

CIDADES INTELIGENTES: Proposição de um Modelo Avaliativo de Prontidão de Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicáveis à Gestão Urbana

MARCOS CESAR WEISS
MRW BRASIL CONSULTORIA EM INFORMÁTICA
mw@marcosweiss.com.br

ROBERTO CARLOS BERNARDES
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL INACIANA PE SABÓIA DE MEDEIROS (FEI)
bernardes@fei.edu.br

CIDADES INTELIGENTES: Proposição de um Modelo Avaliativo de Prontidão de Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicáveis à Gestão Urbana

RESUMO

As cidades inteligentes fazem uso intensivo das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para elevar a eficiência de suas capacidades organizacionais, promover a qualidade da infraestrutura e dos serviços públicos e potencializar suas habilidades competitivas. Avaliar se uma cidade pode ser classificada como inteligente a partir da implementação de TIC no âmbito do governo local torna-se relevante. Esse trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de avaliação de prontidão para as TIC aplicáveis à gestão urbana, a fim de confirmar se uma cidade conta com os componentes tecnológicos mínimos para se qualificar ao status de “inteligente”. A resolução do modelo proposto se dá por meio da análise de categorias correspondentes a seis domínios (sistemas urbanos) e suas trinta e seis dimensões (subsistemas urbanos), caracterizadas por escalas evolutivas específicas para cada dimensão e, posteriormente, pelas interações possíveis entre tais dimensões. O modelo foi aplicado em quatro cidades do estado de São Paulo: Barueri, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba. Os resultados indicaram a pertinência e aplicabilidade do modelo que analisou individualmente e comparativamente os estágios de prontidão das TIC das cidades escolhidas para o estudo. No campo metodológico, busca-se contribuir por meio da complementação às abordagens internacionais discutidas nesse trabalho, mas com foco específico na verificação das TIC para a gestão das cidades.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes; Inovação em Gestão Urbana; Modelo Avaliativo de Cidades Inteligentes.

ABSTRACT

Smart Cities make intensive use of information and communication technologies (ICT) to increase the efficiency of their organizational capacities, promote the quality of the public infrastructure and public services, and strengthen their competitive capabilities. To evaluate if a city can be described as a smart city from the implementation of ICT within local government becomes relevant. This paper aims to present a model for assessing the readiness for ICT applicable to the urban management in order to confirm if a city has the minimum technological components to be qualified as “smart”. The dynamics of solving the model occurs through the analysis of categories corresponding to six domains (urban systems) and its thirty-six dimensions (urban subsystems), characterized by evolutionary scales specific to each dimension and, later, by the possible interactions between such dimensions analyzed. The model was applied in four cities of the state of São Paulo: Barueri, Santos, São Bernardo do Campo and Sorocaba. The results indicated the pertinence and applicability of the model that identified and analyzed individually and comparatively the stages of ICT readiness of the cities chosen for the study. For the methodological field, it is sought to contribute through the complementation to the international approaches known, but with a specific focus on the verification of ICT for city management.

Key words: Smart Cities; Innovation in Public Management; Smart Cities Evaluation Model.

1. INTRODUÇÃO

As projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), sinalizam que em 2050 a população mundial terá ultrapassado dos atuais 7,3 bilhões para 9,5 bilhões de pessoas, sendo que 6,3 bilhões estarão vivendo em cidades (ONU, 2014) que estarão de forma inexorável, competindo por mercados e pela atração de atores qualificados, enfrentando o esgotamento dos recursos naturais e a obsolescência das infraestruturas públicas para além das pressões por atendimento às necessidades e aspirações por qualidade de vida de suas populações.

O contexto de desafios institucionais e operacionais aos quais estão sujeitas as cidades, faz com que as inovações em TIC figurem como vetor crítico para o incremento da interação e integração entre os atores sociais, oferecendo às cidades os meios para o aperfeiçoamento da governança da ação governamental (Nam & Pardo, 2011); para a promoção da eficiência no planejamento e gerenciamento das infraestruturas públicas e prestação de serviços (Batagan, 2011; Grant & Royle, 2011; Hernández-Muñoz et al., 2011; Komninos et al., 2011; Meier, Ulferts & Howard, 2011; Pallot et al., 2011; Chourabi et al., 2012;). Ademais, cidades distantes geograficamente podem estreitar suas relações por meio das fronteiras digitais, alicerçando e promovendo novas formas de colaboração, considerando essa perspectiva inclusive em suas estratégias de políticas local e global (Trenosa & Gertner, 2012).

Sob uma perspectiva crítica, muitas cidades propagam serem portadoras de um padrão de gestão urbana inteligente porque dispõem de determinados componentes tecnológicos e disso lançam mão como um tipo de estratégia de ‘marketing’ próprio da administração, para se posicionarem como cidade inteligente. (Wolfram, 2012; Zygiaris, 2013) Se as abordagens sobre as cidades inteligentes estão fortemente calcadas nas experiências de cidades localizadas nos países desenvolvidos, onde restrições na infraestrutura básica de comunicações e nos sistemas elementares de gestão já foram vencidas, tal paradigma não se apresenta como necessariamente verdadeiro para as cidades de países emergentes ou em desenvolvimento, como o Brasil e os países de América Latina particularmente. O problema de pesquisa que se coloca, portanto, é: *qual o padrão de gestão de uso e a natureza das TIC empregadas pelo poder público que habilitam uma cidade a ser classificada como uma cidade inteligente?*

De forma a responder a essa questão, a partir de uma análise sobre as principais metodologias consolidadas *Smart Cities Ranking* (Giffinger e Gudrun Haindlmaier, 2010); *Smart Cities Integrative Framework* (Hafedh Chourabi e outros, 2012), *Smart Cities Readiness Guide* (Smart Cities Council, 2013), *Smart Cities Maturity Model* (Scottish Cities Alliance, 2015), desenvolveu-se um modelo avaliativo de prontidão das TIC aplicáveis à gestão urbana de forma a que se possa qualificar uma cidade como cidade inteligente. O modelo proposto foi aplicado em quatro cidades no estado de São Paulo – Barueri, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba -, tendo se mostrado válido para avaliações individuais e comparadas.

A principal contribuição acadêmica e teórica desse estudo é a metodológica, ao se buscar contribuir com a proposição de uma abordagem original e complementar aos principais modelos internacionais utilizados, mas considerando as suas singularidades de adaptação à realidade de gestão das cidades brasileiras. O trabalho está organizado em cinco seções. Além dessa introdução, a segunda seção aborda aspectos teóricos acerca do tema cidades inteligentes, contextualizando o cenário de tecnologias aplicáveis à gestão das cidades. A terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos, descrevendo o modelo avaliativo empregado na pesquisa. A quarta seção é dedicada a apresentação e discussão dos resultados individuais e comparados obtidos pela aplicação do modelo nas cidades de Barueri, Santos, São Bernardo e Sorocaba, todas no Estado de São Paulo. Por fim, a quinta seção é dedicada às considerações finais, limitações e sugestões para futuros estudos.

2. CIDADES INTELIGENTES: CONCEITUAÇÃO E MODELOS AVALIATIVOS

Para vários autores, as cidades inteligentes podem ser concebidas como aquelas capazes de incorporar a infraestrutura digital, plataformas tecnológicas e sistemas de informações em uma arquitetura tecnológica integrada a uma arquitetura empresarial direcionada pelos vetores de governança, criação de valor para cidadãos e empresas, posicionamento competitivo, geração de conhecimento e fomento à inovação, estímulo ao surgimento de indústrias criativas, liderança em ambiente de negócios, inclusão social, sustentabilidade ambiental e aprimoramento constante do capital humano (Giffinger & Haindlmaier, 2010; Washburn et al., 2010; Nam & Pardo, 2011; Allwinkle & Cruickshank, 2011; Barrionuevo et al., 2012; Chourabi

et al., 2012; Kourtit, Nijkamp & Arribas, 2012; Kourtit & Nijkamp, 2012; Lazaroiu & Roscia, 2012; Lombardi et al., 2012; Pol et al., 2012; Lee, Phaal & Lee, 2013; Zygiaris, 2013; Neirotti et al., 2014; Marsal-Llacuna et al., 2015; Belanche, Casalé & Orús, 2016; Navarro, Ruiz & Peña, 2017).

As abordagens teóricas mais amplas consideram que as TIC têm para as cidades a mesma criticidade que têm para as organizações da iniciativa privada, na medida que se prestam de igual forma à melhoria da produtividade, automação de processos administrativos, controles mais adequados e suporte aos processos decisórios (Neirotti et al., 2014). Nessa mesma direção, Angelidou (2015) e Weziak-Bialowolska (2016) asseveram que as cidades devem se valer da promissora eficiência e excelência que as TIC proporcionam para incrementar a qualidade de seus sistemas urbanos, se destacando no cenário global para alcançar desenvolvimento econômico e atração de investimentos, qualidade de vida, inclusão social e notoriedade.

Uma definição comum do termo cidade inteligente tende a ser útil de forma a que os formuladores de políticas públicas - principalmente aquelas voltadas para o ambiente urbano - possam instituir caminhos que tornem as cidades efetivamente inteligentes. Para os efeitos desse trabalho, tem-se a cidade inteligente como “aquela que realiza a implementação de tecnologias da informação e comunicação – TIC - de forma a transformar positivamente os padrões de organização, aprendizagem, gerenciamento da infraestrutura e prestação de serviços públicos, promovendo práticas de gestão urbana mais eficientes em benefício dos atores sociais, resguardadas suas vocações históricas e características culturais” (Weiss, 2016: 68).

Um fator chave para as cidades inteligentes é a possibilidade de instrumentação capaz de tornar visível o invisível, em substituição às abstrações estatísticas utilizadas para a compreensão do que pode estar acontecendo. As soluções de TIC para a viabilização de cidades inteligentes são inúmeras e estão disponíveis para serem implementadas, resguardadas as necessidades específicas de cada cidade e de seus atores, como sugerido na Figura 1.

Figura 1 - Caracterização da evolução das TIC aplicadas à gestão das cidades.



Fonte: Autor “adaptado de” Weiss, Bernardes e Consoni, 2015.

Nessa perspectiva, as cidades inteligentes devem ir além das cidades digitais primando pela coesão entre tecnologia e conhecimento, de forma a alimentar planos estratégicos e

políticas exequíveis e que representem resultados que podem ser observados, capitalizados e usufruídos por longo tempo. Neste contexto, não são as tecnologias mais avançadas ou componentes de alta complexidade que determinam a inteligência da cidade, mas aquelas que tenham como centro de sua abordagem a otimização dos recursos econômicos, a melhoria do ambiente de negócios, a proteção ambiental e o bem-estar dos cidadãos (Marsal-Llacuna & Segal, 2016; Anthopoulos, 2017; Ahvenniemi, Huovila, Pinto-Seppä, & Airaksinen, 2017).

As inovações em TIC para a gestão das cidades surgem a cada dia. Elas estão permanentemente aprimorando as práticas de realização de negócios e de produção, incrementando as interações sociais e transformando as relações entre governos, empresas, academia e cidadãos, enquanto promovem uma cultura de transparência e a exigência por infraestruturas e serviços públicos adequados e de qualidade (Roman, 2010; Dutta et al., 2011).

No debate sobre o tema cidades inteligentes é evidenciado que as TIC são fundamentais para a sua realização. Para Lombardi et al. (2012), dada a amplitude e profundidade que envolve o tema, não é trivial determinar quão bem exploradas são essas tecnologias de forma a entregar os benefícios esperados pelos atores. Assim como há diferentes definições e diferentes métricas, há também modelos avaliativos que têm sido propostos com o intuito de demonstrar quais são as efetivas características e como se comportam as cidades inteligentes, comparativamente com outras cidades. Cada um desses modelos, a seu termo, caracteriza-se como ferramenta razoável para compreender e aferir as iniciativas e tem sido desenvolvido, mantido e aplicado em determinados cenários geográficos, culturais e econômicos.

Os principais modelos - *Smart Cities Ranking* (Giffinger & Haindlmaier, 2010); *Smart Cities Integrative Framework* (Chourabi et al., 2012); *Smart Cities Readiness Guide* (Smart Cities Council, 2013); *Smart Cities Maturity Model* (Scottish Cities Alliance, 2015) – são oriundos da Europa e Estados Unidos e, embora possam ser aplicados em diferentes contextos, levam em consideração que determinados desafios das cidades, como a própria infraestrutura de TIC, já estão de longo tempo vencidos e, portanto, partem desses pressupostos para avançar em outras direções. Sumarizar os principais direcionadores de interesse de cada modelo, propõe-se o Quadro 1 em que a análise comparativa parte da premissa de que as TIC são as principais ferramentas viabilizadoras das cidades inteligentes, englobando desde a administração pública até a disponibilização de serviços digitais, sempre com vistas à melhoria da qualidade de vida das pessoas até o desenvolvimento de capacidades e ambientes de negócios adequados.

Quadro 1 - Análise comparativa entre os modelos de avaliação de cidades inteligentes.

Aspectos de comparação	Smart Cities Ranking	Smart Cities Integrative Framework	Smart Cities Readiness Guide	Smart Cities Maturity Model
Importância das TIC para o modelo avaliativo	Alta	Alta	Alta	Alta
Materialização do conceito por meio das TIC	Média	Média	Alta	Alta
Áreas-chaves de aplicação das TIC (onde aplicar)	Média	Baixa	Alta	Alta
Funcionalidades esperadas das TIC (o que aplicar)	Baixa	Baixa	Média	Média
Orientação para um plano de adoção e implantação	Baixa	Baixa	Média	Baixa
Métricas e indicadores de TIC da cidade inteligente	Média	Baixa	Baixa	Baixa
Participação do governo na formulação do modelo	Não	Não	Sim	Sim
Participação da academia na formulação do modelo	Sim	Sim	Sim	Sim
Participação da indústria na formulação do modelo	Não	Não	Sim	Sim

Fonte: Autores “adaptado de” Weiss, 2016.

Observa-se que esses modelos guardam similaridades entre si em termos de abordagem estratégica e objetivo primário: posicionamento das TIC como meios para incrementar a competitividade das cidades, melhoria das condições de vida e do ambiente de negócios. Eles

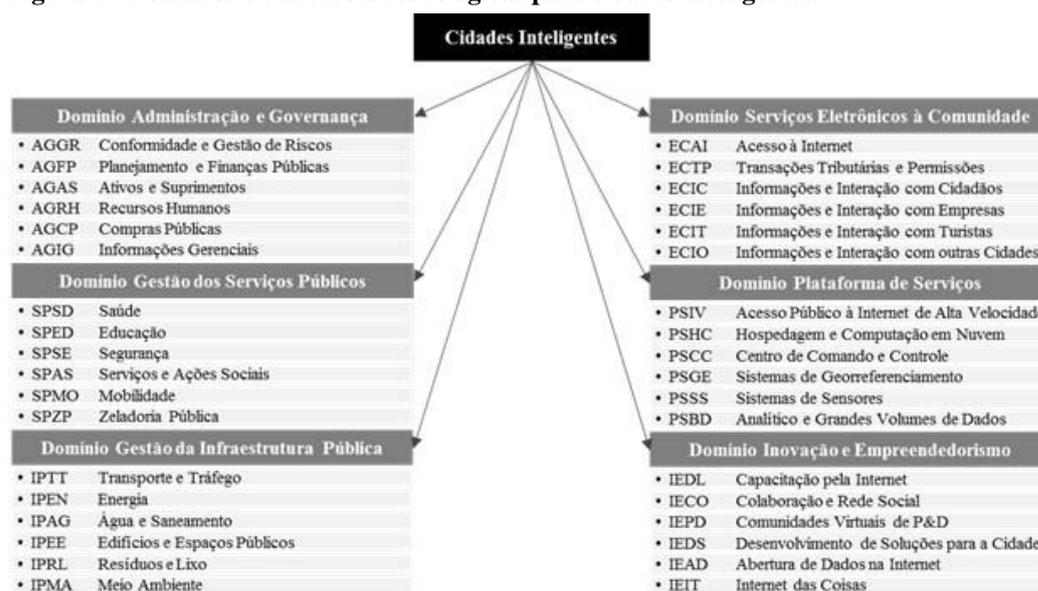
reconhecem a importância e contemplam as TIC como aspectos avaliados, com menor ou maior profundidade, mas, em todos os casos, de forma genérica e sem ingressar nos aspectos funcionais e integrativos dessas tecnologias. A análise também mostra uma lacuna a ser sanada. Esses modelos a) não se mostram suficientes para averiguar a prontidão e as características funcionais e integrativas das TIC para a gestão das cidades no que diz respeito ao foco na automação de processos administrativos e operacionais em áreas específicas; b) não apontam requisitos funcionais dos sistemas de informação que devem ser atendidos minimamente para cada área da gestão pública; c) não consideram exigências de integração e troca de dados entre os diferentes sistemas de informação utilizados; d) não propiciam o estabelecimento de um roteiro evolutivo de implementação dessas tecnologias e que pode auxiliar no planejamento, execução e verificação de resultados de iniciativas que visem à cidade inteligente sobre a perspectiva das TIC, além de proporcionar aos atores, particularmente aos agentes do poder público em nível local, a sua utilização como método de implementação.

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

3.1. Fundamentos do Modelo Proposto

Assim como a cidade é um sistema de subsistemas urbanos, o raciocínio que suporta o modelo avaliativo proposto considera a gestão da cidade como um sistema principal ao qual se conectam subsistemas primários e a esses se conectam subsistemas secundários que se desdobram em aplicações de TIC. Nessa mesma direção, as TIC devem funcionar de forma abrangente, colaborativa e integrada, capazes de realizar a interação do poder público com os atores em todos os níveis, produzindo dados e informações que fundamentem a urgência e a consistência na tomada de decisões. Seguindo esse raciocínio, propõe-se que o modelo avaliativo de TIC aplicáveis à gestão das cidades se estruture considerando a cidade inteligente como o sistema principal ao qual se ligam seis subsistemas primários – domínios – e a cada um desses sistemas primários, se ligam seis subsistemas secundários – dimensões, como apresentado na Figura 2. Com ele, articula-se que as tecnologias empregadas devem integrar-se, direta ou indiretamente, proporcionando ao poder público o suporte tecnológico necessário para a gestão dos principais subsistemas urbanos.

Figura 2 - Domínios e dimensões tecnológicas para cidades inteligentes.



Fonte: Autores “adaptado de” Weiss, 2016.

Os domínios e suas respectivas dimensões representam as principais agregações de obrigações, responsabilidades ou boas práticas diretamente vinculadas ao poder público. É

esperado que a cidade inteligente seja, portanto, capaz de viabilizar as dimensões e consequentemente os domínios com a utilização das TIC. Essa utilização das TIC se dá pelo incremento sistemático de características e funcionalidades que podem, em um nível mais baixo, representar o uso elementar das tecnologias ou mesmo a sua não existência para uma dada aplicação e, em um nível mais alto, o uso avançado de tecnologias de ponta que representem o estado da arte.

Para cada dimensão do modelo, são considerados cinco níveis de prontidão, como caracterizados no Quadro 2. A determinação do ponto da escala qualitativa de cada dimensão se dá pela melhor adequação descritiva do nível da dimensão à realidade identificada pelo avaliado.

Quadro 2 - Níveis de prontidão das TIC para cidades inteligentes.

Nível	Descrição
1 - Inexistente	A cidade não realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão e não utiliza qualquer tipo de TIC para suportá-las.
2 - Elementar	A cidade realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão utilizando recursos elementares das TIC, ou aplicativos isolados criados pelos próprios usuários.
3 - Automatizada	As cidades contam com recursos de TIC, particularmente com um sistema de informações para a finalidade específica, sem recursos de integração com outras dimensões.
4 - Integrada	Os sistemas de informações são complementados com funcionalidades avançadas e contam com integrações à outras dimensões, do mesmo domínio ou de outros domínios.
5 - Avançada	Os sistemas de informações são complementados por funcionalidades de publicação e abertura de dados na internet, facilidades de interação em tempo real.

Fonte: Autores “adaptado de “ Weiss, 2016.

Para além dessa forma de aferição de prontidão das TIC, uma segunda forma empregada para a resolução do modelo é pela aplicação da teoria das redes complexas, isso porque um dado ponto da escala de funcionalidades de uma dimensão pode se ligar a um ou mais pontos de uma ou mais dimensões. Cada dimensão dentro da rede é chamada de “nó” e a conexão entre pares de dimensões é chamada de “aresta”. Ao se definirem as interações entre nós da rede, forma-se uma matriz de “n por n” elementos. Segundo Figueiredo (2011: 310), “essa matriz codifica todas as arestas da rede e é conhecida como matriz de adjacência”. Essa matriz aqui chamada de “A” é quadrada de “n” elementos e cada elemento $A(i, j)$ representa o par de vértices (i, j). Se o par estiver relacionado, então temos que $A(i, j) = 1$, caso contrário $A(i, j) = 0$. Nessa perspectiva, em que são consideradas as interações entre as diferentes dimensões do modelo avaliativo utilizado, a matriz de adjacência é uma matriz quadrada, estática, dirigida, assimétrica, com 36 nós ($n = 36$) e 291 arestas ($E = 291$) propostas. Essa matriz resultante apresenta densidade D igual a 0,4619, resultado da aplicação da expressão $D = 2E / n(n - 1)$ (Weiss, 2016). Adicionalmente, a rede formada segue a tipificação de uma rede livre de escala, proposta por Barabási e Albert, onde “os graus dos vértices não são nada parecidos uns com os outros, pois podemos ter vértices com graus muito maiores do que a média com probabilidade não desprezível” (Figueiredo, 2011: 330). Determinados esses parâmetros do modelo é possível determinar, de igual forma, as características das cidades objeto de avaliação e estabelecer os comparativos necessários. Ou seja, quanto mais a matriz resultante da cidade avaliada se aproximar da matriz modelo, mais prontas estarão suas TIC para a materialização do conceito de cidade inteligente.

Uma representação gráfica da rede formada pelo modelo realizada com a ajuda do software UCINET (Borgatti, Everett & Freeman, 2002), apresentada na Figura 3, pode ser um artifício útil para que se possa identificar as características da rede e possibilitar, também de forma visual, verificar as diferenças entre a rede formada pela matriz do modelo proposto e as redes resultantes da aplicação do modelo nas cidades escolhidas para o estudo.

do respondente para a realização da pesquisa. Uma vez designados os respondentes, foi enviado documento eletrônico, no formato de planilha eletrônica, contendo as caracterizações de cada dimensão de cada domínio e as devidas orientações de preenchimento. O instrumento de coleta de dados junto às cidades foi construído tendo como fundamento o modelo avaliativo de prontidão das TIC para cidades inteligentes, detalhado nessa seção. Completada a planilha pelos respondentes designados, o instrumento foi retornado ao pesquisador também por meio de mensagem eletrônica, tendo seus dados compilados e analisados quanto a integridade, consistência e inexistência de dimensões não avaliadas pelo respondente. A coleta de dados ocorreu durante o ano de 2015. A comunicação dos resultados se deu com a caracterização de cada objeto de estudo – dados e informações gerais da cidade –, prosseguindo com a descrição dos achados derivados da aplicação do modelo avaliativo. Posteriormente à apresentação dos resultados individuais, é realizada uma análise comparativa entre as cidades estudadas. Esse procedimento permitiu, além do entendimento acerca de cada cidade em particular, a visualização e melhor entendimento sobre como as cidades têm aplicado as TIC em favor da melhoria das condições de vida da população.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação do modelo permitiu o estabelecimento de avaliações particular e comparativas entre as cidades.

No município de **Barueri**, notou-se que: a) os domínios Administração e Governança, Gestão dos Serviços Públicos e Serviços Eletrônicos à Comunidade são os domínios que apresentam os maiores graus de atendimento às características funcionais das dimensões propostas no modelo, cuja máxima pontuação é 30; b) o sistema de informações gerenciais é prejudicado por deficiências anotadas para outros domínios. Em outras palavras, o sistema de informações gerenciais cumpre sua função exclusivamente para o que está sendo coletado, mas não para o tratamento de informações de todas as dimensões do sistema urbano. Não obstante a existência de um sistema de informações gerenciais, é provável que os gestores públicos tenham que se valer de outras fontes de informações para apoiar tomadas de decisão. Essa afirmação é ratificada pela própria aferição de outras dimensões. Os níveis aferidos para os sistemas Gestão da Educação (3), Zeladoria Pública (2) e para todas as dimensões do domínio Gestão da Infraestrutura Pública (2) sugerem que o sistema de informações gerenciais carece de melhorias. O sistema de Gestão da Educação é também um polo em que há potencial para maior exploração das TIC. A capacidade de a cidade implantar serviços eletrônicos, como nos casos de Recursos Humanos, Compras Públicas, Transações Tributárias e Permissões, sugere que estender as funcionalidades do sistema é uma ação exequível e de potencial usabilidade pelos atores. O modelo também possibilitou afirmar que há significativos esforços para a implementação de um Centro de Comando e Controle, que já conta com várias interações com outros sistemas e funcionalidades embora ainda necessite de novas conexões. O sistema Gestão da Saúde é paradigma para esse e outros avanços necessários para a elevação do nível de prontidão das TIC para Barueri; c) embora Barueri se encontre em níveis de aplicação e integração importantes para o domínio Administração e Governança e em boa proximidade de importância para os domínios Gestão dos Serviços Públicos, Serviços Eletrônicos à Comunidade e Plataforma de Serviços, os domínios Gestão da Infraestrutura Pública e Inovação e Empreendedorismo, ao contrário, mostram-se carentes de disponibilidade e integração de tecnologias; d) a unificação das aferições de cada dimensão permite identificar que as TIC ainda são pouco utilizadas de forma integrada para a gestão da infraestrutura pública e para transformar a cidade em uma plataforma de serviços tecnológicos em favor de todos os atores.

Em **Santos**, foi possível observar que: a) a maioria das dimensões está atendida por recursos de TIC, particularmente por sistemas de informações desenvolvidos ou adquiridos para as finalidades específicas exigidas por essas dimensões e complementados com funcionalidades

avançadas e integrações de recursos de TIC e sistemas de informações de outras dimensões, do mesmo domínio ou de outros domínios. Nesse sentido, todos os domínios apresentam proximidade entre seus respectivos graus de atendimento às características funcionais das dimensões propostas no modelo; b) os resultados obtidos sugerem que Santos conta com as bases tecnológicas fundamentais para incrementar a inteligência na cidade. Essa inteligência pode ser rápida e significativamente incrementada com avanços em dimensões que estimulem o Desenvolvimento de Soluções para a Cidade (IEAD) e a disponibilização crescente de Serviços Eletrônicos à Comunidade (EC). Exceto o domínio Inovação e Empreendedorismo, que soma 18 pontos, todos os demais domínios somam 20 pontos ou mais, sendo que a pontuação máxima para cada domínio é 30 pontos; c) a unificação das aferições de cada dimensão permite identificar que as TIC são empregadas de forma equilibrada, com em níveis de aplicação e integração importantes para todos os domínios, ultrapassando os limites de aplicações isoladas para avançar em direção a sistemas e tecnologias integrados, cobrindo todas as dimensões propostas pelo modelo.

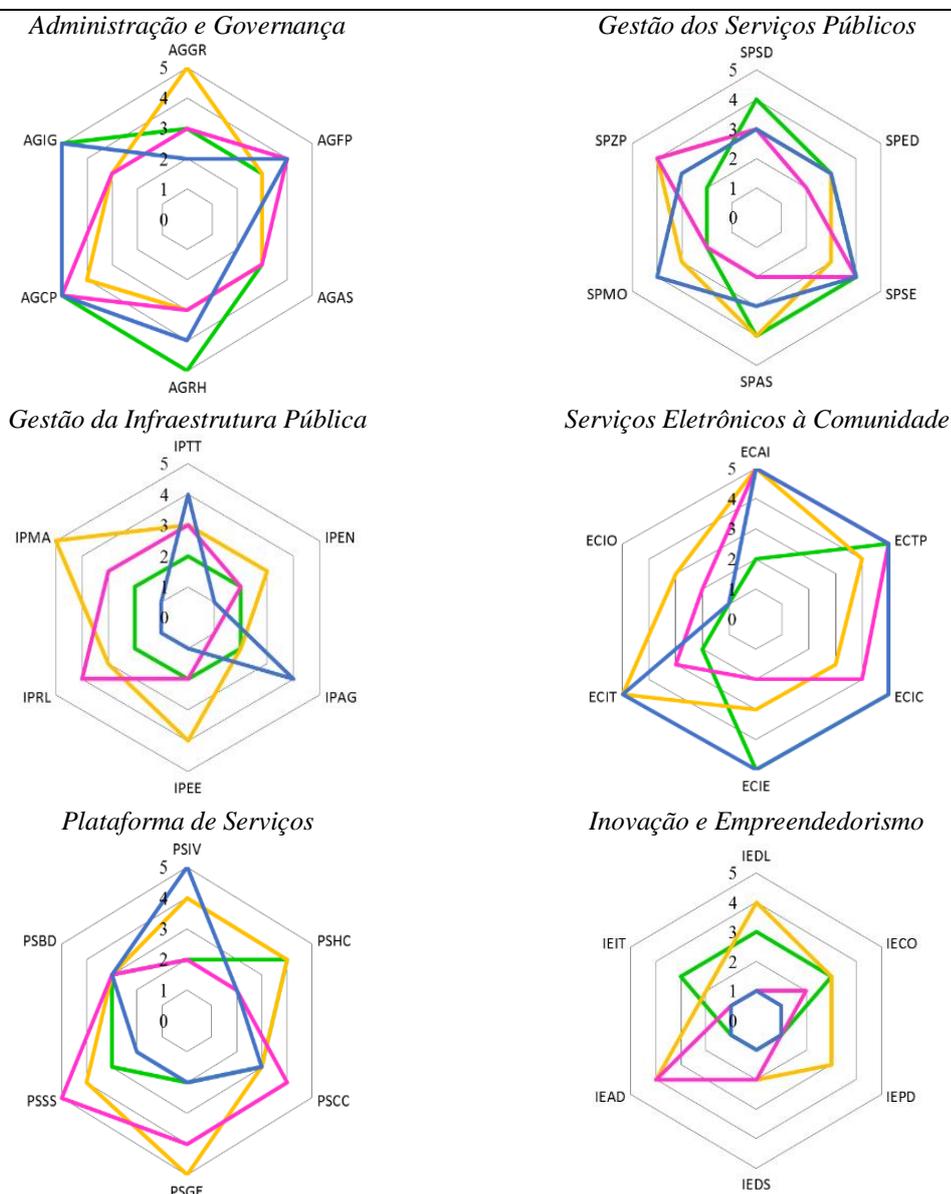
Na cidade de **São Bernardo**, foi possível observar que: a) os domínios Administração e Governança, Serviços Eletrônicos à Comunidade e Plataforma de Serviços são os domínios que apresentam os maiores graus de atendimento às características funcionais das dimensões propostas no modelo, cuja máxima pontuação é 30; b) a prontidão das TIC para apoio a áreas relevantes como Educação, Serviços e Ações Sociais, Mobilidade e Energia estão em níveis elementares (2), representando significativas oportunidades de melhorias. No nível intermediário (3), áreas igualmente relevantes são contempladas com alguma automação, mas sem maiores expressões em termos de tecnologias mais especializadas e integradas. Nessas áreas estão as dimensões Conformidade e Gestão de Riscos, Ativos e Suprimentos, Saúde e Meio Ambiente, entre outras. Essas constatações permitem afirmar que São Bernardo conta com importantes recursos de TIC já implementados, mas com áreas que ainda carecem de evolução de forma a realizar a materialização do conceito de cidade inteligente; c) os domínios Gestão dos Serviços Públicos, Gestão da Infraestrutura Pública e Inovação e Empreendedorismo estão abaixo do que o modelo avaliativo proposto considera como nível de automação, o que sujeita São Bernardo a realizar muitas de suas atividades sem o uso de TIC ou com o uso inadequado ou insuficiente, tanto do ponto de vista de funcionalidades quanto do ponto de vista de capacidades de integrações e universalização de acesso; d) a unificação das aferições de cada dimensão em uma única demonstração gráfica permite identificar que áreas como Educação, Serviços e Ações Sociais, Mobilidade, Energia, Edifícios e Espaços Públicos, Interação com Empresas e com outras Cidades, Acesso Público à Internet, Hospedagem e Computação em Nuvem, assim como o domínio Inovação e Empreendedorismo, são áreas em que as TIC se encontram em níveis ainda elementares, representando importantes oportunidades de melhoria para São Bernardo.

Em **Sorocaba**, foi possível observar que: a) o domínio Serviços Eletrônicos à Comunidade apresentou o maior grau aferido, seguido por Administração e Governança e Gestão dos Serviços Públicos, caracterizando Sorocaba como uma cidade com significativa presença na internet e particular atenção ao aparelhamento tecnológico para setores com maior proximidade dos cidadãos. b) a prontidão das TIC nessa cidade se encontra em níveis de automação superiores para apoio a áreas como Saúde, Educação, Segurança, Serviços e Ações Sociais, Mobilidade, Zeladoria Pública, Transportes e Tráfego, Água e Saneamento e Serviços Eletrônicos à Comunidade. Nesse contexto, é possível afirmar que a cidade tem buscado a utilização das TIC no sentido de incrementar suas capacidades para atendimentos às demandas de maior proximidade aos cidadãos; c) Conformidade e Gestão de Riscos, Ativos e Suprimentos, Energia, Edifícios e Espaços Públicos, Resíduos e Lixo, Meio Ambiente, Informações e Interação com outras Cidades, Hospedagem e Computação em Nuvem, Sistema de Georeferenciamento, Sistema de Sensores e todas as dimensões de Inovação e

Empreendedorismo são áreas em que as TIC se encontram em níveis ainda elementares, representando importantes oportunidades de melhoria para Sorocaba. d) de forma geral, os domínios Gestão da Infraestrutura Pública e Inovação e Empreendedorismo estão abaixo do que o modelo avaliativo considera como nível de automação, o que sujeita Sorocaba a realizar muitas de suas atividades sem o uso de TIC ou com o uso inadequado ou insuficiente, tanto do ponto de vista de funcionalidades quanto do ponto de vista de capacidades de integrações e universalização de acesso para esses domínios; e) das 36 dimensões contempladas no modelo, 16 delas estão entre os níveis “1” e “2”, particularmente localizadas nos domínios Gestão da Infraestrutura Pública e Inovação e Empreendedorismo, sugerindo o deslocamento da prioridade de investimento para outros segmentos contemplados no modelo; f) por seu caráter inovador e por todas as iniciativas que a cidade vem desenvolvendo no sentido de implementar uma cadeia produtiva de inovações, o domínio Inovação e Empreendedorismo reveste-se de singular importância para destacar a cidade no contexto das cidades inteligentes.

O detalhamento dos domínios, como apresentado na Figura 4, permite a averiguação comparativa de cada domínio e de cada cidade.

Figura 4 - Comparativo entre cidades por domínio.



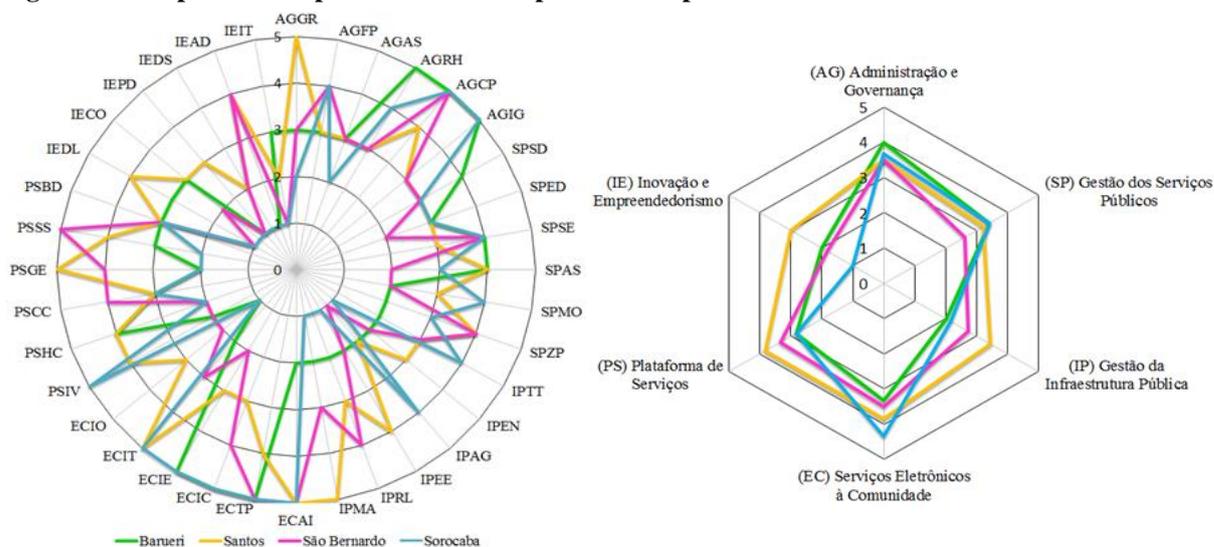
Fonte: Autores.

Legenda:

— Barueri — Santos — São Bernardo — Sorocaba

Essas análises particulares das permitem visualizar, de forma consolidada, os resultados das dimensões e, conseqüentemente, dos domínios de cada cidade, permitindo a identificação das áreas com potencial de melhorias para uma dada cidade comparativamente com outras cidades. Esse resultado é explicado, como mencionado anteriormente, pelas aferições obtidas por cada dimensão em particular. Consideradas as demonstrações anteriores, é possível estabelecer uma comparação gráfica final acerca de como as cidades estão dispostas as TIC para atender cada dimensão do modelo, como apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Comparativo de prontidão das TIC por domínio por cidade.



Fonte: Autores.

A aplicação do modelo permitiu o estabelecimento de redes de relacionamento entre as dimensões de cada domínio, como apresentado da Figura 6. A análise das redes mostrou que:

a) A matriz de adjacência resultante para **Barueri** produziu uma rede com 91 arestas e densidade “D” igual à 0,1444, com potencial de 160 arestas e densidade “D” igual à 0,2540 com a implementação de integrações entre determinadas dimensões e com a elevação dos graus das dimensões em 1 ponto, minimamente. Ao comparar a matriz produzida com o modelo avaliativo proposto, é possível afirmar que Barueri atende a 31,27% da matriz resultante do modelo com potencial de atendimento de 54,98% com o avanço em 1 ponto em cada dimensão. O cálculo das medidas de centralidade para Barueri mostra que os esforços em termos de aparelhamento tecnológico estão focalizados nas dimensões AGIG, SPSD, SPSE, ECIC e, particularmente, na dimensão PSCC que, além da alta centralidade de grau, também apresenta alta centralidade de intermediação, comparativamente com as demais dimensões.

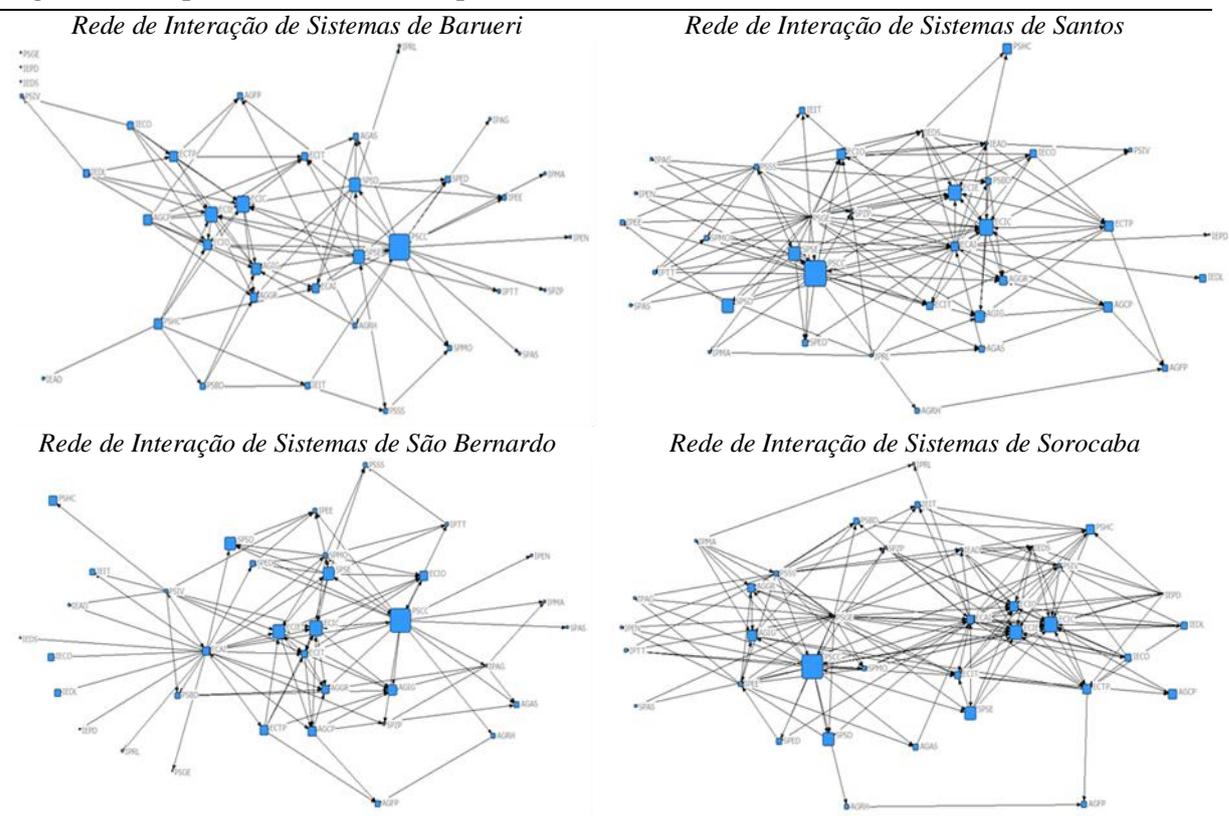
b) A matriz resultante de **Santos** produziu uma matriz aferida com 168 arestas e densidade “D” igual à 0,2667, com potencial de 254 arestas e densidade “D” igual à 0,4032 com a implementação de evoluções funcionais entre determinadas dimensões, integrações entre sistemas de informações, particularmente no domínio Administração e Governança e com a elevação dos graus das dimensões de “2” para “3”, minimamente. Ao comparar a matriz produzida com o modelo avaliativo proposto, é possível afirmar que Santos atende a 57,73% da matriz resultante do modelo com potencial de atendimento de 87,29% resultante de 254 arestas. As dimensões ECIC, ECIE, ECIO, ECAI, PSCC e PSGE são as que apresentam maior importância. É de se notar a relevância que as dimensões AGGR, AGAS, SPMO, IPEE, ECAI, ECIO, PSIV, PSHC, PSCC e PSGE relativamente à centralidade de intermediação, representando a

importância dessas dimensões como pontes para diminuir a distância entre outras dimensões.

c) A matriz resultante para **São Bernardo** produziu uma matriz aferida com 135 arestas e densidade “D” igual à 0,2143, com potencial de 156 arestas e densidade “D” igual à 0,2476 com a implementação de integrações entre determinadas dimensões e com a elevação dos graus das dimensões de “1” para “3”, minimamente. Ao se comparar com as matrizes esperadas, é possível afirmar que São Bernardo atende a 46,39% da matriz resultante do modelo com potencial de atendimento de 75,26% resultante de 219 arestas. O cálculo das medidas de centralidade para São Bernardo mostra que as dimensões ECIC, ECIE, SPESE, ECAI, PSCC, PSGE e PSSS são as que se mostram mais importantes, ao passo que as dimensões AGCP, ECAI, ECIC e PSCC são as que se apresentam como as principais pontes para a diminuição das interações entre as dimensões, comparativamente com as demais dimensões.

d) A matriz resultante de **Sorocaba** produziu uma matriz aferida com 114 arestas e densidade “D” igual à 0,1810, com potencial de 136 arestas e densidade “D” igual à 0,2159 com a implementação de integrações entre determinadas dimensões e com a elevação dos graus das dimensões de “1” para “3” em Inovação e Empreendedorismo e em Gestão da Infraestrutura Pública, minimamente. Ao se comparar com as matrizes esperadas, é possível afirmar que Sorocaba atende a 39,18% da matriz resultante do modelo com potencial de atendimento de 66,32% resultante de 193 arestas. O cálculo das medidas de centralidade para Sorocaba mostra que as dimensões AGGR, AGIG, ECIC, ECIE, SPSE, SPMO, ECAI, PSIV e PSCC são as que representam maior significância para o modelo. Relativamente à centralidade de intermediação, as dimensões AGCP e ECAI representam as principais pontes para a diminuição da distância entre as dimensões da rede.

Figura 6 - Comparativo das dimensões por cidade.



Fonte: Autores.

Finalizando os exercícios de demonstrações, comparações e análises, o Quadro 3 apresenta um resumo dos indicadores produzidos na execução do modelo, incluindo-se indicadores básicos disponibilizados pelo IBGE.

Quadro 3 - Resumo de indicadores socioeconômicos e resultados do modelo

Indicador	Barueri	Santos	São Bernardo	Sorocaba
População em 2010	240.749	419.400	765.463	586.625
População em 2015 (projetada)	262.275	433.966	816.925	644.919
PIB per capita em R\$	171.831	44.478	59.149	42.764
IDH-M	0,786	0,840	0,805	0,798
Total de pontos no modelo	104	125	105	103
<i>Administração e Governança</i>	4	3	3	4
<i>Gestão dos Serviços Públicos</i>	3	3	3	3
<i>Gestão das Infraestruturas Públicas</i>	2	3	2	2
<i>Serviços Eletrônicos à Comunidade</i>	3	4	3	4
<i>Plataforma de Serviços</i>	3	4	3	3
<i>Inovação e Empreendedorismo</i>	2	3	2	1
Total de arestas resultantes	91	168	135	114
Densidade aferida da rede	0,1444	0,2667	0,2143	0,1810
Aderência da rede ao modelo	31,27%	57,73%	46,39%	39,18%
Total projetado de arestas	160	254	156	136
Densidade projetada da rede	0,2540	0,4032	0,2476	0,2159
Aderência projetada ao modelo	54,98%	87,29%	75,26%	66,32%

Fonte: Autores.

A cidade de Santos apresentou maior densidade da rede resultante, 0,2667, e maior proximidade ao modelo proposto, com 57,73%. Isso significa que, de acordo com o modelo proposto, Santos é a cidade que mais tem suas TIC prontas para avançar em direção à cidade inteligente, embora os domínios Gestão dos Serviços Públicos e Gestão das Infraestruturas Públicas ainda mereçam atenção para possíveis avanços. Essa afirmação não implica dizer que as outras cidades não reúnam as condições necessárias em termos de TIC para realizar sua missão junto aos atores. Significa, contudo, que, comparativamente com o modelo, os investimentos e esforços se configuram maiores. Correlacionar indicadores demográficos e sociais com os resultados obtidos por meio do modelo é uma análise igualmente relevante. Apesar da amostra pequena do ponto de vista da quantidade, a aplicação da estatística de correlação de Pearson aparenta mostrar que o IDH-M e a densidade aferida guardam forte correlação ($\rho = 0,97$) entre si. Por fim, o modelo, embora não exaustivo e passível de se constituir como objeto de críticas e futuros estudos, apresentou-se como um instrumento apropriado para a averiguação da prontidão das TIC com vistas à cidade inteligente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho objetivou estudar a aderência da proposição de um novo modelo de avaliação e análise sobre a prontidão de TIC aplicáveis à gestão urbana em quatro municípios no estado de São Paulo: Barueri, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba. De forma a consubstanciar sua aplicação, refletiu-se sobre a questão das cidades inteligentes e sobre modelos avaliativos internacionalmente conhecidos, sendo eles o *Smart Cities Ranking*, o *Smart Cities Integrative Framework*, o *Smart Cities Readiness Guide* e o *Smart Cities Maturity Model*. Esses modelos foram analisados e comparados sendo possível constatar que, apesar de suas virtudes e convergência com os objetivos a que se propõem, eles consideram vários aspectos relacionados à dinâmica urbana, mas não focalizam, particularmente, a qualificação destas correlações e a aplicação dos distintos componentes das TIC na construção de uma cidade inteligente. De igual forma, não se apresentam capazes de identificar as relações dos serviços públicos com as respectivas funcionalidades tecnológicas, mostrando uma lacuna sobre a capacidade de se avaliar as TIC aplicáveis às cidades inteligentes. Da aplicação do modelo

avaliativo proposto nesse trabalho observou-se que os resultados possibilitaram aferir e analisar como e em que nível de aplicação as cidades dispõem das TIC para a materialização do conceito de cidade inteligente, bem como estabelecer comparações e extrapolações com base nos resultados obtidos.

Como principal contribuição, o modelo proposto no presente trabalho busca complementar alguns dos principais modelos avaliativos consagrados na literatura internacional, mas com foco específico na verificação da prontidão e aplicação das TIC para a gestão das cidades. Essa metodologia de avaliação considera a correlação serviço público versus tecnologia aplicável, complementando uma lacuna dos modelos avaliativos existentes e, ao mesmo tempo, possibilitando o estabelecimento de um mapa evolutivo de funcionalidades que podem ser atendidas pelas tecnologias bem como as interações esperadas entre essas funcionalidades. Por se tratar de um estudo qualitativo e exploratório, a presença de subjetividade nas respostas dos representantes das cidades onde o modelo foi aplicado é um aspecto a ser considerado como limitação do estudo. Relativamente ao modelo avaliativo, este considera particularmente a visão do poder público sobre a prontidão de suas TIC. Portanto, aspectos estatísticos e de aceitação e utilização pelos atores não foram considerados para os efeitos desse trabalho, bem como as possíveis correlações e extrapolações para quaisquer outros índices ou indicadores afeitos à gestão pública, particularmente em âmbito local.

Futuros estudos podem se deter sobre a ampliação da abrangência de novos domínios de aplicação do modelo avaliativo proposto nesse trabalho, tais como 'economia inteligente'. Outras possibilidades de futuros estudos podem envolver o estabelecimento de correlações entre os resultados obtidos com outras dimensões qualificadoras das cidades: global, sustentável, inovadora, criativa e inclusiva. Recomendamos por fim, correlacionar tais dimensões aos modelos de gestão do poder público, a iniciativa privada e a academia que têm colaborado no sentido de incrementar as capacidades organizacionais do próprio poder público na adoção das TIC para a viabilização das cidades inteligentes.

REFERÊNCIAS

- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I. & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234-245.
- Allwinkle, S. & Cruickshank, P. (2011). Creating smart-er cities: an overview. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 1-16.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95-106.
- Anthopoulos, L. (2017). Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases. *Cities*, 63, 128-148.
- Barrionuevo, J. M., Berrone, P. & Ricart, J. E. (2012). Smart Cities, Sustainable Progress. *IESE Insight Review*, 14, 50-57.
- Batagan, L. (2011). Smart cities and sustainability models. *Informatica Economica*, 15(3), 80-87.
- Belanche, D., Casaló, L.V. & Orús, C. (2016). City attachment and use of urban services: Benefits for smart cities. *Cities*, 50, 75-81.
- Borgatti, S. P.; Everett, M. G.; Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Chourabi, H. et al. (2012). Understanding *smart cities: an integrative framework*. In Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-45). Maui, HI, USA: IEEE. Retrieved from <http://goo.gl/rt6WoP>.
- Creswell, J. W. (2002). Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches. 2. ed.. Thousand Oaks: Sage.
- Dutta, S. et al. (2011). *The global innovation index 2011: accelerating growth and development*. Fontainebleau: INSEAD.

- Figueiredo, D. R. (2011). *Introdução às Redes Complexas*. In: Alberto Ferreira de Souza; Wagner Meira Jr.. (Org.). *Atualizações em Informática 2011*. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 7, 303-358.
- Flick, U. (2004). *Uma introdução à Pesquisa Qualitativa*. 2. ed. São Paulo: Artmed.
- Giffinger, R. & Haindlmaier, G. (2010). Smarter cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 12, 7-25.
- Giffinger, R. et al. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-sized Cities*. Vienna: Centre of Regional Science. Recuperado de <http://goo.gl/CmqVmm>.
- Grant, G. L. & Royle, M. T. (2011). Information technology and its role in creating sustainable competitive advantage. Recuperado de <http://www.jimsjournal.org/12%20Grant%20&%20Royle.pdf>
- Hernández-Muñoz, J. M. et al. (2011). Smart cities at the forefront of the future internet. *Lecture Notes in Computer Science*, 6656, 447-462.
- Komninos, N. et al. (2011). *Developing a policy roadmap for smart cities and the future internet*. In Proceedings of EChallenges e-2011 Conference, Thessalonik: URENIO - Urban and Regional Innovation Research. Recuperado de <http://goo.gl/Tqew5k>.
- Kourtit, K. & Nijkamp, P. (2012). Smart Cities in the Innovation Age. *Innovation: European Journal of Social Science Research*, 25(2), 93-95.
- Kourtit, K., Nijkamp, P. & Arribas, D. (2012). Smart Cities in Perspective – A Comparative European Study by Means of Self-organizing Maps. *Innovation: European Journal of Social Science Research*, 25(2), 229-246.
- Lazaroiu, G. C. & Roscia, M. (2012). Definition Methodology for the Smart Cities Model. *Energy*, 47(1), 326-332.
- Lee, J. H., Phaal, R. & Lee, S.-H. (2013). An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(2), 286-306.
- Lombardi, P. et al. (2012). Modelling the Smart City Performance. *Innovation: European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137-149.
- Marsal-Llacuna, M.L. & Segal, M.E. (2016). The Intelligent Method (I) for making “smarter” city projects and plans. *Cities*, 55, 127-138.
- Marsal-Llacuna, M.L. & Segal, M.E. (2017). The Intelligent Method (II) for making “smarter” urban policy-making and regulation drafting. *Cities*, 61, 83-95.
- Marsal-Llacuna, M.L., Colomer-Llinàs, J. & Meléndez-Frigola, J. (2015). Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 611-622.
- Meier, W. J., Ulferts, G. W. & Howard, T. L. (2011, Fourth Quarter). Transforming city governments through IT. *The Review of Business Information Systems*, 15(4), 1-3.
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011). *Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions*. In Proceedings of 12nd Annual International Conference on Digital Government Innovation in Challenging Times. New York: ACM. Recuperado de http://www.ctg.albany.edu/publications/journals/dgo_2011_smartcity/dgo_2011_smartcity.pdf
- Navarro, J.L.A., Ruiz, V.R.L. & Peña, D.N. (2017). The effect of ICT use and capability on knowledge-based cities. *Cities*, 60, 272-280.
- Neirotti, P. et al. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25-36.
- ONU (2014). *World Urbanization Prospects: Revision 2014 Highlights*. Recuperado de <http://goo.gl/ZaXUnE>
- Pallot, M. et al. (2001). *Future internet and LivingLab research domain landscapes: filling the gap between technology push and application pull in the context of smart cities*. In Proceedings of EChallenges e-2011 Conference. Thessalonik: URENIO - Urban and

- Regional Innovation Research. Recuperado de <http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/2011-eChallenges-Nr-200-Future-Internet-and-Living-Labs-Published.pdf>.
- Pol, O. et al. (2012). Integration of centralized energy monitoring specifications into the planning process of a new urban development area: a step towards smart cities. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 129(4), 258–264.
- Roman, M. (2010) Governing from the middle: the C40 Cities Leadership Group. *Corporate Governance*, 10(1), 73-84.
- Roy, J. (2005). e-Governance and international relations: a consideration of newly emerging capacities in a multi-level world. *Journal of Electronic Commerce Research*, 6(1), 44-55.
- Scottish Cities Alliance. (2015). *Smart Cities Maturity Model*. Recuperado de <http://www.scottishcities.org/smartcities> .
- Smart Cities Council. (2013). *Smart Cities Readiness Guide*. Recuperado de <http://smartcitiescouncil.com/resources/smart-cities-readiness-guide> .
- Trenosa, E. & Gertner, D. (2012). Smart networked cities? *Innovation - European Journal of Social Science Research*, 25(2), 175-190.
- Washburn, D. et al. (2010). *Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO*. Cambridge: Forrester Research. Recuperado de <http://goo.gl/FT4FYd>.
- Weiss, M. C. (2016). *CIDADES INTELIGENTES: proposição de um modelo avaliativo de prontidão das tecnologias das informação e comunicação aplicáveis à gestão das cidades*. Tese de doutorado, Centro Universitário FEI, São Paulo, Brasil.
- Weiss, M. C., Bernardes, R. C. & Consoni, F. L. (2015). *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 3(7), 310-324.
- Weziak-Bialowolska, D. (2016). Quality of life in cities – Empirical evidence in comparative. *Cities*, 58, 87-96.
- Wolfram, M. (2012). Deconstructing smart cities: an intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and ICT development. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.6102&rep=rep1&type=pdf>
- Zygiaris, S. (2013). Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 217–231.