



IV SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

SELEÇÃO DE SISTEMAS PARA A PUBLICAÇÃO EM COMPUTAÇÃO EM NUVEM EM CIDADES DIGITAIS

ANDERSON DE SOUZA RIBEIRO

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC-Campinas

anderprisc@gmail.com

DAVID BIANCHINI

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUC-Campinas

davidb@puc-campinas.edu.br



SELEÇÃO DE SISTEMAS PARA A PUBLICAÇÃO EM COMPUTAÇÃO EM NUVEM EM CIDADES DIGITAIS

Resumo

As Cidades Digitais podem empregar o uso de Tecnologia da Informação para viabilizar a disponibilização de muitos serviços públicos aos seus cidadãos. O grande volume de informações geradas por esses serviços e seus sistemas, e a necessidade de tratá-las e torna-los acessíveis à população justifica o uso de Computação em Nuvem para a sua publicação em cidades digitais. Neste contexto, é necessário a aplicação de um método de auxílio a tomada de decisão que simplifique o processo de seleção e priorização de sistemas para a disponibilização via computação em nuvem, considerando os principais critérios que influenciam essa escolha, permitindo ao gestor avaliar e comparar as prioridades e o grau de importância entre as soluções, tendo como resultado uma lista de sistemas segundo a ordem de prioridade resultante dos julgamentos realizados pelo gestor com base no sistema proposto neste artigo. Será apresentada uma simulação que propõe um método baseado em AHP (Analytic Hierarchy Process) que compara 3 sistemas hipotéticos, considerando 5 categorias de critérios, e 23 subcritérios, estruturados numa hierarquia de 4 níveis. Como resultado será apresentada a lista de sistemas priorizados, e a análise de sensibilidade que permite saber como cada critério influenciou na tomada de decisão.

Palavras-chave: Priorização de Projeto, AHP, Cidades Digitais, Computação em Nuvem.

Abstract

The Digital Cities may employ the use of information technology to enable the provision of many public services to its citizens. The amount of information generated by these services and systems, and the need to treat them and makes them accessible to the population justifies the use of Cloud Computing for publication in digital cities. Thus the application of a method of decision making that simplifies the process of selection and prioritization systems for the delivery through cloud computing is necessary, considering the main criteria that influence this choice, it allows the manager to evaluate and compare priority and the degree of importance among the solutions, resulting in a list of systems according to the priority order resulting from the judgments made by the operator based on the system proposed in this article. A simulation that proposes a method based on AHP will be presented (Analytic Hierarchy Process) compared three hypothetical systems, considering 5 categories of criteria and 23 sub-criteria, structured in a 4-level hierarchy. As a result will display the list of prioritized systems, and the sensitivity analysis that lets you know how each criterion influenced the decision-making.

Keywords: Project Priorization, AHP, Digital Cities, Cloud Computing.



1. Introdução

Ao longo das últimas décadas o mundo tem se transformado pelo impacto sem precedentes em suas relações sociais, decorrente do desenvolvimento e uso cada vez mais frequente de Tecnologias de Informação e Comunicação. Tal fato tornou possível o encurtamento das distâncias entre indivíduos, povos e nações, facilitando a comunicação e o compartilhamento de informações, oferecendo novas alternativas ao modo como se -transfere conhecimento, compra-se e vende-se mercadorias e serviços, a maneira de divulgar notícias e acontecimentos, gerenciar empresas e instituições, governos e na forma como nos relacionamos uns com os outros (Holanda Dall’Antonia, & Souto, 2006). Este advento tem uma abrangência na sociedade semelhante ao surgimento do aço, ou da ferrovia, e seguramente divide a história do homem moderno entre antes e depois dele (Mitchell, 2002).

É nesse contexto que surgem as “Cidades Digitais”, ou ainda “Cidades Inteligentes”. Tais cidades caracterizam-se pelo uso de tecnologias de inteligência computacional na construção de infraestrutura e serviços oferecidos pela cidade aos seus cidadãos, isto inclui, mas não está limitado a administração pública, educação, saúde, transporte, segurança pública, habitação e gestão do patrimônio público, de maneira mais inteligente, integrada e eficiente (Washburn & Sindhu, 2010). A prestação de todos esses serviços exige um portfólio de sistemas suportados por uma infraestrutura de TI acessível a partir de qualquer lugar no globo através da internet, ou seja, de uma solução baseada em computação em nuvem. Dado ao montante de recursos limitados que cada prefeitura dispõe será necessário priorizar adequadamente os investimentos em soluções que entreguem os valores mais prioritários para cada comunidade, e é nesse contexto que o método de apoio a tomada de decisão para a seleção de sistemas tem papel relevante para a publicação em nuvem em Cidades Digitais, e pode contribuir para facilitar a tomada de decisão do Gestor Público.

1.1 O Problema da Pesquisa

A pergunta que originou este trabalho pode ser expressa da seguinte forma “Como Selecionar e Priorizar um portfólio de sistemas para a publicação de serviços baseados em tecnologia de computação em nuvem em cidades digitais, avaliando múltiplos critérios técnicos, qualitativos e quantitativos num ambiente de várias restrições e considerando as diversas combinações possíveis, utilizando uma ferramenta de simples assimilação e aplicação, mas com condições de avaliar toda esta complexidade?”

1.2 Análise Multicritério e a escolha do método AHP

Segundo Vansnick (1986), o método de seleção multicritério representa uma evolução da teoria das escolhas sociais, mas se diferencia delas por considerar a importância relativa dos critérios. A Teoria das Escolhas sociais preconiza que a escolha do decisor é tomada com base em resultados sociais, e a questão da utilidade pessoal é definida como função coletiva de utilidade social. Um método de apoio a tomada de decisão deve ser capaz de estruturar o processo de escolha de forma a delimitar claramente o problema, estruturar as etapas de definição dos critérios de seleção e priorização, e permitir a análise de alternativas para atingir o melhor resultado possível com os recursos disponíveis em cada circunstância. Isso deve ser realizado explorando não somente as soluções, mas também o decisor, enquanto ele faz uso do método na busca por uma solução, e explicita suas preferências (Buchanan & Henig, 1994). Nesse cenário o propósito deste trabalho, é explorar um método de apoio a tomada de decisão baseado em *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*), que auxilie o gestor na seleção e priorização de um portfólio de sistemas para a publicação de serviços através de tecnologias de Computação em Nuvem, e sugerir uma ordem de priorização para o planejamento da migração em seu portfólio de projetos .



Muitos métodos de análise multicritério foram avaliados para a realização deste trabalho tais como: Macbeth, Electre, Topsis, Lógica Fuzzy, e o AHP. Todos os métodos apresentam características que permitem sua aplicação para organizar e facilitar o processo de análise e tomada de decisão em situações em que se tenha que comparar diversas opções de solução, múltiplos critérios de avaliação, e se disponha de recursos limitados. O método AHP se diferencia principalmente por apresentar uma forma de identificar e corrigir inconsistências no julgamento dos decisores, o que torna o processo de análise mais eficiente e assertivo, evitando a propagação dos erros que poderiam ser causados por tais inconsistências, e do retrabalho resultante de uma tomada de decisão baseada em dados influenciados pelo fato de não serem identificadas, no momento em que ocorrem, quando da aplicação de outros métodos de análise multicritério. Além desta característica levou-se em consideração também a disponibilidade de ferramentas gratuitas para a implementação do método, e a vasta quantidade de conteúdo disponível sobre a aplicação do método usando tais ferramentas. O fundamento do método AHP consiste na decomposição e síntese do Sistema de critérios até chegar-se à priorização das indicações e, logo, obter o melhor resultado de medição (Saaty, 1991).

2. O Desenvolvimento da Pesquisa e Simulação

As aplicações para os sistemas de informação em cidades digitais são as mais diversas possíveis, como gestão de postos de saúde, farmácias públicas e hospitais municipais, infraestrutura pública de acesso à internet, controle de tráfego de veículos, Gestão inteligente de distribuição de energia elétrica, monitoramento ambiental, Gestão da administração pública, fluxo de controle e acompanhamento de processos administrativos, recolhimento de impostos, sistemas de ensino a distância e bibliotecas virtuais, dentre uma série de outras possíveis aplicações não listadas aqui, permitindo que tais cidades sejam referenciadas como “cidades onipresentes” uma vez que seus serviços estão disponíveis através do uso de tecnologias como a da computação em nuvem, e os fazem acessíveis a partir de dispositivos móveis com baixo poder de processamento, e hipoteticamente a partir de qualquer lugar onde haja a possibilidade de estar conectado à internet. (Lee, Hancock, & Hu, 2013).

Foram considerados 3 sistemas hipotéticos para o exercício de simulação: Controle de bibliotecas Municipais, Controle de Postos de Saúde e Farmácias Municipais, e Controle de Merenda de Escolas Municipais.

2.1 Referencial Teórico

Muitos trabalhos já foram desenvolvidos na área de pesquisa de Computação em Nuvem em Cidades Digitais como o *Adoption of Cloud Computing services by public sectors organizations* (Bellamy, 2013), que explora como as organizações podem se preparar para aproveitarem melhor os benefícios potenciais da computação em nuvem sem necessariamente se exporem a riscos e custos proibitivos; *A Model-Based Deployment Framework of Integrated Public Cloud Service* (Wang, Li, Cao, Li, Li, & Du, 2012) que sugere um modelo de Implementação de Computação em Nuvem no Setor público com uma arquitetura clusterizada e resiliente a falhas oferecendo um serviço confiável e estável aos seus usuários; *Using Clouds for Smart Cities Applications* (Altomare, Cesario, Comito, Marozzo, & Talia, 2013) que explora o uso de computação em nuvem para aplicações de mineração de dados mapeamento de comportamentos sociais em cidades digitais (experimento realizado na cidade de Beijing na China); *A Study on method deploying efficient Cloud Service Framework in the Public Sector* (Song, Shin, & Kim, 2013) que explorou alguns fatores críticos para o sucesso



de implementações de computação em nuvem no setor público, observando alguns dos países mais desenvolvidos nessa tecnologia como os EUA, Inglaterra, Japão e a Coreia do Sul. Todos esses trabalhos serviram como referência para selecionarmos os critérios que consideramos englobar alguns dos principais aspectos mais relevantes para a seleção de um portfólio ótimo de sistemas em Cidades Digitais.

Cada um dos 3 sistemas foi avaliado no sistema de apoio a tomada de decisão considerando o cenário simulado nas Tabelas 1, 2 e 3, no qual estão definidas 5 categorias de Critérios, cada uma com os seus subcritérios conforme a seguir:

- **Análise Financeira:** VPL, TIR, PAYBACK (Ashford, Dyson, & Hodges, 1988), TCO (Ellram & Siferd, 1998).
- **Arquitetura Tecnológica:** Segurança, Portabilidade de Plataforma, Mobilidade, Escalabilidade, Eficiência, Atualização Tecnológica, Disponibilidade, Resiliência (Song, et. al. 2013).
- **Governança:** Acordo de Nível de Serviço, Plano de Continuidade do Negócio, Plano de Recuperação de Desastres, Aderência às exigências de Conformidade (Bellamy, 2013).
- **Inclusão Digital:** Inteligibilidade, Usabilidade ou Acessibilidade, Disponibilidade de Acesso (Tambascia, Marques, Lemos, Rios, Patata, Neto, Holanda, & Dall'Antonia, 2006)
- **Objetivos Estratégicos:** Diminuição de Custos recorrentes, Melhoria de satisfação dos usuários, Aumento de transparência nos serviços públicos, Aumento na eficiência da Prestação do Serviço Público (PDTI BH, 2015).

Para a construção do cenário de simulação inicialmente definiu-se valores de pontuação individual para cada um dos sistemas hipotéticos que serão comparados, em relação a cada uma das variáveis de comparação, e exemplificada de maneira sumarizada nos subcritérios do modelo proposto, conforme Tabelas 1, 2, e 3. Essa etapa existe para definir as referências de julgamento individuais que balizam os julgamentos das comparações par a par.

Tabela 1:

CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO – CONTROLE DE BIBLIOTECAS MUNICIPAIS									
Análise Financeira		Arquitetura Tecnológica		Governança		Inclusão Digital		Objetivos Estratégicos	
VPL	R\$ 100.000,00	Segurança	8	Acordo de Nível de Serviço	Sim	Inteligibilidade	7	Diminuição de Custos Recorrentes	5
TIR	12%	Portabilidade de Plataforma	9	Plano de Continuidade de Negócio	Não	Usabilidade ou Acessibilidade	7	Melhoria na Satisfação dos Usuários	6
PAYBACK	1 Ano	Mobilidade	9	Plano de Recuperação de Desastres	Sim	Disponibilidade	7	Aumento de Transparência nos Serviços Públicos	4
TCO (4 anos)	R\$ 480.000,00	Escalabilidade	6	Aderência a exigências de Conformidade	Não			Aumento da Eficiência na Prestação de Serviços	5
		Eficiência	6						
		Atualização	7						



	Tecnológica				
	Disponibilidade	7			
	Resiliência	4			

Tabela 2:

CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO – CONTROLE DE POSTOS DE SAÚDE									
Análise Financeira		Arquitetura Tecnológica		Governança		Inclusão Digital		Objetivos Estratégicos	
VPL	R\$ 1.200.000,00	Segurança	8	Acordo de Nível de Serviço	Sim	Inteligibilidade	7	Diminuição de Custos Recorrentes	7
TIR	35%	Portabilidade de Plataforma	7	Plano de Continuidade de Negócio	Sim	Usabilidade ou Acessibilidade	5	Melhoria na Satisfação dos Usuários	8
PAYBACK	1,5 Anos	Mobilidade	7	Plano de Recuperação de Desastres	Sim	Disponibilidade	7	Aumento de Transparência nos Serviços Públicos	7
TCO (4 anos)	R\$ 380.000,00	Escalabilidade	9	Aderência a exigências de Conformidade	Não			Aumento da Eficiência na Prestação de Serviços	7
		Eficiência	7						
		Atualização Tecnológica	8						
		Disponibilidade	9						
		Resiliência	8						

Tabela 3:

CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO – CONTROLE DE MERENDA									
Análise Financeira		Arquitetura Tecnológica		Governança		Inclusão Digital		Objetivos Estratégicos	
VPL	R\$ 800.000,00	Segurança	7	Acordo de Nível de Serviço	Sim	Inteligibilidade	7	Diminuição de Custos Recorrentes	8
TIR	23%	Portabilidade de Plataforma	6	Plano de Continuidade de Negócio	Não	Usabilidade ou Acessibilidade	5	Melhoria na Satisfação dos Usuários	5
PAYBACK	1 Ano	Mobilidade	5	Plano de Recuperação de Desastres	Não	Disponibilidade	7	Aumento de Transparência nos Serviços Públicos	6
TCO (4 anos)	R\$ 270.000,00	Escalabilidade	8	Aderência a exigências de Conformidade	Sim			Aumento da Eficiência na Prestação de Serviços	7
		Eficiência	7						
		Atualização Tecnológica	7						
		Disponibilidade	7						
		Resiliência	6						

2.2 A definição dos níveis Hierárquicos

O método AHP baseia-se na execução de análises comparativas hierárquicas, de forma a facilitar a avaliação de alternativas em cenários complexos com múltiplas



possibilidades e com restrição de recursos. A Figura 1 exemplifica a aplicação do modelo AHP num esquema hierárquico de comparação organizado em 3 níveis (Seleção de Sistema, Critérios de avaliação e Alternativas de Sistemas).

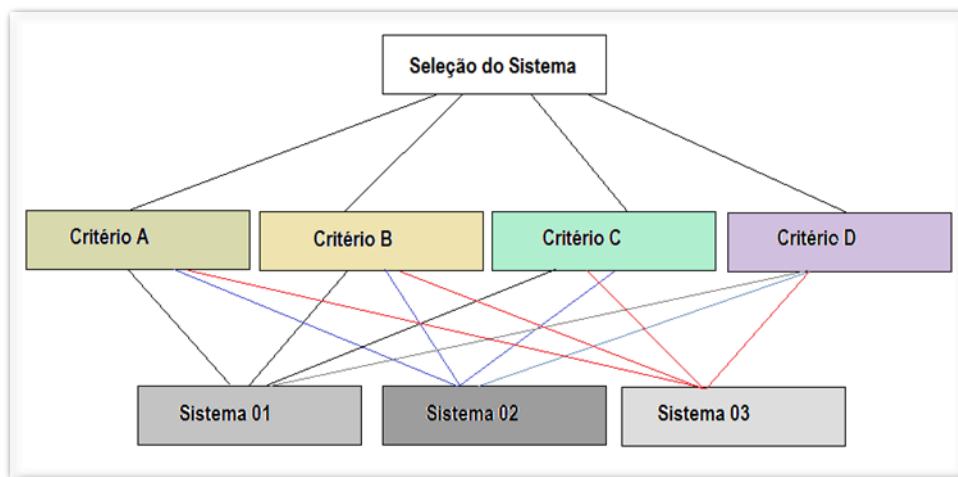


Figura 1. Tomada de decisão - Modelo AHP

A escolha do melhor sistema para atender ao exemplo da Figura 1 será tomada com base na avaliação de cada sistema por cada um dos quatro critérios de avaliação (A, B, C, D). Após a comparação par a par ser concluída em todos os 3 níveis com a aplicação do método AHP, o resultado será um valor numérico de avaliação de cada um dos sistemas, refletindo o grau de importância de cada um deles segundo a visão do(s) decisor(es). Essa lista de importância será a principal contribuição do processo e auxiliará o gestor a selecionar e/ou priorizar a implantação do(s) sistema(s) que melhor enderece as necessidades da instituição representadas pelos critérios de avaliação.

2.3 O Estabelecimento da escala de avaliação

Considerando a necessidade de tomada de decisão entre muitos critérios numa mesma categoria, como a de “Arquitetura Tecnológica” que possui 8 subcritérios, e o fato de o método AHP já estar sendo implementado com sucesso na prática desde meados de 1970, optou-se por sua utilização e pelo uso da escala fundamental de Saaty, que possui 9 níveis distintos de avaliação par a par conforme a Tabela 4 (Saaty, 1991).

Tabela 4:

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual Importância	Ambas contribuem igualmente para atingir o objetivo
3	Fraca Importância	O Julgamento considera que uma das variáveis comparadas é levemente mais importante para atingir o objetivo.
5	Forte Importância	Uma das variáveis contribui fortemente para atingir o objetivo.
7	Muito Forte Importância	A contribuição de uma das variáveis é muito maior para atingir o objetivo
9	Importância Absoluta	Uma das variáveis possui importância absoluta.



2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Valores de importância intermediária entre os níveis previamente definidos
Recíprocos dos valores	Se determinada categoria “A” recebe um valor diferente de zero quando comparada a “B”, então “B” terá o valor recíproco quando comparada a “A”	Se “A” tem importância absoluta, ou seja, 9 em relação a “B”, “B” tem importância de 1/9 em relação a “A”

2.4 A Escolha da Ferramenta de Implementação do Método AHP

Este projeto de pesquisa será realizado em ambiente de simulação para a aplicação do método proposto organizado em quatro camadas (Lista de Sistemas Priorizados, Lista de Categorias de Critérios, Subcritérios de avaliação e Alternativas de Sistemas) implementado com o uso do software Superdecisions. A escolha deste software deu-se em função dos seguintes fatores: gratuidade na disponibilização da licença de uso por 1 ano, Interface gráfica amigável, múltiplos métodos de julgamento (gráfico, Verbal, Matriz, Questionário e Direta), identificação de inconsistências nos julgamentos em tempo real, além do oferecimento de uma base sólida de conhecimento amplamente divulgado no site de seu idealizador, o Dr. Saaty, que também é o principal responsável pela proposição do método AHP. Foram encontradas outras opções para a implementação do método tais como *Expert Choice*, *MakeItRational*, *Priorization Estimation Tool*, dentre outros não citados aqui. Todos estes softwares são alternativas de ferramentas para a implementação de análise multicritério baseado em AHP.

2.5 A Estruturação da Hierarquia de Análise Multicritério

A Figura 2 representa de forma sumarizada o modelo proposto sendo que a quarta camada (de cima para baixo) representa os sistemas ou alternativas que serão analisadas no contexto de priorização para publicação baseada em Computação em Nuvem numa Cidade Digital. Essas alternativas serão avaliadas pela terceira camada composta por variáveis como VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa interna de Retorno), TCO (Custo Total de Propriedade) e Payback (Tempo de recuperação do investimento) que são os subcritérios responsáveis pela Categoria de Critérios de Análise Financeira das Alternativas de Sistemas, cada conjunto de subcritérios compõe uma das cinco categorias de critérios de avaliação, estes representam a segunda camada do modelo de tomada de decisão baseado em AHP, e pôr fim a função objetivo Lista de Sistemas Priorizados encerra as comparações do modelo.

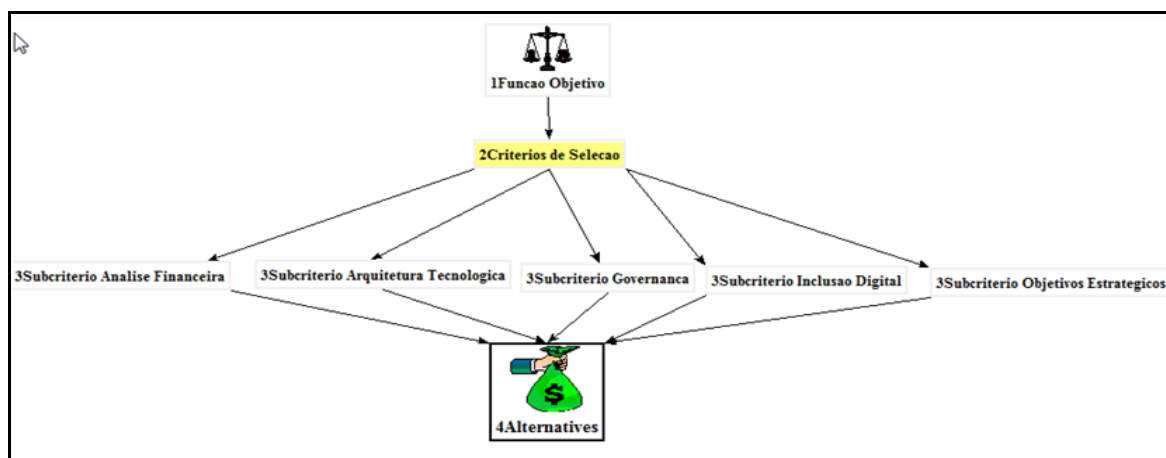


Figura 2 – Função Objetivo



3. Metodologia - O Método AHP e a aplicação dos Julgamentos na Hierarquia de análise

3.1 Categorias de Critérios de Seleção

A Figura 3 apresenta os resultados dos julgamentos par a par realizados entre as categorias de critérios do modelo (Análise Financeira, Arquitetura Tecnológica, Governança, Inclusão Digital e Objetivos Estratégicos). Neste exemplo, apesar de já aparecer os resultados de todos os julgamentos par a par do *cluster* Categoria de Critérios, o decisor efetuou o julgamento da comparação entre Análise financeira e Arquitetura Tecnológica, e segundo sua avaliação a primeira é de igualdade a moderadamente mais importante que a segunda, o valor numérico na escala de 1 a 9 que representa este julgamento é de que análise financeira é 2,355 vezes mais importante que Arquitetura Tecnológica.



Figura 3 – Subcritérios

O Resultado das comparações par a par deste cluster de Categoria de critérios de Seleção com os valores da matriz normalizada pode ser conferido na Tabela 5:

Tabela 5:

Critérios de Seleção	Norm.
Análise Financeira	0,223562
Arquitetura Tecnológica	0,116994
Governança	0,093430
Inclusão Digital	0,060499
Objetivos Estratégicos	0,505516
Inconsistência	0,04268

Os resultados da coluna “norm” representam os valores normalizados do peso de cada critério na aplicação do método AHP no seu *cluster* de avaliação, portanto, para o cluster Critérios de Seleção o Critério Objetivos Estratégicos com 50,5% de importância tem um peso muito maior que os outros critérios deste mesmo *cluster*, seguido de Análise Financeira com 22,3% de importância.

Uma das principais vantagens do método AHP sobre outros métodos de auxílio a tomada de decisão, baseados em análise multicritério, é a verificação de Inconsistência nos julgamentos realizados pelos avaliadores, que é calculado pela equação que considera o índice de consistência (CI) e o índice de consistência aleatória (RI), resultando na Taxa de Consistência (CR) (Saaty, 2005).



$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\%$$

Caso a taxa de consistência de alguma das avaliações seja superior a 10% os julgamentos são considerados inconsistentes e devem ser refeitos antes de prosseguir na avaliação das alternativas. Isso permite que o método facilite a identificação de falhas comuns no processo de avaliações complexas envolvendo múltiplos critérios e recursos restritos.

Todas as avaliações da hierarquia dos critérios e subcritérios, bem como a avaliação das alternativas dos sistemas avaliados obtiveram uma taxa de consistência inferior a 10%, o que indica a consistência nos julgamentos abordados neste trabalho. As tabelas com os resultados das demais avaliações dos sistemas frente a cada subcritério foram suprimidas do artigo por restrição de tamanho do artigo, e por estarem sintetizadas no resultado da supermatriz normalizada.

3.2 A Hierarquia dos Subcritérios

Cada um dos critérios possui subcritérios diferentes, e consiste num cluster independente, cujas avaliações de importância no modelo de tomada de decisão estão refletidas na supermatriz normalizada conforme as Tabelas 6, 7, 8 e 9:

Tabela 6:

Inclusão Digital	Norm.	Idea.
Disponibilidade de Acesso	0,316	0,681
Inteligibilidade	0,463	1,000
Usabilidade ou Acessibilidade	0,221	0,476
Inconsistência	0,035	

Tabela 7:

Arquitetura Tecnológica	Norm.	Idea.
Atualização Tecnológica	0,025	0,091
Disponibilidade	0,214	0,796
Eficiência	0,268	1,000
Escalabilidade	0,102	0,382
Mobilidade	0,030	0,112
Portabilidade de Plataforma	0,081	0,303
Resiliência	0,173	0,643
Segurança	0,107	0,398
Inconsistência	0,075	

Tabela 8:

Governança	Norm.	Idea.
Acordo de Nível de Serviço	0,602	1,000
Aderência as exigências de Conformidade	0,121	0,202
Plano de Continuidade do Negócio	0,146	0,243
Plano de Recuperação de Desastres	0,131	0,217
Inconsistência	0,011	

Tabela 9:

Objetivos Estratégicos	Norm.	Idea.
Aumento da Eficiência na Prestação de Serviço	0,233	0,464
Aumento da Transparência nos Serviços Públicos	0,133	0,264
Diminuição de Custos Recorrentes	0,503	1,000
Melhoria da Satisfação dos usuários	0,132	0,262
Inconsistência	0,044	

4. Análise dos Resultados

4.1 A Priorização de Sistemas pelo Método AHP

Após o avaliador realizar o julgamento de cada sistema em avaliação “Controle de Bibliotecas Municipais”, “Controle de Merenda de Escolas Municipais” e “Controle de Postos



de Saúde e Farmácias Municipais” frente a todos os subcritérios o resultado da Priorização do método baseado em AHP foi o seguinte:

Tabela 10:

Priorização de Sistemas para a publicação em Nuvem	Ideals	Normals	Raw
Controle de Bibliotecas Municipais	0,542	0,260	0,087
Controle de Merenda de Escolas Municipais	0,544	0,261	0,087
Controle de Postos de Saúde e Farmácias Municipais	1,000	0,479	0,160

Portanto, com 47,94% da importância resultante do conjunto combinatória da análise ponderada de todos os subcritérios de avaliação o Sistema com maior prioridade no processo de publicação em Nuvem seria o “Controle de Postos e Farmácias Municipais”. Este é seguido na sequência pelo “Controle de Merenda de Escolas Municipais” com 26,10% e “Controle de Bibliotecas Municipais” com 26,00%, ou seja, tecnicamente empatados.

4.2 A Análise de Sensibilidade e as Alterações nas Prioridades

Uma das primeiras constatações possíveis é a de que foram analisadas duas alternativas de sistemas que obtiveram uma avaliação muito semelhante, no exemplo apresentado nesta simulação, para casos como estes, uma forma de analisar variações de cenários que facilitem a escolha de prioridade entre alternativas com resultados muito semelhantes é a análise de sensibilidade. Através do uso desta técnica é possível simular como as prioridades se alteram de acordo com a alteração em critérios com maior peso ponderado no sistema de avaliação. A figura 4 demonstra a comparação entre os valores obtidos para cada uma das Categorias de Critérios tanto na hierarquia do modelo (*Normalized by cluster*) como seu valor ponderado na Supermatriz (*Limiting*).

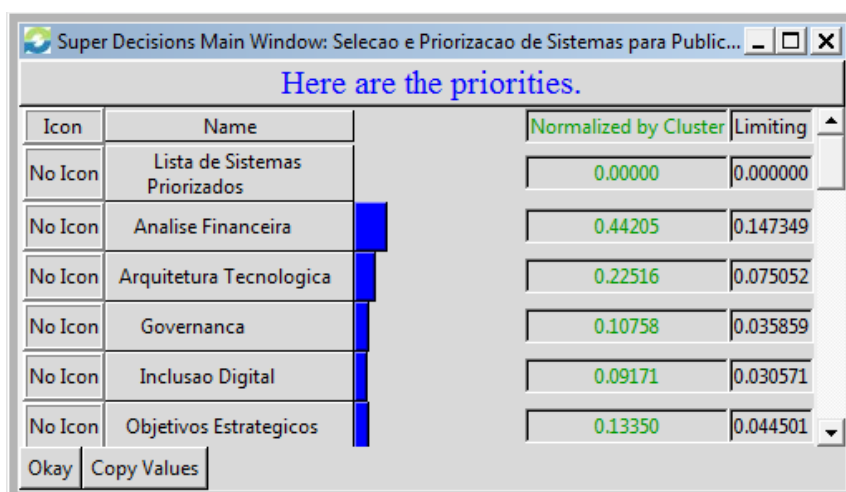


Figura 4 – Prioridades indicadas nos julgamentos da comparação pareada

Como é possível notar no que se refere ao peso da variável Análise Financeira no modelo é de 44,2% em relação às demais categorias. Isso significa que qualquer alteração de importância em algum dos subcritérios desta categoria terá forte influência sobre o resultado da lista de priorização, e, portanto, uma análise de sensibilidade é aconselhável para a simulação de cenários prováveis em relação a análise financeira.



Por exemplo, a Figura 5 demonstra como fica a priorização dos sistemas considerando o peso do subcritério VPL com 50% conforme demonstrado no eixo das abscissas do gráfico, dessa forma o resultado da priorização permanece inalterado em relação ao cenário original simulado, ou seja, Controle de Postos de Saúde e Farmácias Municipais em primeiro lugar, Controle de Merendas de Escolas Municipais em segundo, e em terceiro o Controle de Bibliotecas Municipais.

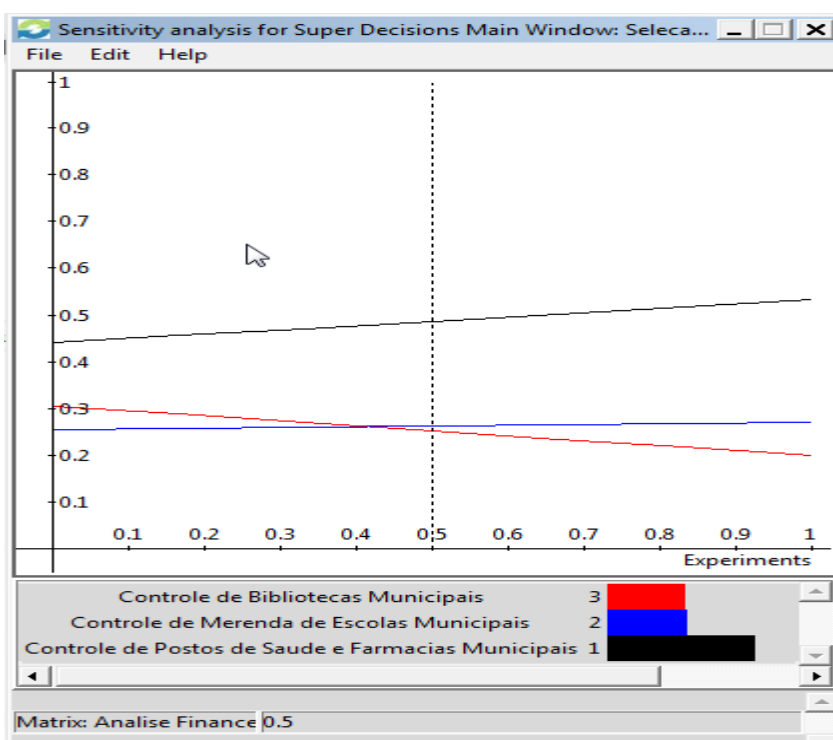


Figura 5 – Análise de Sensibilidade para VPL 50%

O mesmo ocorre se considerarmos o peso de VPL 44,2% conforme seu peso original na comparação binária par a par normalizada no modelo, a ordem de priorização dos sistemas permanece inalterada. No entanto, se o peso ponderado do VPL for inferior a 41,8%, o sistema com maior prioridade não se altera, mas temos alterações na segunda e terceira prioridade, sendo agora Controle de Bibliotecas Municipais a segunda prioridade, e o Controle de Merenda de Escolas Municipais a terceira respectivamente, conforme demonstrado na Figura 6.

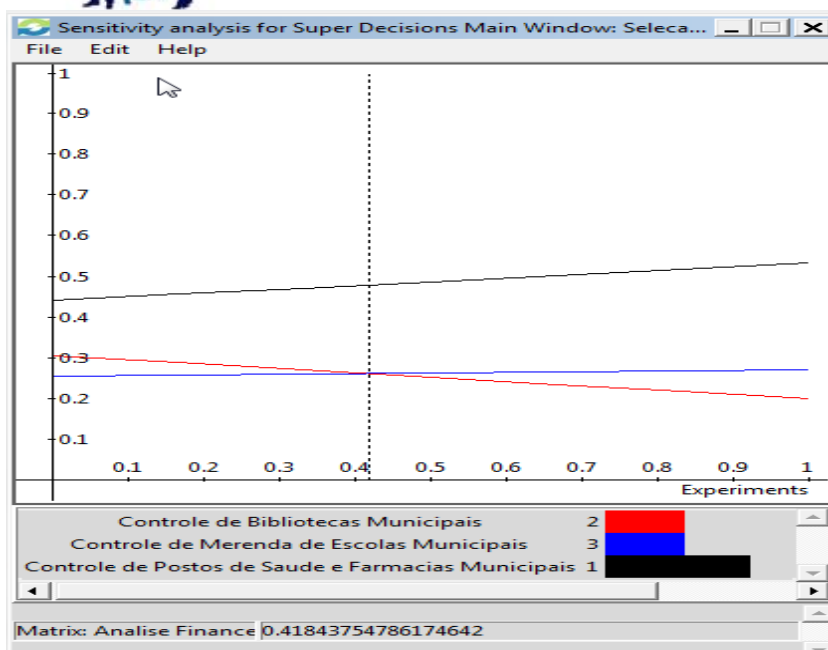


Figura 6 – Análise de Sensibilidade para VPL 44,2%

5. Considerações Finais

Na simulação realizada neste trabalho foi possível demonstrar como um sistema de apoio a tomada de Decisão pode facilitar a seleção e priorização de alternativas, mesmo considerando uma hierarquia com 4 níveis, 5 categorias de Critérios de Avaliação, 23 subcritérios, e 3 alternativas de Sistemas avaliados. Essa avaliação seria muito mais complexa de se realizar se dependesse apenas da capacidade de avaliação da mente humana, independentemente da inteligência, competência e experiência dos envolvidos na tomada de decisão, dada a limitação de nosso poder de avaliação e comparação de múltiplas variáveis simultaneamente. Além de fornecer uma lista com o resultado da priorização dos sistemas gerada com a aplicação do método, adicionalmente a isto a análise de sensibilidade permitiu a simulação de cenários que demonstraram como a alteração na importância de apenas um critério pode influenciar de maneira determinante na mudança de prioridades, como no exemplo no qual o peso ponderado do subcritério VPL foi alterado de 44,2% para 41,8%, o que causou uma inversão na priorização entre a segunda e terceira alternativa de sistema. É sabido que decisões como a seleção e/ou priorização de sistemas, ou portfólio de sistemas, não depende apenas de questões técnicas, mas também de aspectos como interesses específicos de partes interessadas, agendas ocultas nas discussões estratégicas, e variações de preferência de ordem pessoal, dentre outras razões não elencadas e tratadas no método de priorização. Por esta razão, considerando uma tomada de decisão baseada em critérios explícitos e passíveis de avaliação e comparação pelo(s) tomador(es) de decisão, o método proposto demonstrou a rigor atender a seu propósito de fornecer a lista de priorização e a análise de sensibilidade dos critérios sobre o modelo.

Essa pesquisa ainda pode ser estendida a trabalhos futuros como a aplicação do modelo em uma situação real em uma cidade digital, ou em alguma de suas repartições, ou ainda na adaptação das categorias de critérios, e subcritérios, para a seleção e priorização na implantação de sistemas na iniciativa privada, e em outras soluções tecnológicas não restritas à computação em nuvem.



Referências

ALTOMARE, A., Cesario, E., Comito, C., Marozzo, F., Talia, D. (2013), *Using Clouds for Smart City Applications*, International Conference on Cloud Computing Technology and Science, IEEE, (pp. 234-237)

ASHFORD, R. W., Dyson, R. G., & Hodges, S. D. (1988). The capital-investment appraisal of new technology: problems, misconceptions and research directions, *Journal of the Operational Research Society*, 39(7), p.637-642.

BUCHANAN, J., & Gardiner, L. A. (2013), Comparison of two reference point methods in multiple objective mathematical programming. *European Journal of Operational Research*, nº149, (pp.17-43), (Disponível em: <http://www.mngt.waikato.ac.nz/jtb/procon.htm>), acesso em: 20/04/2015.

ELLRAM, L., Siferd, S. (1998). Total cost of ownership: a key conception in strategic cost management decisions. *Journal of Bussines Logistics*, 19 (1), p.55-84.

HENIG, M; Buchanan, J; Decision Making by Multiple Criteria: a concept of solution. In: *Proceedings of the International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, 11., 1994, Coimbra (Portugal), 1994.

HOLANDA, G M, Dall'Antonia (Orgs), J. C., & Souto A. A., (2006), *Cidades Digitais: A Urbanização Virtual*. In *As Cidades Digitais no mapa do Brasil uma rota para a inclusão digital*, (pp. 61-81). Brasília, Ministério das Comunicações

LEE, J. H., Hancock, M. G., & Hu M., (2013), Toward an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco, *Technological Forecasting & Social Changing*, (Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.033>), acesso em: 15/10/2014.

MITCHELL, W. J. (2002), A Cidade Telesservida. In *E-topia. A vida urbana – mas não como a conhecemos*. São Paulo, Senac,(p. 236)

Plano Diretor de TI da prefeitura de Belo Horizonte, acessado em 08/06/2015, disponível em(pdti.pbh.gov.br/otic)

SAATY, T. L. (1991), *Método de Análise Hierárquica*, Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw-Hill do Brasil, Rio de Janeiro/RJ

SAATY, T. L. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. Pittsburgh: RWS Publications.



SONG, S., Shin, S. Y., & Kim, J. (2013), *A Study on method deploying efficient Cloud Service Framework in the Public Sector*, National Information Society Agency, Yonsei University, Korea, ICACT, ISBN 978-89-968650-1-8, (pp. 33-38)

TAMBASCIA, C. A., Marques, M. C., Lemos, L. M., Rios, J. M. M., Pataca, D. M., Neto, R. A. Z., Holanda, G. M., & Dall'Antonia, J. C. (2006), *Avaliação de projetos e soluções inovadoras em inclusão digital*, Cad. CPqD Tecnologia, Campinas, v. 2, n. 2, (pp. 19-26)

VANSNICK, J. C. (1986), On the Problems of weight: in MCDM (the noncompensatory approach). *European Journal of operation Research*, 24, (pp. 288-294)

WANG, Z., Li, Q., Cao, Z., Li, W., Li, J., & Du, R. (2012), *A Model Based Deployment Framework Integrated Public Cloud Service*, *International Conference on Computer Science and Service System*, IEEE, (pp. 723 – 728)

WASHBURN, D., & Sindhu, U. (2010), *Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the role of the CIO*, Forrester Research Inc., Cambridge, MA (disponível em: http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf), acesso em: 15/10/2014