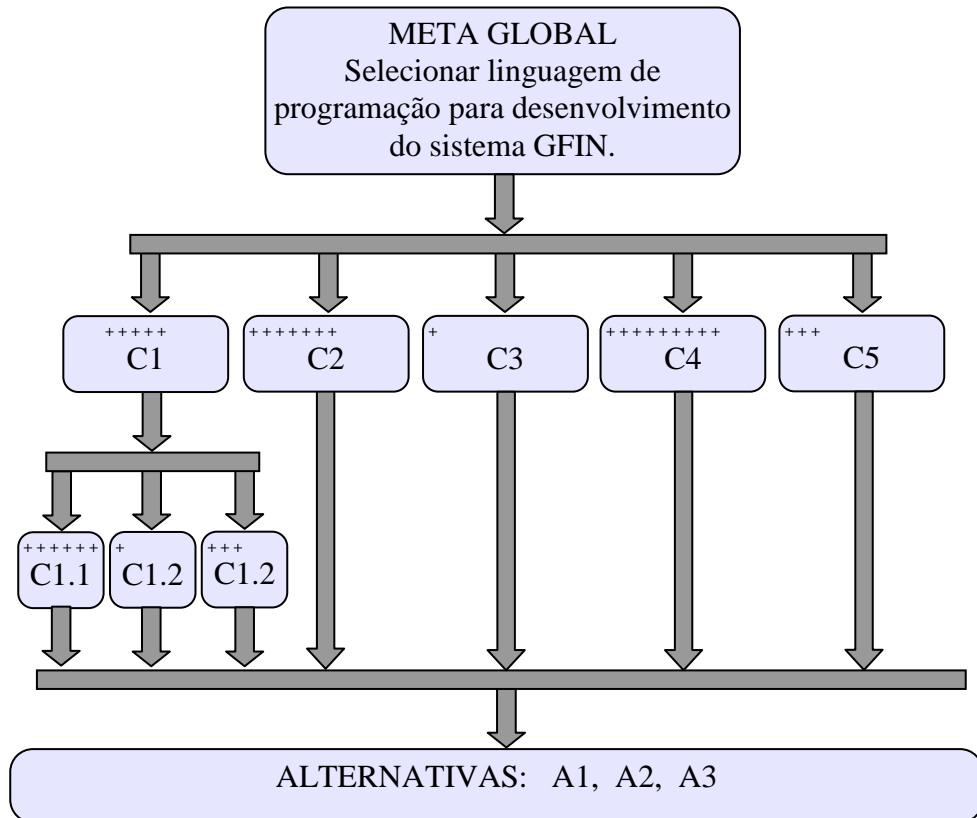


Figura 2 – Hierarquia dos critérios

### 3.2. Julgamento e Prioridade Média Local (PML)

A prioridade média local nada mais é que a normatização do autovetor. Este índice aponta quais componentes da hierarquia tem maior peso nos julgamentos realizados.

As tabelas 2 e 3 apresentam os julgamentos dos critérios e subcritérios respectivamente, indicando na ultima coluna a proporção de prioridade de cada critério dentro do seu vinculo hierárquico.

Tabela 2 - Matriz de correlações de pesos entre os critérios.

	C1	C2	C3	C4	C5	PML's
C1	1,00	0,33	3,00	0,20	1,00	0,099
C2	3,00	1,00	7,00	0,33	3,00	0,252
C3	0,33	0,14	1,00	0,11	0,20	0,035
C4	5,00	3,00	9,00	1,00	5,00	0,504
C5	1,00	0,33	5,00	0,20	1,00	0,110

Tabela 3 - Matriz de correlações de pesos entre os subcritérios do critério C1.

	C1.1	C1.2	C1.3	PML's
C1.1	1,00	7,00	3,00	0,649
C1.2	0,14	1,00	0,20	0,072
C1.3	0,33	5,00	1,00	0,279

O julgamento das alternativas a luz dos critérios estão relacionadas na Tabela 4, onde cada critério foi analisado pela ótica específica do ambiente interno da empresa.

Tabela 4 - Matriz julgamentos das alternativas a luz dos critérios.

C1.1	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	3,00	5,00	5,00	<b>0,540</b>
A2	0,33	1,00	3,00	5,00	0,275
A3	0,20	0,33	1,00	3,00	0,123
A4	0,20	0,20	0,33	1,00	0,062
C1.2	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	3,00	5,00	7,00	<b>0,568</b>
A2	0,33	1,00	5,00	3,00	0,265
A3	0,20	0,20	1,00	3,00	0,104
A4	0,14	0,33	0,33	1,00	0,063
C1.3	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	3,00	5,00	7,00	<b>0,568</b>
A2	0,33	1,00	5,00	3,00	0,265
A3	0,20	0,20	1,00	3,00	0,104
A4	0,14	0,33	0,33	1,00	0,063
C2	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	3,00	0,14	0,20	0,085
A2	0,33	1,00	0,11	0,14	0,042
A3	7,00	9,00	1,00	3,00	<b>0,582</b>
A4	5,00	7,00	0,33	1,00	0,290
C3	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	0,20	0,33	5,00	0,132
A2	5,00	1,00	4,00	7,00	<b>0,600</b>
A3	3,00	0,25	1,00	3,00	0,213
A4	0,20	0,14	0,33	1,00	0,054
C4	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	3,00	0,20	0,17	0,099
A2	0,33	1,00	0,17	0,17	0,055
A3	5,00	6,00	1,00	1,00	<b>0,413</b>
A4	6,00	6,00	1,00	1,00	<b>0,433</b>
C5	A1	A2	A3	A4	PML's
A1	1,00	0,33	0,14	1,00	0,088
A2	3,00	1,00	0,20	0,33	0,125
A3	7,00	5,00	1,00	3,00	<b>0,600</b>
A4	1,00	3,00	0,33	1,00	0,187

### 3.3. Análise de Consistência

Para garantir a integridade dos julgamentos e eliminar os erros entre as comparações inconsistentes umas com as outras foi necessário calcular a Razão de Consistência (RC) e o Índice de Consistência para cada julgamento das alternativas em relação aos critérios. É importante ressaltar que para um julgamento ser considerado adequado deve atender a restrição  $RC \leq 0,10$ .



Desta forma, o Índice de Consistência (IC) é calculado através da fórmula:

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

Para obtermos a Razão de Consistência (RC) é necessário dividir o Índice de Consistência (IC) pelo Índice de Consistência Aleatória Média (IAM). Na Tabela 5 são apresentados os Índices de Consistência Aleatória indicado por Saaty.

Tabela 5 - Índices de Consistência Aleatória

Dimensão da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória Média	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: (Costa, 2006)

Na Tabela 6, são apresentados o Índice de Consistência e Razão de Consistência das alternativas a diante dos julgamentos de cada critério. Desta forma, garantindo a integridade dos julgamentos realizados.

Tabela 6 - Índices de Consistência e Razões de Consistência

Critérios	IC	RC
C1.1	0,0757	0,0841
C1.1	0,0815	0,0905
C1.1	0,0773	0,0859
C2	0,0551	0,0613
C3	0,0849	0,0943
C4	0,0296	0,0329
C5	0,0748	0,0832

### 3.4. Prioridade Global

Para encontrarmos a Prioridade Global, é importante combinar as matrizes de comparação das alternativas com a matriz de importância dos critérios. Cada matriz de comparação de critério deverá ser multiplicado pela tabela de Vetor de Prioridade de Critérios. Desta forma, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$PG (An) = PML(C1)*PML(An) C1 + PML(C2)*PML(An)C2 + \dots + PML(Cn)*PML(An) Cn;$$

Tabela 6 - Índices de Consistência e Razões de Consistência

Alternativas	Prioridades Globais
A1	0,11
A2	0,09
<b>A3</b>	<b>0,48</b>
A4	0,32

#### 4. Conclusões

Analisando a matriz de Prioridades Globais, nota-se que a melhor alternativa na avaliação dos julgamentos realizados para cada critério é A3, que consiste na utilização da linguagem de desenvolvimento Java para a implementação do sistema que deverá atender as áreas financeira, contábil e orçamentária da Prefeitura de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Java representa a alternativa mais equilibrada e que atende melhor ao conjunto de critérios escolhidos.

Ainda é possível notar que apesar da equipe de desenvolvimento estar mais ambientada com a linguagem de programação Zim, a aplicação do método AHP mostra a ferramenta Java atendendo de forma mais completa aos critérios colocados para o desenvolvimento deste sistema.

Utilizar o Método de Análise Hierárquica (AHP) para apoio a decisão de utilização de uma ferramenta de desenvolvimento, proporciona à Dataci mais clareza em suas ações diante da administração pública municipal, justificando os investimentos em Tecnologia da Informação.

#### Referências

- BIRRELL, N.D.** A Practical Handbook for Software Development. [S.l.]: Cambridge University Press, 1985.
- BORNIA, A. C.; WERNKE, R.** A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais. Revista Contabilidade & Finanças. FIPECAP – FEA – USP. v.14, n. 25, p. 60- 71, jan./abr. 2001.
- CAZELLA, S.C.** Uma arquitetura para coordenar a interação de agentes na Internet . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul . 1997.
- COSTA, H.G.** Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002.
- DDS – Decision Support Systems Glossary**, 2006.
- GRANDZOL, J.R.** Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. Bloomsburg University of Pennsylvania. IR Applications Volume 6, August 24, 2005.
- MEYER, M. W.** Rethinking performance measurement: beyond the balanced scorecard. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press.
- PAZIN, A.** GAwCRe: Um Gerador de Aplicações baseadas na Web para o Domínio de Clínicas de Reabilitação . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. 2004.
- SOMERA, G.** Treinamento Profissional em Delphi. Digerati Books, São Paulo, 2007.
- SAATY, T.L.** Método de análise hierárquica. Tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: Makron Books, 1991. 326p.
- SAATY, T.L.** How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. The Institute for Operations Research and the Management Sciences, Interfaces 24(6), pg. 19-43, USA, 1994.
- Saaty, T.L.** Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy , 2000. Process Vol. VI, AHP Series, RWS Publications (Fax: 412-681-4510), Pittsburgh, PA.
- THE PHP GROUP.** PHP: Manual: History of PHP and related projects, [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://www.php.net/manual/pt-br/history.php>>. Acesso em: 11 Julho 2011
- ZEND TECHNOLOGIES.** ZEND / About PHP, [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://www.zend.com/zend/aboutphp.php>>. Acesso em: 11 Julho 2011.