

# SELEÇÃO DE ÁREA PARA INSTALAÇÃO DE HOTSPOT PÚBLICO DE INTERNET: ABORDAGEM MULTICRITÉRIO AHP-GIS

*Area selection for public internet hotspot installation: ahp-gis  
multicritério approach*

*Natalício Ferreira Pinto Júnior  
Fábio Freitas da Silva  
Ítalo Oliveira Matias  
Cláudio Luiz Melo de Souza  
Milton Erthal Jr.*

# SELEÇÃO DE ÁREA PARA INSTALAÇÃO DE HOTSPOT PÚBLICO DE INTERNET: ABORDAGEM MULTICRITÉRIO AHP-GIS

*Area selection for public internet hotspot installation: AHP-GIS multicriteria approach*

*Eraldo Natalício Ferreira Pinto Júnior  
Fábio Freitas da Silva  
Ítalo Oliveira Matias  
Cláudio Luiz Melo de Souza  
Milton Erthal Jr.*

**Resumo:** A escolha de um local para oferta de serviços públicos é um desafio para os gestores. O objetivo deste trabalho foi propor uma modelagem que possa amparar as decisões de gestores públicos na escolha de um local adequado para a instalação de um ponto público de acesso à internet. A modelagem empregada baseou-se em técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e multicriteriais (AHP). Para avaliar a eficácia do modelo, um estudo de caso foi conduzido na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ. A seleção do local foi definida pelos critérios: densidade demográfica, proximidade com áreas já atendidas, perfil social da população, infraestrutura, segurança e acessibilidade. A alternativa vencedora foi a Praça do IPS, que apresenta ciclovias de acesso, pontos de ônibus, igrejas e comércios. O uso conjugado dos métodos (GIS, AHP e Survey) proporcionou embasamento satisfatório ao tomador de decisão por possibilitar uma compreensão detalhada do processo decisório.

**Palavras chave:** Método de Análise Hierárquica; Sistema de Informação Geográfica; Gestão Pública; Decisão

**Abstract:** Choosing a location to offer public services is a challenge for managers. The aim of this work was to propose a model that can support the decisions of public managers in choosing a suitable place for the installation of a public access point to the Internet. The modeling was based on Geographic Information System (GIS) and multicriteria (AHP) approach. To evaluate the effectiveness of the model, a case study was conducted in the city of Campos dos Goytacazes, RJ. The selection of the place was defined by the following criteria: demographic density, proximity to areas already served, social profile of the population, infrastructure, security and accessibility. The winning alternative was the IPS Square, which features access roads, bus stops, churches and shops. The combined use of the methods (GIS, AHP and Survey) provided a satisfactory basis to the decision maker for enabling a detailed understanding of the decision making process.

**Keywords:** Analytic Hierarch Process; Geographic Information System; Public Management

**JEL:** Co.

### INTRODUÇÃO

O Governo brasileiro, a partir do Decreto n<sup>o</sup> 8.776, de maio de 2016, instituiu o Programa Brasil Inteligente (BRASIL, 2016). O projeto Minha Cidade Inteligente, que é uma evolução do Projeto Cidades Digitais, é parte integrante deste programa e objetiva, além da implantação de redes e sistemas de alta capacidade, implantar serviços e infraestrutura de monitoramento e acompanhamento das condições locais, permitindo gerar dados para criação de aplicações inovadoras, bem como permitir o amplo acesso às informações. Além disso, busca prover às localidades alta capacidade de formação e capacitação da população (BRASIL, 2016).

A disponibilização de uma rede gratuita de internet é essencial para o crescimento econômico e social (SIMPSON; DAWS; PINI, 2004), pois a exclusão digital é fruto das consequências sociais, econômicas e culturais da distribuição desigual dos dispositivos computacionais e da internet (SORJ; GUEDES, 2005). Portanto, o crescimento das cidades deve fundamentar-se na confluência das seguintes bases: desenvolvimento econômico, sustentabilidade, equidade social, aumento na eficiência dos serviços públicos, qualidade de vida dos cidadãos, dentre outros (BATTY et al., 2012; GRUEN, 2013). Este tipo de serviço promove a difusão da informação e conhecimento (SIMPSON, DAWS and PINI, 2004), criação de emprego e renda, fomentação da equidade social e cultural e promoção do bem-estar dos cidadãos (BATTY et al., 2012; GRUEN, 2013). A localização geográfica (SIMPSON, DAWS and PINI, 2004) ou o nível de renda da população não podem ser impeditivos para a democratização e o desenvolvimento da trajetória de mobilidade social do cidadão (BRASIL, 2016).

No Brasil, apenas 51% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet o que corresponde 34,1 milhões de domicílios. Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.BR (2016) apenas a classe A é plenamente atendida por este tipo de serviço (97%). As classes C (51%) e DE (84%), representam aproximadamente 30 milhões de domicílios desconectados da internet, o que equivale a aproximadamente metade dos domicílios brasileiros. Os principais motivos sinalizados pela população desconectada é o custo elevado (60%), falta de interesse dos moradores (51%) e falta de computador no domicílio (50%). O celular é o dispositivo mais utilizado para acesso à internet, representando 89% dos usuários da rede. Para 35% da população conectada, o celular é o único dispositivo de acesso à internet. Tais dados demonstram a realidade digital que ocorre no Brasil na atualidade. O custo de acesso à internet é um importante desafio para a difusão desta tecnologia no Brasil, no entanto, aspectos como a educação digital e a disponibilidade da TIC devem ser considerados (MAHIZHNAN, 1999).

Para suplantarem os desafios supracitados, iniciativas mundiais demonstram o papel crucial na formulação de políticas para integralizar a Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) no processo organizacional das cidades (MAHIZHNAN, 1999; BAKICI; ALMIRALL; WAREHAM, 2013). Portanto, o projeto Minha Cidade Inteligente possui como um dos seus intuitos, ofertar serviços de internet público. O processo decisório para determinação do local conveniente para instalação de um determinado serviço deve possuir critérios de decisão claros, bem definidos e devidamente priorizados (ELDEMIR; ONDEN, 2016). Para isso, muitos estudos sinalizam a integração dos métodos Multicritérios à Decisão e Sistemas de Informação Geográfico (SIG) (BARCELOS; PIZZOLATO; LORENA, 2004, OHTA et al., 2007; ELDEMIR; ONDEN, 2016, FRAILE et al., 2016).

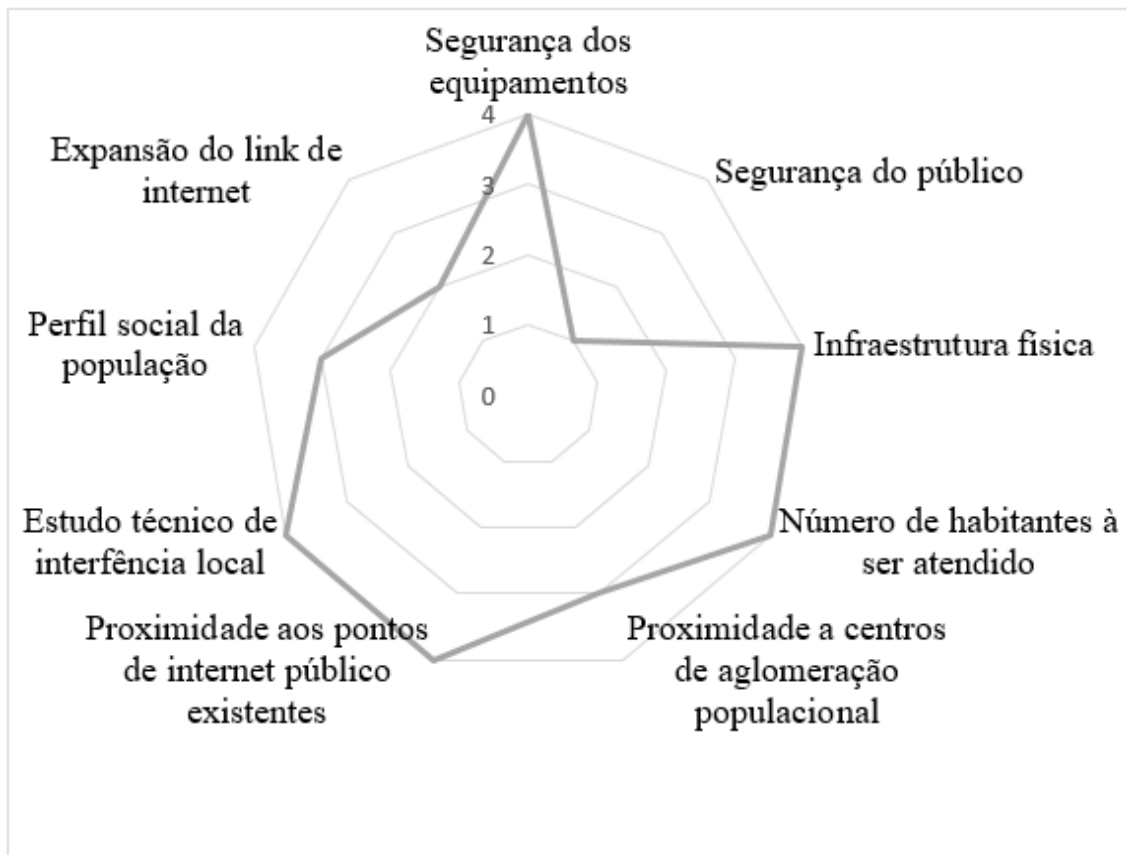
O objetivo deste trabalho foi a proposição de uma modelagem de decisão utilizando SIG e o método multicritério de análise hierárquica (AHP), subsidiando o

tomador de decisão na escolha do local, na cidade de Campos dos Goytacazes, para instalação de um ponto público de acesso à internet (*hotspots*).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Métodos para Levantamento dos Critérios

Para desenhar o modelo de decisão realizou-se uma revisão bibliográfica a partir do modelo *Webibliomining* proposto por Costa (2010), a qual objetiva auxiliar na seleção de um núcleo de partida de publicações para pesquisa bibliográfica. A partir desses resultados, o critério densidade demográfica se destaca na literatura entre os critérios mais utilizados na análise espacial. Alguns outros critérios foram mapeados e uma entrevista estruturada foi aplicada a um especialista externo ao projeto. O especialista externo consultado é graduado e mestre em computação, atua como consultor de TI, professor universitário e gerente de infraestrutura de TI de uma determinada companhia do governo municipal de uma determinada cidade no Estado do Espírito Santo. Aplicou-se também em momentos oportunos, dois questionários estruturados a um especialista interno ao projeto. O especialista interno foi o coordenador técnico do Centro de Informações e Dados de Campos (CIDAC) e realizou através do primeiro questionário uma análise de aderência entres os possíveis critérios (Figura 1), atribuindo os seguintes graus de importância: (1) Baixa Importância, (2) Média Importância, (3) Importante, (4) Muito Importante e (NA) Não aplicável ao tema.



**Figura 1.** Análise de aderência dos critérios

## 2.2. Método para desenho do modelo de decisão com SIG

Através do SIG, analisou-se várias camadas a partir dos bancos de dados espaciais do IBGE no formato *shapefile* (.shp), dentre elas a divisão política do Estado do Rio de Janeiro. Aplicou-se a ferramenta de seleção de feição na tabela de atributos, obtendo através da expressão "NM\_MUNICIP" = 'CAMPOS DOS GOYTACAZES' o código do município em estudo: 3301009. A mesma técnica permitiu identificar subsequentemente os distritos, subdistritos e setores censitários. As feições e atributos identificados geraram novas camadas que foram salvas em novos *shapefile* do município em questão. Uma vez gerados esses novos *shapefiles*, foram associados informações estatísticas disponíveis pelo IBGE. Foi trabalhado a variável do censo de 2010, Moradores particulares e domicílios coletivos, que contém a população por setor censitário (menor nível de desagregação do IBGE) do município. A partir desse ponto, por meio do SIG, foi possível agregar as informações, obtendo a população dos subdistritos e distritos do município, bem como, calcular a densidade demográfica dos mesmos.

A densidade demográfica auxiliou na seleção da área de estudo, no qual foi selecionada a área com maior população por km<sup>2</sup>. Para criação do mapa temático de densidade demográfica dos distritos e subdistritos, o primeiro passo foi a definição do número de classes. Para isso, calculou-se a fórmula de Sturges (1), onde k é o número de classes e N é o número de elementos observados na série (RAMOS; SANCHEZ, 2000).

$$k = 1 + 3,33 \log(N) \quad (1)$$

Após a definição do número de classes os seus intervalos foram criados pelo algoritmo de Jenks (quebras naturais), que demonstrou uma maior coerência na efetivação da análise proposta. Esse método permite a classificação dos recursos a partir de quebras naturais dos valores de dados, portanto, busca a melhor maneira para divisão dos intervalos de classes. (JENKS, 1963).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2)$$

$$SDAM = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \quad (3)$$

$$SDCM = \sum_{c=1}^K \sum_{i=1}^N (x_i - Z_c)^2 \quad (4)$$

$$GVF = \frac{(SDAM - SDCM)}{SDAM} \quad (5)$$

O subdistrito apresentou a maior densidade demográfica foi selecionado. A partir desta seleção foi gerada uma nova camada *shapefile*, utilizando a ferramenta de mesclagem de feições, agrupando os setores censitários por bairros. Devido a existência de pontos de acesso à internet nesta área, uma análise de abrangência dos bairros já contemplados se fez necessário para minimizar a sobreposição das áreas atendidas. Portanto, criou-se uma nova camada de pontos para representar os pontos de acesso à internet em funcionamento. Através do *plugin* MMQGIS do software QGIS, elaborou-se um mapa da área de influência (*buffer zone*) dos pontos. O raio da área de influência de 1 km levou em consideração o tempo médio de deslocamento a pé e de bicicleta de seis pontos de verificação (origem), localizados ao extremo das áreas de influência, até o ponto de acesso à internet mais próximo (destino), calculado através do Google Earth®. Posteriormente, os bairros não contemplados ou contemplados parcialmente (<50% do território) pela área de influência foram subdivididos pela

proximidade territorial, gerando novos polígonos através ferramenta de mesclagem de feições. Para cada polígono (aglomerado de bairros) calculou o centróide e em seguida mapeada a área de influência, ou *buffer* do centróide (0,5 km, 1 km e 1,5 km). Tal análise possibilitou avaliar o polígono com maior densidade demográfica, menor interseção com as áreas de influência dos pontos de acesso de internet existentes e menor tempo médio de deslocamento entre os pontos de verificação e o centroide.

A escolha das alternativas no aglomerado de bairros selecionado, levou em consideração as características que predominam nos pontos públicos de internet existentes, dentre os quais: 14 nas praças públicas, um em escola pública, um na rodoviária, uma na fundação e um na sede da prefeitura. Para a tomada de decisão de escolha das alternativas, dois fatores foram importantes: maior área de influência populacional e a proximidade ao centróide da área do estudo de caso. Uma nova camada de ponto foi criada e os pontos das alternativas foram alocados espacialmente.

Para avaliar a uniformização das oportunidades baseado em reduzir o tempo e custo de acesso ao serviço, a simulação do tempo médio de deslocamento ocorrerá a partir de quatro pontos de verificação inseridos no Google Earth Pro<sup>®</sup> e as rotas traçadas até o ponto alvo. Os tipos de deslocamento considerados são: a pé e de bicicleta.

### 2.3 Método para resolução do problema de decisão

O método AHP é um método de Apoio Multicritério à Decisão flexível e estruturado. Permite analisar e resolver problemas de decisão complexos, estruturando-os a partir de uma estrutura hierárquica (SAATY, 1980) que é composta do objetivo global, o nível mais alto a ser alcançado, em seguida realiza-se a decomposição do modelo em critérios, subcritérios e alternativas, os quais estabelecem uma hierarquia descendente (SAATY, 1987).

A etapa de comparação par a par ocorre entre os elementos de um nível hierárquico à luz de cada um dos elementos conexos da camada superior (COSTA, 2006, p. 45), numa abordagem *top-down*, reduzindo consideravelmente a complexidade conceitual do problema (BOROUSHAKI; MALCZEWSKI, 2008). Os fatores de preferências relativas utilizadas para comparação par a par dos elementos da estrutura hierárquica faz parte do processo de julgamento de valor pelos envolvidos (Tabela 1 na Figura 2) (SAATY, 1977). O resultado dessas comparações são matrizes de comparação ou decisão que expressam o grau de preferência entre os elementos (7 na Figura 2).

A partir das matrizes comparativas é necessário resumir as preferências de cada nível hierárquico abaixo do topo, atribuindo uma importância relativa. Essa etapa é alcançada a partir do cálculo do autovetor (8 na Figura 2) de cada matriz (7 na Figura 2) dos respectivos elementos que compõe um determinado nível hierárquico. O seu resultado possibilita a ordenação das prioridades pela normalização (9 na Figura 2) do autovetor. Com o vetor resultante da normalização é possível comparar os elementos a partir do seu grau de importância calculado.

A inconsistência no julgamento humano é inerente ao ser humano, influenciado internamente e/ou externamente ao processo decisório, agravando-o quando possui um grande número de julgadores (COSTA, 2006, p. 63-68). Para avaliar o grau de inconsistência, o índice de consistência pode ser calculado (11 na Figura 5). O  $Imax$  é o maior autovalor que é obtido a partir do autovetor normalizado (10 na Figura 5) e  $n$  representa o número de colunas da matriz  $A$ . Por conseguinte, Saaty (1980) propõe o uso da Razão de Consistência (RC) (12 na Figura 5), onde o IR (Tabela 2 na Figura 5) é um índice de consistência obtido para uma matriz recíproca, com elementos não negativos e gerada de forma randômica (COSTA, 2006, p. 68).

O axioma de Saaty (1980) propõe uma tolerância para aceitação do julgamento, a qual é concebida de tal forma que, se o RC < 0,10, há uma relação razoável de consistência na comparação par a par, contudo, se o RC ≥ 0,10, há uma relação de inconsistência, necessitando uma reavaliação da matriz comparativa dos julgamentos.

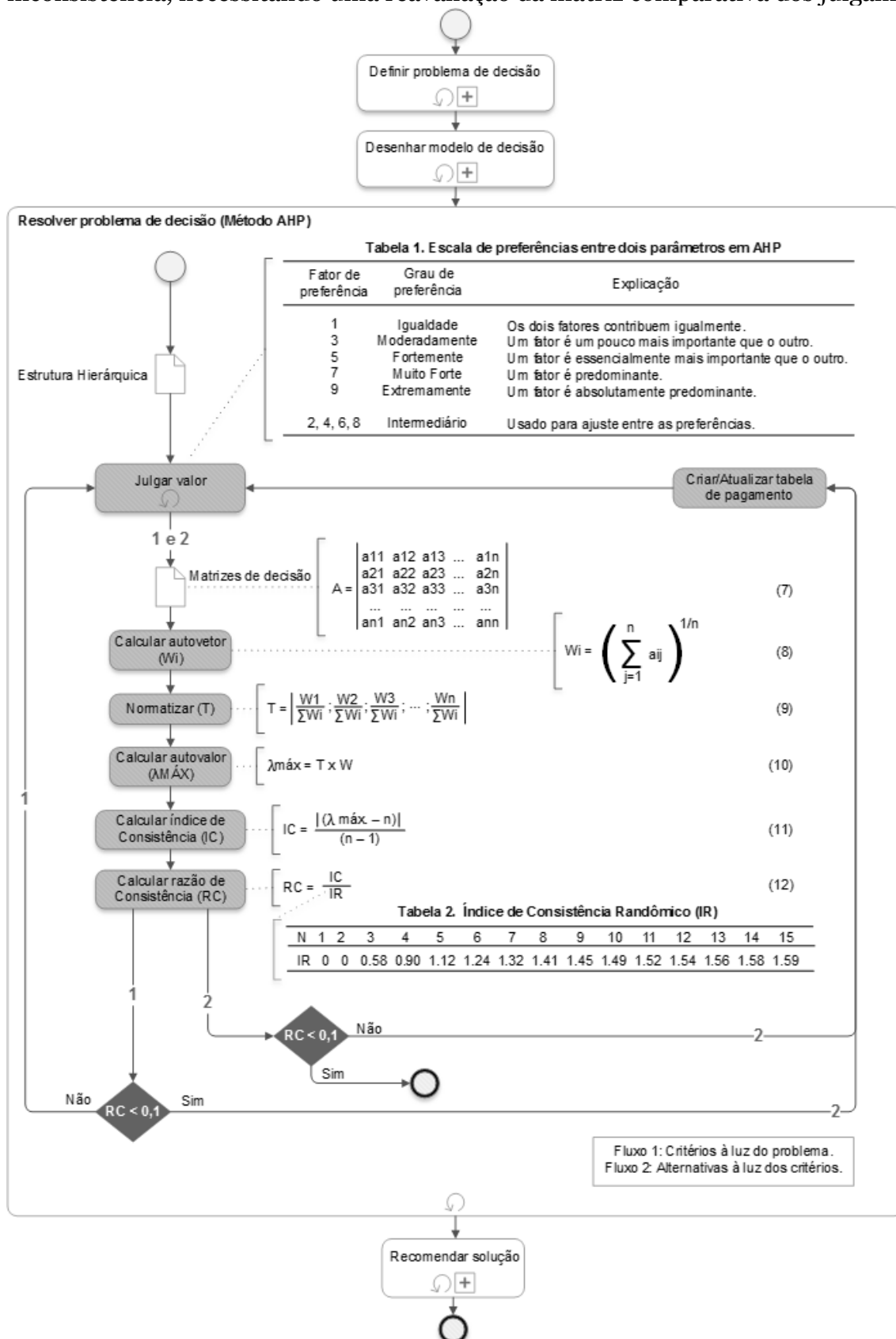
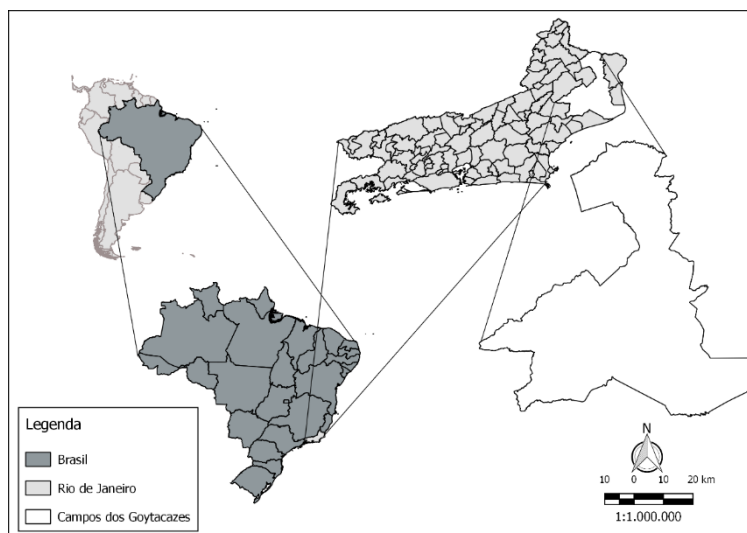


Figura 2. Fluxograma do método AHP.

### 3. RESULTADOS

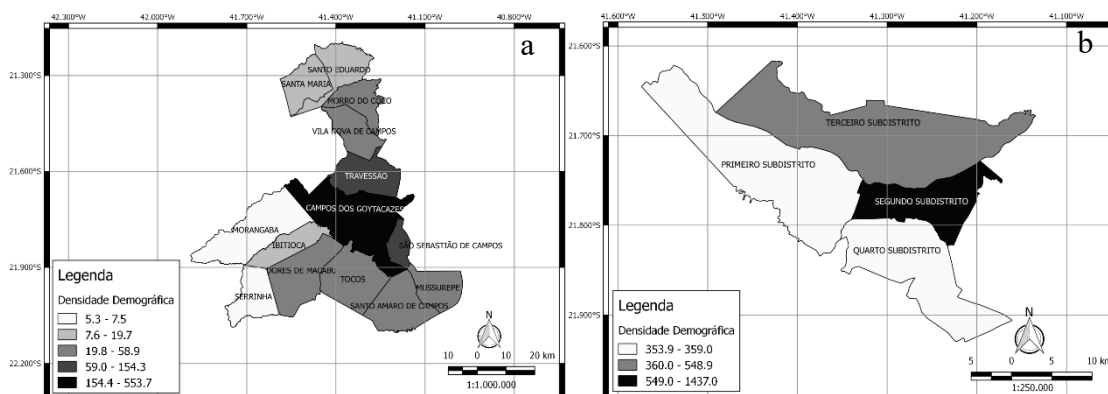
#### 3.1 Seleção da Área do Estudo de Caso

O município de Campos dos Goytacazes, situado na mesorregião Norte Fluminense, fica a aproximadamente 277 km da capital do Estado do Rio de Janeiro (Figura 3). Segundo o Censo 2010, o município possui 463.731 habitantes numa área de 4.026,696 km<sup>2</sup>. A densidade demográfica do município de Campos dos Goytacazes é de 115,16 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010c).



**Figura 3.** Localização do Município de Campos dos Goytacazes

O distrito Campos dos Goytacazes foi o contemplado para aplicação do estudo de caso por possuir a maior densidade demográfica (Figura 4a). Esse distrito é constituído por 77,8% da população municipal e é composta pela região de maior circulação devido ao amplo comércio, escolas, shopping, dentre outros. A análise apontou que o terceiro e o segundo subdistritos são os mais povoados, com 36,2% e 30,6% da população total, respectivamente. Logo o segundo subdistrito (Figura 4b) foi escolhido para a condução do estudo de caso.



**Figura 4.** Densidade Demográfica: (a) Distritos e (b) Subdistritos do Distrito Campos dos Goytacazes

Os locais atualmente contemplados com pontos de acesso à internet no segundo subdistrito foram avaliados (Figura 5). O bairro Centro possui o maior número de pontos de acesso à internet instalados, um total de quatro dos seis contemplados no



segundo subdistrito. Aproximadamente 29.007 habitantes, que representa que 26,3% da população, são atendidas pelos pontos de acesso em funcionamento dentro do raio de 1 km. Dentre os conjuntos de bairros analisados, expurgando os bairros contidos nas áreas de influência dos pontos de acesso à internet em funcionamento, uma área de bairros se destacou pela sua atratividade populacional. A população futura a ser atendida na área de influência de 1,5 km do seu centróide é de aproximadamente 33.922 habitantes, representando 41,8% da população dos bairros não contemplados.

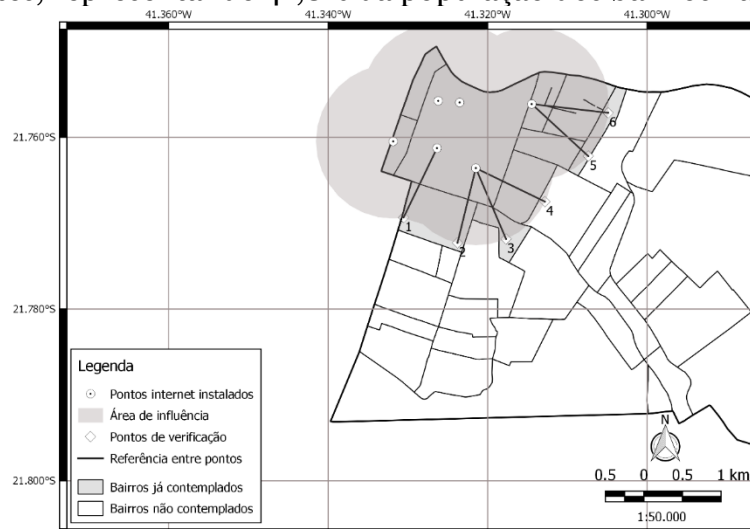


Figura 5. Área de influência dos pontos de acesso à internet em funcionamento.

### 3.2 Seleção dos Critérios

Diante os dados obtidos através da revisão bibliográfica, entrevista estruturada, questionários estruturados e da análise utilizada para escolha das alternativas, elaborou-se a estrutura hierárquica da problemática aqui proposta (Figura 6). Essa estrutura representa uma relação entre objetivos e atributos, que segundo Malczewski (2000) às vezes é referida como estrutura de valor.

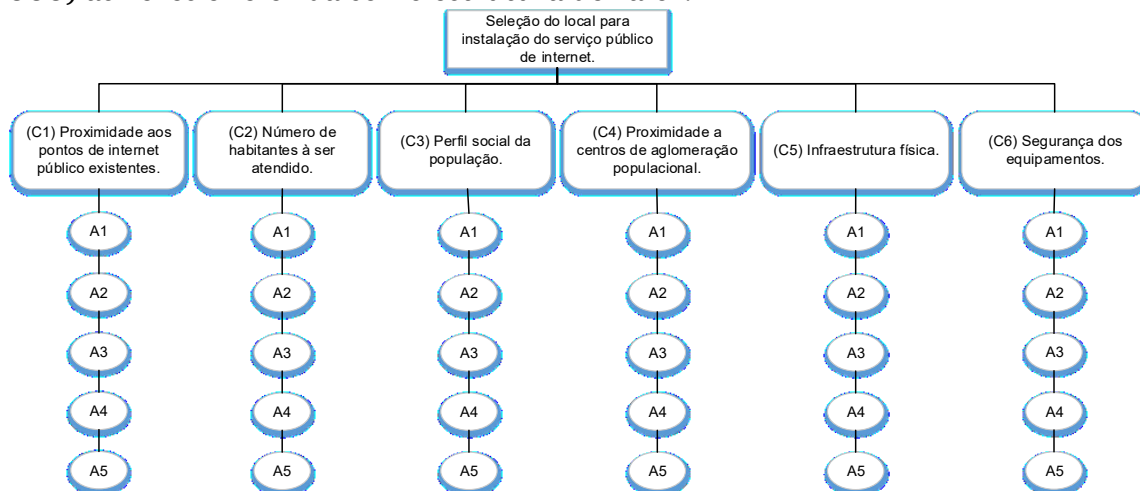


Figura 6. Estrutura hierárquica do problema proposto.

O critério segurança do público e expansão do link de internet receberam grau baixo por não possuir foco com o projeto. Os critérios selecionados para o estudo em questão foram: (C1) critério proximidade aos pontos de internet público existentes -

busca potencializar as alternativas mais distantes e depreciar as alternativas mais próximas. Para o (C2) número de habitantes à ser atendido - as alternativas mais próximas ao centróide foram potencializadas e as alternativas mais distantes depreciadas. No (C3) critério perfil social da população - as alternativas com a classe social E foi potencializada e a classe social A foi depreciada. Na (C4) proximidade a centros de aglomeração populacional - potencializou-se as alternativas com maior circulação de pessoas e depreciou-se as alternativas com menor circulação. A (C5) infraestrutura física – considerou que as alternativas com melhor infraestrutura possuem maior potencial e de pior infraestrutura foi depreciada. Para finalizar, (C6) na segurança dos equipamentos - as alternativas com alta segurança foram potencializadas e as alternativas com menor segurança foram depreciadas.

Foi aplicado, através do primeiro questionário, um modelo ofertado por Sato (2005) (Figura 7), o qual permite ao tomador de decisão visualizar de forma clara a comparação par a par dos critérios, estabelecendo assim a matriz de pesos dos critérios (Tabela 1).

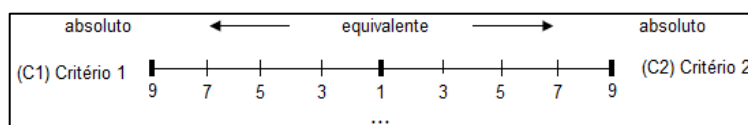


Figura 7. Exemplo questionário para o AHP, comparação par a par dos critérios.

### 3.3. Seleção das Alternativas

O método utilizado e as alternativas selecionadas (Figura 8) foram consideradas adequadas pelo especialista interno através da análise de aderência aplicada através do segundo questionário. Nenhuma sugestão de novos locais foi proposta.

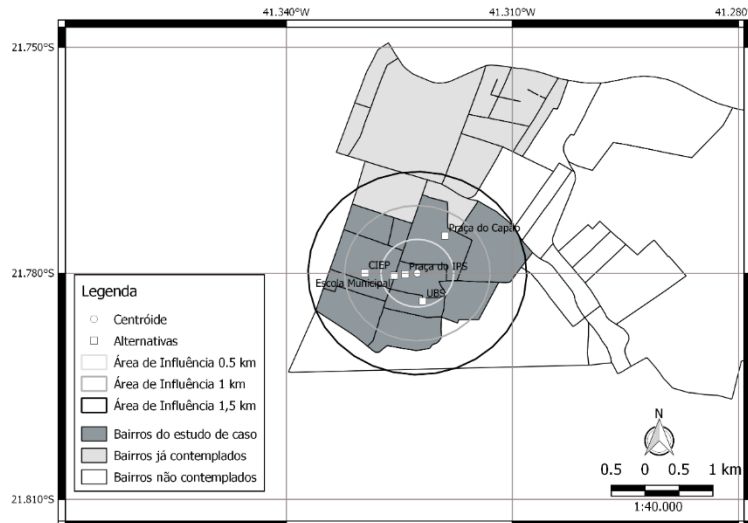


Figura 8. Centróide do grupo de bairros e sua área de influência, e alternativas.

Nesse mesmo questionário, o especialista interno, através da aplicação do modelo ofertado por Sato (2005), realizou uma comparação par a par das alternativas à luz de cada critério (Figura 9).

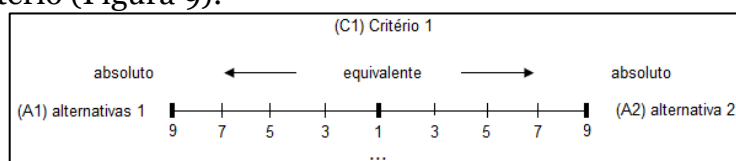


Figura 9. Exemplo questionário para o AHP, comparação par a par das alternativas.

### 3.4 Resolução do problema de decisão

A resolução do problema de decisão é fruto do desenho do modelo decisório, representado pelas matrizes de decisão, o RC e o elemento vencedor para cada matriz de decisão após aplicação dos dados no software IPÊ (COSTA, 2004).

Na Tabela 1 é apresentada a matriz de critérios e o resultado da análise par a par dos pesos dos critérios atribuído pelo especialista interno. O critério proximidade aos pontos de internet público existentes já instalados foi o vencedor, seguido do número de habitantes à ser atendido e perfil social da população. A Proximidade a centros de aglomeração populacional ficou em quarto lugar, infraestrutura física em quinto e no último lugar segurança dos equipamentos.

**Tabela 1.** Matriz dos critérios vencedores.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	%
C1	1	2	3	5	7	8	39,7
C2	1/2	1	2	4	6	7	27,0
C3	1/3	1/2	1	2	4	6	16,0
C4	1/5	1/4	1/2	1	2	4	9,0
C5	1/7	1/6	1/4	1/2	1	2	5,0
C6	1/8	1/7	1/6	1/4	1/2	1	3,0

Razão de consistência 0,022

Ao julgar as alternativas à luz de cada um dos critérios, observou-se que apenas a alternativa A4 é próxima aos pontos de acesso existentes. As alternativas A1 e A2 seriam as mais indicadas quanto ao critério “quantidade de pessoas atendidas” (C2). O critério “perfil da população atendida” (C3) não foi útil para discriminar as alternativas deste estudo de caso, indicando que todas as localidades são semelhantes, no entanto, é um critério importante a ser considerado em outros estudos cujas alternativas sejam divergentes quanto a esta característica. Quanto ao critério “localização” (C4) apenas a alternativa A2 foi desfavorecida. As alternativas A1 e A4 se destacaram na avaliação do critério (C5) “infraestrutura”. À luz do critério (C6) “segurança”, as alternativas A2 e A3 deveriam ser priorizadas (Figura 18). A alternativa escolhida venceu nos quatro critérios mais importantes a luz do problema. As razões de consistência das seis matrizes (Figura 10) atendem ao axioma da comparação recíproca proposto por Saaty (1980), pois ficaram abaixo de 0,1, indicando boa consistência nos julgamentos realizados.

<b>C1 - Proximidade dos pontos existentes</b>							<b>C2 - Quantidade de pessoas atendidas</b>						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1	1	5	1	23,8	A1	1	3	3	1	5	33,8
A2	1	1	1	5	1	23,8	A2	1/3	1	1	1/3	4	13,7
A3	1	1	1	5	1	23,8	A3	1/3	1	1	1/3	4	13,7
A4	1/5	1/5	1/5	1	1/5	4,8	A4	1	3	3	1	5	33,8
A5	1	1	1	5	1	23,8	A5	1/5	1/4	1/4	1/5	1	5,0
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,028						
<b>C3 - Perfil social da população</b>							<b>C4 - Proximidades a centro de aglomeração</b>						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1	1	1	1	20,0	A1	1	5	1	1	1	23,8
A2	1	1	1	1	1	20,0	A2	1/5	1	1/5	1/5	1/5	4,8
A3	1	1	1	1	1	20,0	A3	1	5	1	1	1	23,8
A4	1	1	1	1	1	20,0	A4	1	5	1	1	1	23,8
A5	1	1	1	1	1	20,0	A5	1	5	1	1	1	23,8
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,000						
<b>C5 - Infraestrutura física</b>							<b>C6 - Segurança dos equipamentos</b>						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1/6	1/6	6	1/6	5,0	A1	1	1/7	1/7	1	1/5	4,6
A2	6	1	1	6	1	30,0	A2	7	1	1	7	3	36,7
A3	6	1	1	6	1	30,0	A3	7	1	1	7	3	36,7
A4	1/6	1/6	1/6	1	1/6	5,0	A4	1	1/7	1/7	1	1/5	4,6
A5	6	1	1	6	1	30,0	A5	5	1/3	1/3	5	1	17,4
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,021						

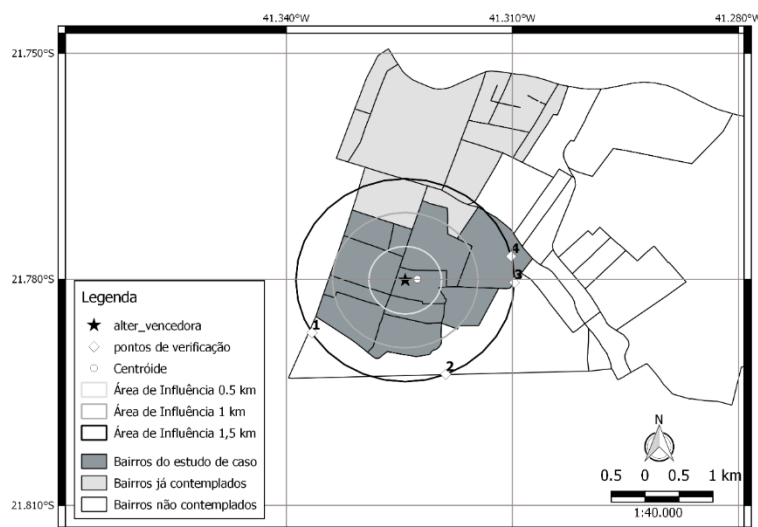
**Figura 10.** Matriz das alternativas à luz de cada critério

O resultado final obtido contemplou a Praça do IPS como vencedora para receber o serviço de internet público na região proposta no estudo de caso (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resultado da prioridade global do método AHP.

Id	Locais	%
A1	Praça do IPS	24,3
A2	Escola Municipal	19,5
A3	CIEP	21,2
A4	Praça do Capão	16,8
A5	Unidade básica de atendimento	18,3

Para avaliar a funcionalidade da solução apontada pelo método AHP (Tabela 2) - Praça do IPS – foi realizada uma simulação de acessibilidade a partir de quatro pontos próximos ao local com distância máxima de 1,5 km (Figura 11).



**Figura 11.** Área de influência do local vencedor.

Este levantamento possibilitou a análise do tempo de deslocamento a pé e de bicicleta até o local escolhido (latitude 21°46'48.45"S e longitude 41°19'27.18"O). O tempo médio de deslocamento a pé e de bicicleta foram de 24,3 minutos e 6,8 minutos, respectivamente. O tempo médio de deslocamento dos pontos existentes, a pé é de 17,3 minutos e de bicicleta é de 6 minutos, segundo dado obtido através do Google Earth®, a partir dos 6 pontos de verificação.

## 4. DISCUSSÃO

A densidade demográfica é amplamente utilizada como critério em diversos trabalhos com variadas abordagens. Essas abordagens vão da seleção de locais para instalação de sistemas híbridos de energia eólica e ondas (VASILEIOU, LOUKOGEORGAKI; VAGIONA, 2017), avaliação da capacidade ambiental para escolha do local de instalação de usinas nucleares (BARZEHKAR; DINAN; SALEMI, 2016), mapeamento das áreas de risco de incêndio (CHAUDHARY et al., 2016, HABIBI; LOTFI; KOOHSARI, 2008), seleção do local para instalação de hospital (VAHIDNIA; ALESHEIKH; ALIMOHAMMADI, 2009), avaliar a área adequada para instalação de parques públicos (CHANDIO et al., 2011), seleção de locais para instalação de aterros (AYDI; ZAIRI; DHIA, 2013, DONEVSKA et al., 2012), dentre outros.

As ferramentas de análise espacial SIG foram fundamentais para esse estudo. A análise da área de influência, tanto dos pontos de acesso à internet instalados como na alternativa vencedora, permitiu uma visualização espacial facilitando a tomada de decisão. O uso da ferramenta de cálculo das áreas dos polígonos e manipulação de tabelas, possibilitou o cálculo da densidade demográfica. A análise do tempo de deslocamento a partir dos pontos de verificação possibilitou avaliar a efetividade dos pontos de acesso já instalados e da alternativa vencedora. O uso da densidade demográfica, área de influência (*buffer zone*) e o tempo de deslocamento podem ser vistos em outros trabalhos, como por exemplo a escolha do local para instalação de um hospital (VAHIDNIA; ALESHEIKH; ALIMOHAMMADI, 2009). A acessibilidade mensurada a partir do tempo de deslocamento também é abordada em outros estudos (MITROPOULOS et al., 2006).

Os critérios, proximidade aos pontos de internet público existentes (C1), número de habitantes à ser atendido (C2), perfil social da população (C3) e

proximidade a centros de aglomeração populacional (C4), podem ser representados espacialmente. A distância para os serviços existentes pode ser visto na literatura nos trabalhos para seleção de locais para instalação de um novo hospital (VAHIDNIA, ALESHEIKH and ALIMOHAMMADI, 2009) (ELDEMIR; ONDEN, 2016). O número de habitantes à ser atendido varia da maximização a minimização, conforme o objeto da pesquisa (LI et al., 2017) (VASILEIOU, LOUKOGEORGAKI; VAGIONA, 2017). Alguns outros trabalhos utilizam o perfil social da população como critérios socioeconômico (CHANDIO et al., 2011). Para instalação de alguns serviços avaliar a proximidade a centros de aglomeração populacional é importante no processo decisório (KÜHMAIER; KANZIAN; STAMPFER, 2014, CHABUK et al., 2017). A utilização de técnicas implementadas no SIG possibilitaria a criação de mapas temáticos para cada critério, os quais poderiam ser avaliados pelos especialistas, sinalizando se deve maximizar ou minimizar cada qual.

A proximidade dos bairros evidencia que o critério perfil social da população, na percepção do especialista interno, demonstrou não ser tão adequado ao processo aqui proposto. Tal critério poderia ser melhor aproveitado em estudos voltados para a seleção de um novo estudo de caso, não sendo foco deste estudo, porém a aplicação é viável para futuras pesquisas, conforme sugestão do especialista interno.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo buscou modelar o problema a partir integração de quatro métodos: revisão bibliográfica, entrevista e questionários, SIG e multicritério. A aplicação de questionários aos especialistas (interno e externo ao projeto) foi essencial para o levantamento e validação dos critérios referenciados pela bibliografia e seus respectivos pesos. O SIG foi utilizado para realizar a análise espacial do município de Campos dos Goytacazes, RJ, definir as alternativas de ação e a efetividade da escolha (acessibilidade ao local). Por fim, o método AHP convergiu os dados obtidos pelas ferramentas anteriores para definir o local para receber o serviço de internet público. O uso destas metodologias conjugadas foi útil para subsidiar de forma contundente o processo decisório.

A utilização de dados espaciais no processo decisório demonstra sua viabilidade e o estudo demonstrou um fluxo de trabalho eficiente na modelagem do problema a partir da premissa densidade demográfica. O resultado é operacional para atender ao problema proposto e também útil para os gestores e planejadores que trabalham em governos locais.

A sistemática adotada neste trabalho, a partir da integração dos métodos multicritérios e SIG, empregados conjuntamente para a escolha do local público para receber o serviço de internet, possibilitou a recomendação de uma solução, amparada em métodos quantitativos e qualitativos, ao tomador de decisão, propiciando *insights* e compreensão do processo decisório.

Os critérios usados no modelo, levantados na bibliografia e posteriormente validados pelos especialistas, foram essenciais para embasar o processo decisório. O critério densidade demográfica, por exemplo, é amplamente utilizado e aplicável a proposta aqui apresentada com o auxílio do SIG. A consulta aos especialistas foi importante para a ponderação dos pesos dos critérios, minimizando ao máximo a subjetividade nesta etapa da modelagem, que deve ser subsidiada por métodos quantitativos.

A modelagem do problema a partir da integração dos métodos demonstrou sua efetividade na escolha do local. O entorno da praça do IPS é composto de ciclovias, pontos de ônibus, igrejas e comércio. O uso do centróide é uma alternativa

para redução do tempo e custo de acesso ao serviço. A equidade fundamentada na uniformização das oportunidades, a partir da disponibilidade de um serviço espacialmente justo, reduzindo as desigualdades no tempo e custo de acesso ao serviço à população atendida.

### REFERÊNCIAS

AYDI, A.; ZAIRI, M.; DHIA, H. B. Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment. **Environmental Earth Sciences**, v. 68, n. 5, p. 1375–1389, mar. 2013.

BAKICI, T.; ALMIRALL, E.; WAREHAM, J. A Smart City Initiative: the Case of Barcelona. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 4, n. 2, p. 135–148, jun. 2013.

BARCELOS, F. B.; PIZZOLATO, N. D.; LORENA, L. A. N. Localização de escolas do ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória/ES. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, abr. 2004.

BARZEHKAR, M.; DINAN, N. M.; SALEMI, A. Environmental capability evaluation for nuclear power plant site selection: a case study of Sahar Khiz Region in Gilan Province, Iran. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 12, jun. 2016.

BATTY, M. et al. Smart cities of the future. **The European Physical Journal Special Topics**, v. 214, n. 1, p. 481–518, nov. 2012.

BOROUSHAKI, S.; MALCZEWSKI, J. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. **Computers & Geosciences**, v. 34, n. 4, p. 399–410, abr. 2008.

BRASIL. **Minha Cidade Inteligente - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. Disponível em: <<http://www2.mcti.gov.br/index.php/2016-11-29-22-24-23/cidade-inteligente>>. Acesso em: 5 out. 2016.

CHABUK, A. J. et al. GIS-based assessment of combined AHP and SAW methods for selecting suitable sites for landfill in Al-Musayiab Qadhaa, Babylon, Iraq. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 5, mar. 2017.

CHANDIO, I. A. et al. GIS- based Land Suitability Analysis Using AHP for Public Parks Planning in Larkana City. **Modern Applied Science**, v. 5, n. 4, 3 ago. 2011.

CHAUDHARY, P. et al. Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 53, p. 60–71, mar. 2016.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL – CGI.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros – TIC Domicílios 2015**. Coord. Alexandre F. Barbosa. São Paulo: CGI. br: Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, 2016. Disponível em: <[http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC\\_Dom\\_2015\\_LIVRO\\_ELETRONICO.pdf](http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Dom_2015_LIVRO_ELETRONICO.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2017.

COSTA, H. G. **IPÊ 1.0: guia do usuário. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 2004.** Disponível em: <<http://docplayer.com.br/11571375-Ipe-1-0-guia-do-usuario-helder-gomes-costa-universidade-federal-fluminense-departamento-de-engenharia-de-producao-hgc-vm-uff-br.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

COSTA, H. G. Modelo de webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista FAE**, v. 13, n. 1, p. 115–126, jun. 2010.

DONEVSKA, K. R. et al. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. **Environmental Earth Sciences**, v. 67, n. 1, p. 121–131, set. 2012.

ELDEMIR, F.; ONDEN, I. Geographical Information Systems and Multicriteria Decisions Integration Approach for Hospital Location Selection. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 15, n. 05, p. 975–997, Maio 2016.

FRAILE, A. et al. Decision model for siting transport and logistic facilities in urban environments: A methodological approach. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 291, p. 478–487, jan. 2016.

GRUEN, A. SMART Cities: The need for spatial intelligence. **Geo-spatial Information Science**, v. 16, n. 1, p. 3–6, 1 mar. 2013.

HABIBI, K.; LOTFI, S.; KOOHSARI, M. J. Spatial Analysis of Urban Fire Station Locations by Integrating AHP Model and IO Logic Using GIS (A Case Study of Zone 6 of Tehran). **Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 19, p. 3302–3315, 1 dez. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha de Setores Censitários 2010 – Divisões Intramunicipais. 2010.** Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_de\\_setores\\_censitarios\\_\\_divisoes\\_intramunicipais/censo\\_2010/setores\\_censitarios\\_s\\_hp/rj](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios__divisoes_intramunicipais/censo_2010/setores_censitarios_s_hp/rj)>. Acesso em: 4 abr. 2017a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Resultados do Universo – Agregados por Setores Censitários. 2010.** Disponível em: <[http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Resultados\\_do\\_Universo/Agregados\\_por\\_Setores\\_Censitarios/RJ\\_20150527.zip](http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/RJ_20150527.zip)>. Acesso em: 4 abr. 2017b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Canal Cidades@. 2010.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3301009>>. Acesso em: 12 jun. 2015c.

JENKS, G. F. GENERALIZATION IN STATISTICAL MAPPING. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 53, n. 1, p. 15–26, mar. 1963.

KÜHMAIER, M.; KANZIAN, C.; STAMPFER, K. Identification of potential energy wood terminal locations using a spatial multicriteria decision analysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 66, p. 337–347, jul. 2014.



MAHIZHNAN, A. Smart cities: The Singapore case. **Cities**, v. 16, n. 1, p. 13–18, fev. 1999.

MALCZEWSKI, J. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. **Transactions in GIS**, v. 4, n. 1, p. 5–22, jan. 2000.

RAMOS, C. DA S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática= Methodological study of classification of data for thematic cartography. **Geografia, Rio Claro**, v. 25, n. 2, p. 23–52, ago 2000.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, jun. 1977.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SATO, Y. **Questionnaire design for survey research: employing weighting method**. . In: ISAHP 2005 – VIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. Honolulu, Hawaii: 2005

SIMPSON, L.; DAWS, L.; PINI, B. Public internet access revisited. **Telecommunications Policy**, v. 28, n. 3–4, p. 323–337, abr. 2004.

SORJ, B.; GUEDES, L. E. Exclusão digital: problemas conceituais, evidências empíricas e políticas públicas. **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 72, p. 101–117, jul. 2005.

VAHIDNIA, M. H.; ALESHEIKH, A. A.; ALIMOHAMMADI, A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 10, p. 3048–3056, jul. 2009.

VASILEIOU, M.; LOUKOGEORGAKI, E.; VAGIONA, D. G. GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems in Greece. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 745–757, jun. 2017.

*Submetido em 17/10/2018*  
*Aprovado em 01/11/2018*

### **Sobre o(s) Autor(es):**

#### **Eraldo Natalício Ferreira Pinto Júnior**

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Candido Mendes (2006), especialista em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (2009) e mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional pela Universidade Candido Mendes (2017). Atualmente é coordenador técnico de planejamento e desenvolvimento de software na CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos. Tem experiência na área de Gestão e Governança em Tecnologia da Informação.

Email: eraldojr@gmail.com

### **Fábio Freitas da Silva**

Possui Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes. Doutorando em Planejamento Regional e Gestão da Cidade.

Email: fabio1\_freitas@hotmail.com

### **Ítalo Oliveira Matias**

Possui Bacharelado em Ciências da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (1998). Mestrado na COPPE em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001) na área de Computação Gráfica. Doutorado na COPPE em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007) na área de Sistemas Computacionais. Pós-Doutorado em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Norte-Fluminense (2011). É professor titular da Universidade Candido Mendes (Campos dos Goytacazes) onde atua na área de Inteligência Computacional e Processamento de Imagens digitais. É Pesquisador pelo LES/PUC-Rio na área de Visualização Científica e Inteligência Computacional. no qual trabalha em um projeto GeoCientífico.

Email: italo@ucam-campos.br

### **Cláudio Luiz Melo de Souza**

possui Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF, 2001) e Mestrado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ, 1997), onde também se graduou em Ciências Agrícolas (UFRRJ, 1994). Possui pós-graduação Lato Sensu em Engenharia de Produção; Matemática Financeira e Estatística. Foi Diretor do Instituto Superior de Tecnologia de Campos da FAETEC por duas gestões de 2003-2011. Em 20012 foi cedido ao setor de Estatística do Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Norte Fluminense onde leciona ao nível de graduação as disciplinas Estatística Básica e experimental e para o Mestrado e Doutorado em Produção Vegetal, Genética e Melhoramento e Ciência Animal a disciplina Estatística Aplicada I.

Email: claudiomelo.edu@gmail.com

### **Milton Erthal Jr**

Email: miltonerthal@hotmail.com