

Recebimento: 26/08/2018
Aceite: 30/05/2019

CIDADES INTELIGENTES: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO AVALIATIVO DE PRONTIDÃO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO APLICÁVEIS À GESTÃO URBANA

SMART CITIES: A PROPOSITION OF A READINESS EVALUATION MODEL FOR INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES APPLICABLE TO THE CITIES MANAGEMENT

Marcos Cesar Weiss¹

Resumo

Este 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 para o roteiro das cidades inteligentes. A dinâmica de resolução do modelo 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, analisadas por meio da teoria das redes complexas. O modelo foi aplicado em quatro cidades do estado de São Paulo. Os resultados indicaram a pertinência e aplicabilidade do modelo, que identificou e analisou, individual e comparativamente, os estágios de prontidão das TIC das cidades escolhidas para o estudo.

Palavras-chave: Cidades inteligentes. Inovação em gestão urbana. Modelo avaliativo de cidades inteligentes. Definição de cidade inteligente.

Abstract

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 qualify for the roadmap of smart cities. 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 through the complex network theory. The model was applied in four cities of the state of São Paulo. 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.

¹ Doutor em Administração. Pesquisador e Consultor da MR/W Brasil Consultoria, São Paulo – SP, Brasil. E-mail: mw@marcosweiss.com.br

Keywords: smart cities, innovation in public management, urban management innovation, smart cities evaluation mode, smart city definition.

Introdução

No cenário global atual em que estão presentes a intensa urbanização e que há a forte competição por mercado e por atores qualificados, o esgotamento dos recursos naturais, a obsolescência das infraestruturas públicas e as necessidades e expectativas sociais por qualidade de vida, as tecnologias da informação e comunicação (TIC) passam a ter relevante papel, na medida em que podem oferecer às cidades os meios para o planejamento e gerenciamento da ação governamental.

A intensificação na aplicação dessas tecnologias significa a maior promoção da transparência, eficiência no gerenciamento das infraestruturas públicas e na prestação de serviços aos cidadãos bem como a potencialização de ambientes social e economicamente mais atrativos, propícios à colaboração científica, tecnológica, institucional, comercial e cultural, em que poder público, cidadãos e organizações podem interagir para a estimulação de inovações em métodos e tecnologias voltados ao desenvolvimento e ao aprimoramento da dinâmica urbana, imprimindo às cidades maior inteligência (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; WOLFRAM, 2012).

Nesse contexto, a materialização do conceito de cidade inteligente se configura como um caminho viável para que as cidades possam fazer frente aos desafios presentes e futuros, tendo as TIC como meio para tal.

Essas considerações iniciais remetem à seguinte pergunta: como avaliar se uma cidade dispõe das tecnologias necessárias para que possa ser qualificada como cidade inteligente a partir da perspectiva das tecnologias da informação e comunicação?

Para responder a essa questão, desenvolveu-se um modelo avaliativo de prontidão das TIC aplicáveis à gestão urbana, com o objetivo de investigar a existência, a disponibilidade, a atualidade, o desimpedimento de qualquer natureza e a capacidade de pronto emprego para o fim ao qual determinada tecnologia se destina, de forma que se possa qualificar uma cidade como cidade inteligente (prontidão).

O modelo 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.

De forma a atender ao objetivo e responder à pergunta de pesquisa, o trabalho está organizado em cinco seções. Além dessa primeira seção introdutória, a segunda seção apresenta um breve referencial teórico em que se discute o termo cidade inteligente, propõe-se uma nova definição e se apresenta uma caracterização das tecnologias aplicáveis à gestão das cidades. A terceira seção é dedicada aos procedimentos metodológicos, que têm como fundamentação a apresentação do modelo avaliativo proposto pelo autor. 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. Finalmente, a quinta seção é dedicada às considerações finais, limitações e sugestões para futuros estudos.

Uma nova forma de gestão urbana: as cidades inteligentes

O termo ‘cidade inteligente’ tem ganhado as agendas da academia, dos governos, da iniciativa privada e também de organizações não governamentais.

Para vários autores, as cidades inteligentes podem ser vistas como aquelas capazes de incorporar características específicas que incluem infraestrutura digital e utilização intensa das TIC, com ênfase em desenvolvimento urbano, liderança em ambiente de negócios, inclusão social, governo eletrônico, eficiência em governança, preocupação com indústrias criativas e de alta tecnologia, aprimoramento constante do capital humano, desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental e social (KANTER; LITOW, 2009; GIFFINGER; HAINDLMAIER, 2010; TOPPETA, 2010; CANTON, 2011; DUTTA *et al.*, 2011; NAM & PARDO, 2011; THITE, 2011; BARRIONUEVO *et al.*, 2012; KOURTIT; NIJKAMP; ARRIBAS, 2012; LAZAROIU; ROSCIA, 2012; ZYGIARIS, 2013).

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, à automação de processos administrativos, aos controles mais adequados e suporte aos processos decisórios (NEIROTTI et al., 2014). Angelidou (2015), Marsal-Llacuna et al. (2015), Belanche, Casalé e Orús (2016), Weziak-Bialowolska (2016) e Navarro, Ruiz e Peña (2017) argumentam que as cidades podem se valer da promissora eficiência e excelência que as TIC proporcionam para incrementar a qualidade de seus sistemas urbanos, destacando-se no cenário global para alcançar desenvolvimento econômico e atração de investimentos, qualidade de vida, inclusão social, notoriedade e prestígio.

Nesse sentido, defino 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, de aprendizagem, de gerenciamento da infraestrutura e de prestação de serviços públicos, promovendo práticas de gestão urbana mais eficientes em benefício dos atores sociais, resguardadas suas vocações históricas e características culturais.

Um fator chave para as cidades inteligentes é a possibilidade de instrumentação capaz de tornar visível o invisível por meio das TIC, em substituição das abstrações estatísticas utilizadas para a compreensão do que pode estar acontecendo (HARRISSON; DONNELLY, 2011). Essas tecnologias, portanto devem ser capazes de conectar e integrar diferentes domínios e dimensões da dinâmica urbana, pessoas e organizações, fornecendo interfaces adequadas para que o poder público possa atuar, de forma antecipada, no provimento adequado de infraestrutura e serviços.

Nessa perspectiva, as cidades inteligentes devem primar 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. No contexto das cidades inteligentes, não são as tecnologias mais avançadas ou componentes de alta complexidade que determinam a inteligência da cidade, mas aquelas que otimizam os recursos econômicos, que promovem a eficiência e a proteção ambiental e que têm os fatores sociais como centro de sua abordagem (MARSAL-LLACUNA & SEGAL, 2016), empregadas para estabelecer capacidades de monitoramento e de melhoria da competitividade econômica, atraindo e retendo novos talentos residentes, empresas e visitantes (ANTHOPOULOS, 2017) e possibilitando uma compreensão holística e sistêmica dos subsistemas (MARSAL-LLACUNA; SEGAL, 2017), primando por uma implementação que seja inteligente, simples, integrada, rentável e eficiente em termos de utilização de recursos e foco no bem estar dos cidadãos e melhoria do ambiente de negócios (AHVENNIEMI; HUOVILA; PINTO-SEPPÄ; AIRAKSINEN, 2017).

As soluções de TIC para a implementação de cidades inteligentes são inúmeras e estão disponíveis para serem consumidas, resguardadas as necessidades específicas de cada cidade e de seus atores.

Análise de modelos avaliativos existentes

Contemporaneamente, modelos avaliativos têm sido propostos com o intuito de demonstrar quais são as efetivas características e como se comportam as cidades inteligentes. Os principais modelos são oriundos da Europa e dos 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.

Destacam-se o Smart Cities Ranking (SCR), proposto por Giffinger e Haindlmaier (2010); o Smart Cities Integrative Framework (SCIF), proposto por Chourabi *et al.* (2012); o Smart Cities Readiness Guide (SCRG), apresentado pelo Smart Cities Council (2013); e o Smart Cities Maturity Model (SCMM), proposto pelo Scottish Cities Alliance (2015).

De forma a 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 na 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	SCR	SCIF	SCRG	SCMM
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: Autor.

Embora esses modelos guardem similaridades entre si em termos de abordagem estratégica e objetivo primário – as TIC como meios para incrementar a competitividade das cidades, melhoria das condições de vida e do ambiente de negócios – apresentam lacunas a serem sanadas: a) não se mostram suficientes para averiguar a prontidão e as características funcionais 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 de 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.

Procedimentos metodológicos

Dada a tipologia de pesquisa conhecida, esse trabalho pode ser qualificado como qualitativo, de caráter exploratório, em que se busca maior proximidade de conhecimento e de aplicação de um dado fenômeno sobre o qual ainda não se tem informações suficientes para se responder a uma questão ou a um problema (CRESWELL, 2002; FLICK, 2004; COLLIS; HUSSEY, 2006), tendo como fonte de dados os resultados obtidos pela aplicação do modelo avaliativo nos objetos de estudo (cidades) definidos.

A escolha das cidades para a realização do estudo obedeceu a cinco critérios definidos pelo pesquisador, a saber: critério 1: cidades do estado de São Paulo, exceto a capital; critério 2: cidades diferentes entre si em termos de atividade econômica, geografia e aspectos culturais; critério 3: cidades com representatividade na região onde estão inseridas; critério 4: serem mencionadas como cidades inteligentes por organizações de pesquisa ou organizações não governamentais, pela mídia ou pelo próprio poder público local; critério 5: cidades com possibilidade de acesso do pesquisador. Considerados esses critérios, quatro cidades foram escolhidas para a aplicação do modelo proposto: Barueri, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba.

O acesso às cidades se deu por meio do envio de mensagem eletrônica às respectivas secretarias municipais às quais se subordinam as áreas de TIC das cidades. A mensagem encaminhada teve por objetivo apresentar o trabalho a ser realizado e solicitar a participação da referida cidade e a designação 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 nesta 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.

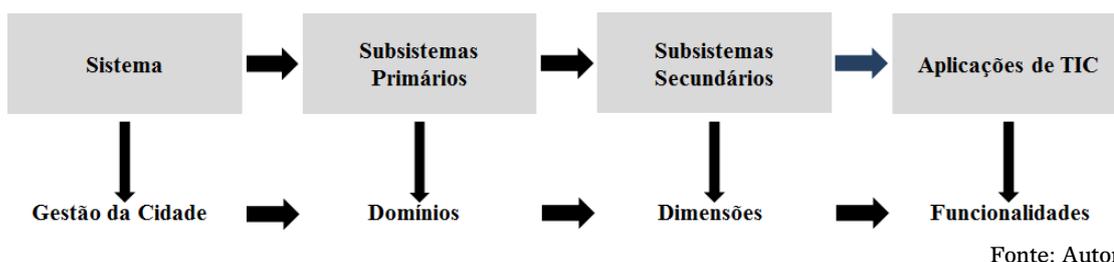
A comunicação dos resultados se deu com a caracterização de cada objeto de estudo – dados e informações gerais da cidade – prosseguindo com a descrição dos achados derivados da aplicação do modelo avaliativo. Posteriormente à apresentação dos resultados individuais, foi realizada uma

análise comparativa entre as cidades estudadas. Esse procedimento permitiu a visualização e melhor entendimento sobre como as cidades têm aplicado as TIC em favor da melhoria das condições de vida da população.

Caracterização do modelo avaliativo proposto

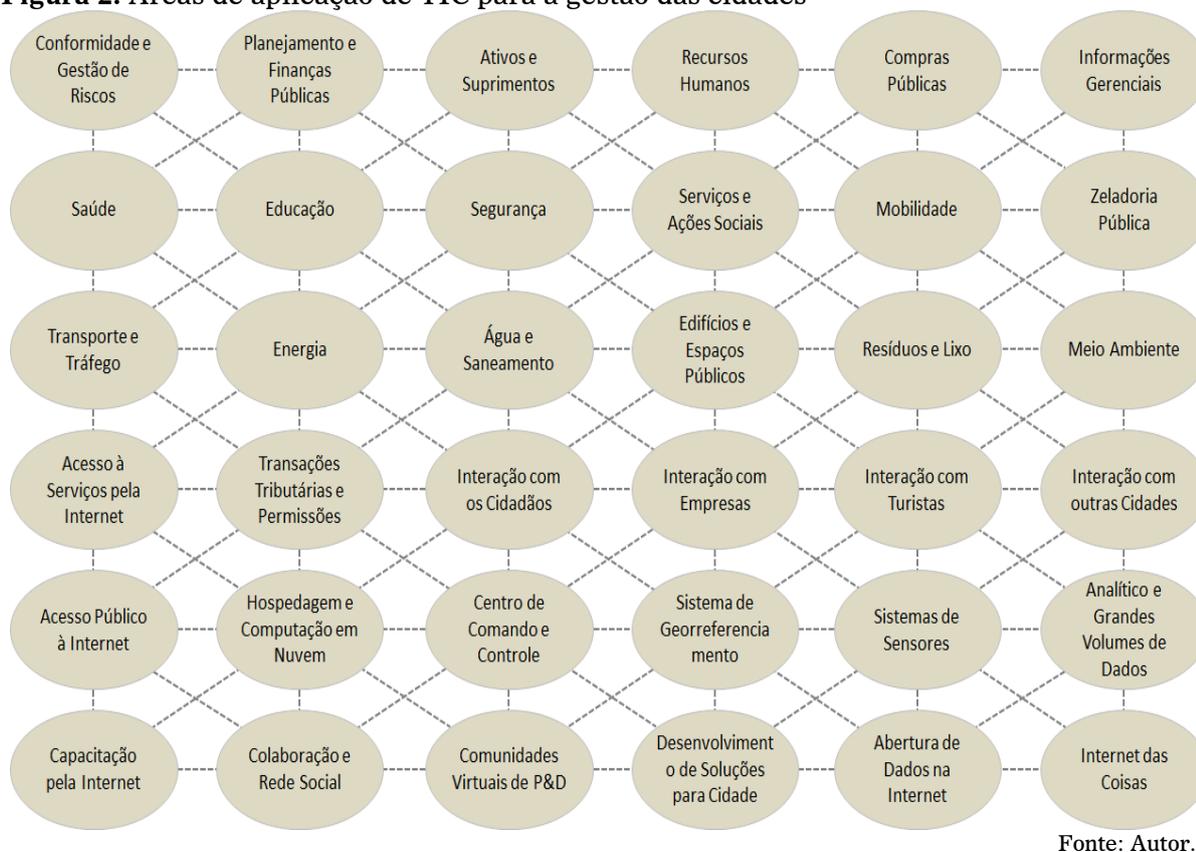
Assim como a cidade é um sistema de subsistemas urbanos, o raciocínio que suporta o modelo avaliativo proposto considera a gestão da cidade como um sistema principal ao qual se conectam subsistemas primários e a esses se conectam subsistemas secundários que se desdobram em aplicações de TIC, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama da estrutura da dinâmica do modelo avaliativo proposto



Nesse sentido, propõe-se o diagrama de áreas de aplicação de TIC para a gestão das cidades da Figura 2.

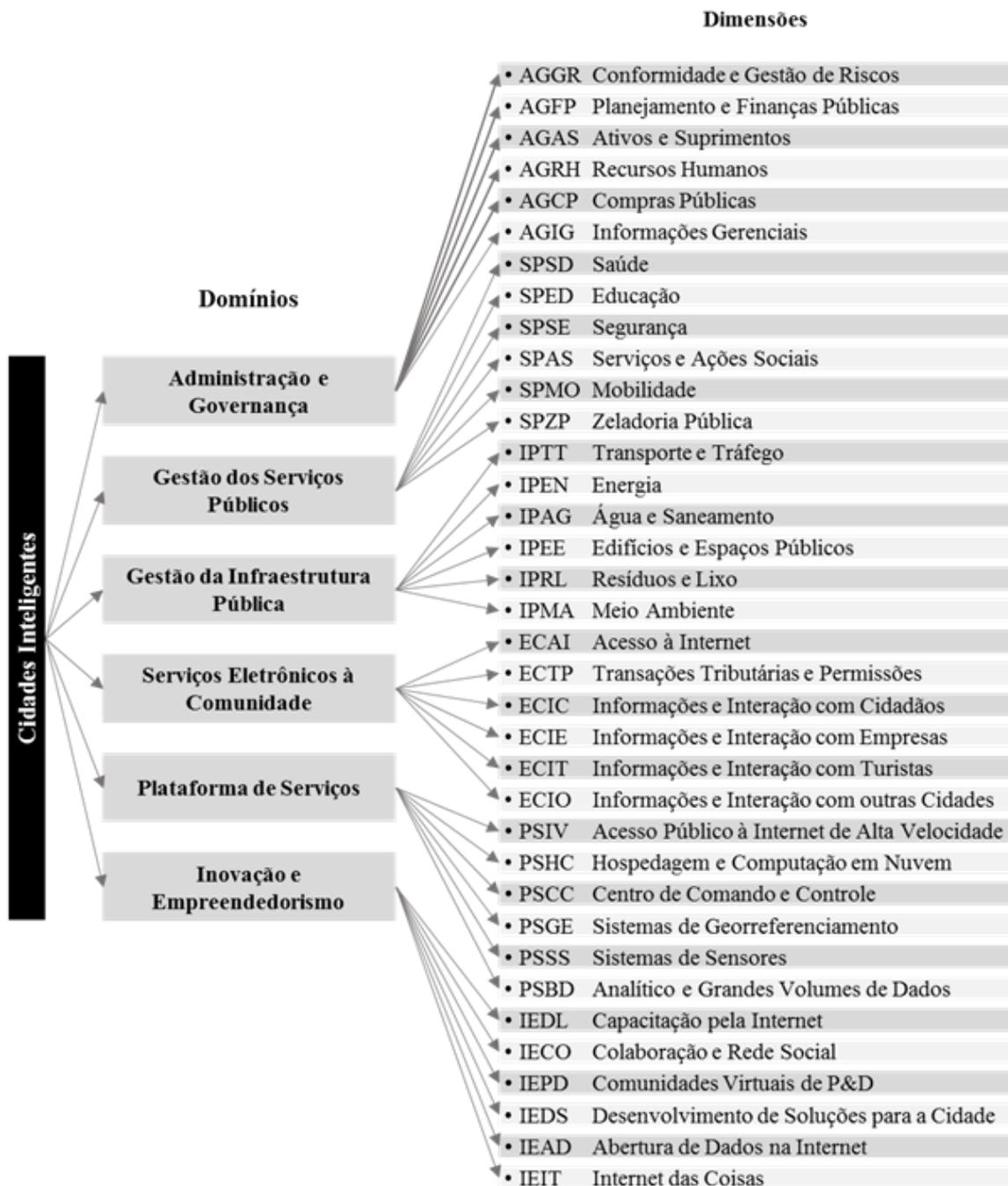
Figura 2: Áreas de aplicação de TIC para a gestão das cidades



Com ele, articula-se que as tecnologias empregadas devem integrar-se, direta ou indiretamente, proporcionando o suporte tecnológico necessário para a gestão dos principais subsistemas urbanos.

Seguindo esse raciocínio, refletindo a literatura pesquisada, propõe-se que o modelo 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, ligam-se seis subsistemas secundários – dimensões – como apresentado na Figura 3, representando as principais agregações de obrigações, responsabilidades ou boas práticas diretamente vinculadas ao poder público.

Figura 3: Diagrama dos domínios e dimensões tecnológicas para cidades inteligentes



Fonte: Autor.

É esperado que a cidade inteligente seja, portanto capaz de viabilizar as dimensões e consequentemente os domínios com a utilização das TIC.

Dinâmica de resolução do modelo

Essa utilização das TIC se dá pelo incremento sistemático de características e funcionalidades específicas para cada dimensão 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, são considerados cinco níveis de prontidão progressivos, como caracterizados na 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.

Quadro 2: Quadro explicativo dos níveis de prontidão das TIC para cidades inteligentes

Nível	Descrição
1 - Inexistente	Nesse nível, a cidade não realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão e não utiliza qualquer tipo de TIC para suportá-las.
2 - Elementar	Nesse nível, a cidade realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão utilizando recursos elementares das TIC, como planilhas eletrônicas, editores de textos ou aplicativos isolados – stand alone – criados pelos próprios usuários.
3 - Automatizada	Nesse nível, as atividades ou ações realizadas pela cidade, relacionadas à dimensão, contam com recursos de TIC, particularmente com um sistema de informações desenvolvido (ou adquirido) para a finalidade específica exigida pela dimensão, sem recursos de integração com outros sistemas de informações de dimensões do mesmo domínio ou de outros domínios.
4 - Integrada	Nesse nível, os recursos de TIC, particularmente o sistema de informações desenvolvido (ou adquirido) para a finalidade específica exigida pela dimensão, é complementado com funcionalidades avançadas e conta com integração de recursos de TIC e sistemas de informações de outras dimensões, do mesmo domínio ou de outros domínios.
5 - Avançada	Nesse nível, os recursos de TIC, particularmente o sistema de informações desenvolvido (ou adquirido) para a finalidade específica exigida pela dimensão, é integrado a recursos de TIC e a sistemas de informações de outras dimensões, do mesmo ou de outros domínios; é complementado por funcionalidades de publicação e abertura automatizada de dados na internet, além de contar com facilidades de interação com os atores, em tempo real, acerca de todos os eventos que permeiam a dinâmica urbana, notadamente aqueles relativos à dimensão considerada.

Fonte: Autor.

Tendo em vista a incrementabilidade qualitativa do modelo no que concerne às funcionalidades esperadas para cada uma das dimensões, assume-se que qualquer nível superior é o resultado do nível imediatamente inferior acrescido das funcionalidades do nível em análise.

Da mesma forma, como os subsistemas urbanos guardam entre si certas interações e dependências, o modelo também considera que determinadas dimensões de diferentes domínios também observam certas interações e dependências, formando uma rede de colaboração entre tecnologias, particularmente entre sistemas de informação.

Tal como os nós de uma rede também não se relacionam obrigatoriamente na razão de n para n , as dimensões do modelo avaliativo proposto não se relacionam entre si em sua totalidade. Nesse sentido, considera-se que os relacionamentos dos n nós de uma rede podem ser expressos por meio de uma matriz de adjacência.

Segundo Figueiredo (2011), esse tipo de matriz codifica todas as arestas da rede 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 $A(i, j) = 0$.

O modelo proposto define uma rede base e que é utilizada como padrão comparativo para a avaliação das cidades. A matriz de adjacência resultante 'A' é uma matriz quadrada, estática, dirigida, assimétrica, com 36 nós ($n = 36$) e 291 arestas ($E = 291$) propostas. Apresenta densidade D igual a 0,4619, resultado da aplicação da expressão $D = 2E / n(n - 1)$.

Uma representação gráfica da rede em que se possa observar não somente as ligações entre nós, mas, também, a centralidade de grau dos nós – dimensões –, pode ser um artifício útil para que,

sua função exclusivamente para o que está sendo coletado, mas não para o tratamento de informações de todas dimensões do sistema urbano.

d) 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.

e) 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.

f) O sistema de Gestão da Educação é também um polo em que há potencial para maior exploração das TIC.

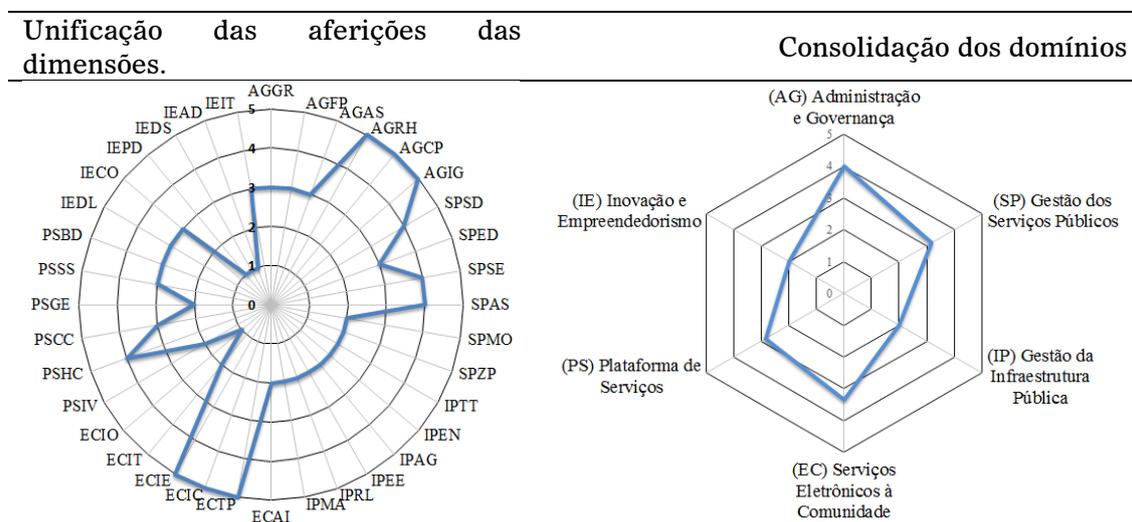
g) A capacidade de a cidade implantar serviços eletrônicos, como nos casos de Recursos Humanos, Compras Públicas, Transações Tributárias e Permissões, sugere que estender as funcionalidades do sistema é uma ação exequível e de potencial usabilidade pelos atores.

h) 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.

i) A matriz resultante de 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.

Os resultados consolidados estão demonstrados na Figura 5.

Figura 5: Consolidação dos resultados da cidade de Barueri



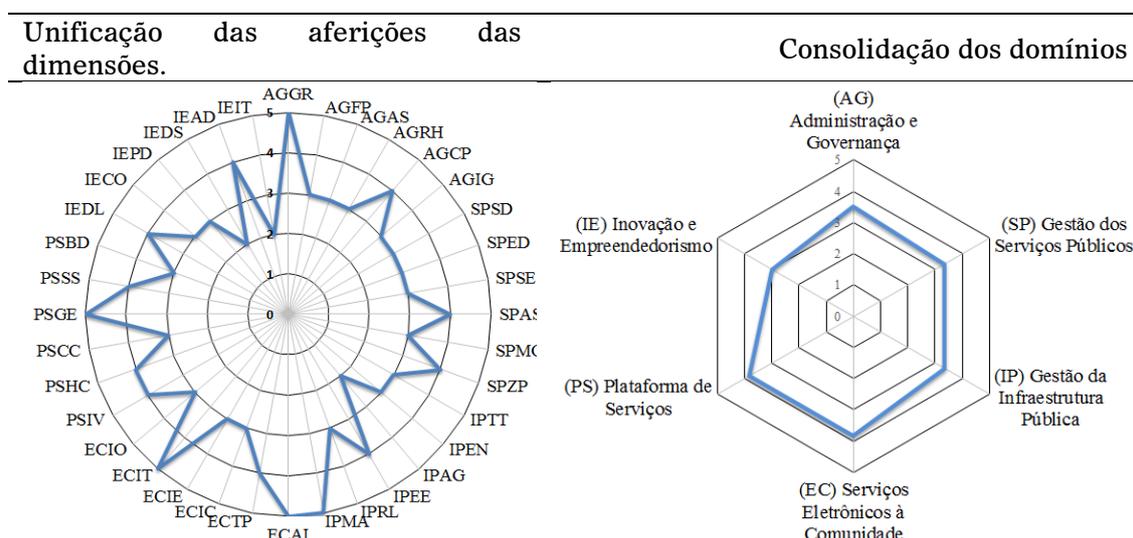
Fonte: Autor.

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.

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.

Os resultados consolidados estão demonstrados na Figura 7.

Figura 7: - Consolidação dos resultados da cidade de Santos



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).

Da matriz de adjacência resultante da cidade de Santos, foi possível determinar o diagrama da rede resultante, como mostrado na Figura 8 em que se pode observar as dimensões destacadas nos cálculos de centralidade.

habitantes/km². A população conta com mais de 70 estabelecimentos de saúde vinculados ao Sistema Único de Saúde (SUS) e mais de 310 escolas públicas

Da aplicação do modelo avaliativo em Sorocaba, foi possível observar que:

a) 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.

b) 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 Georreferenciamento, Sistema de Sensores e todas as dimensões de Inovação e Empreendedorismo são áreas em que as TIC se encontram em níveis ainda elementares.

c) 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.

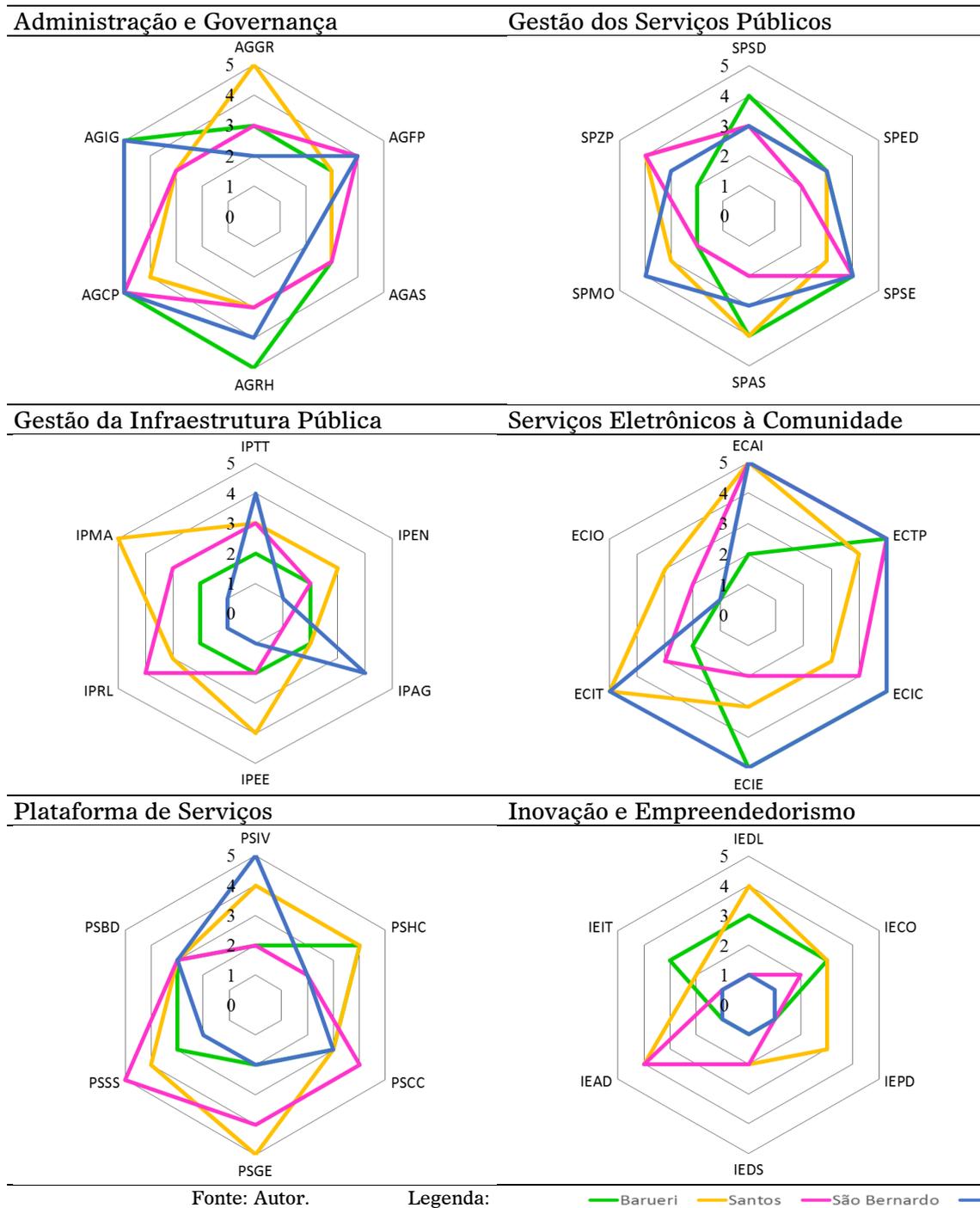
d) Das 36 dimensões contempladas no modelo, 16 delas estão entre os níveis “1” e “2”, particularmente localizadas nos domínios Gestão da Infraestrutura Pública e Inovação e Empreendedorismo, sugerindo o deslocamento da prioridade de investimento para outros segmentos contemplados no modelo.

e) A matriz resultante de Sorocaba produziu uma matriz aferida com 114 arestas e densidade “D” igual a 0,1810 com potencial de 136 arestas e densidade “D” igual a 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.

Os resultados consolidados estão demonstrados na Figura 11.

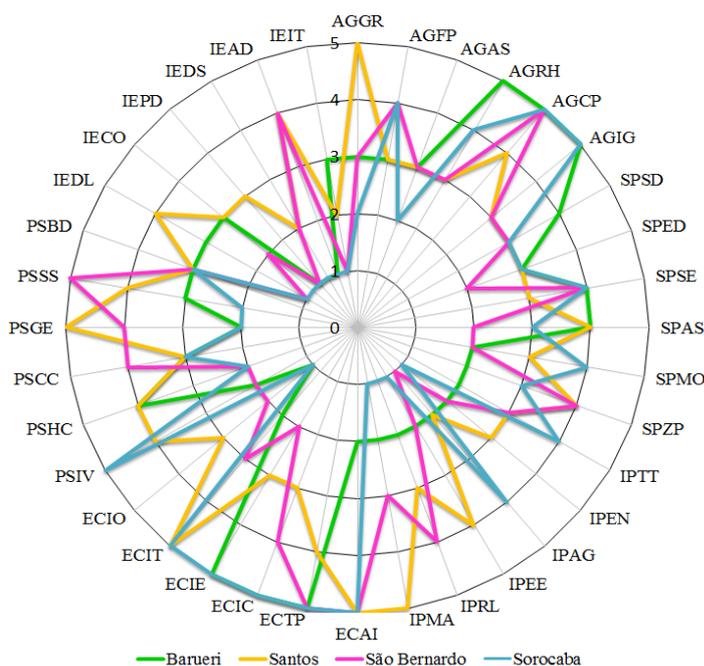
A demonstração comparativa apresenta a pontuação direta aferida de cada cidade, a pontuação de cada domínio, o comparativo de aferição entre cidade de cada dimensão e o comparativo dos resultados finais das medidas de centralidade e aderência ao modelo avaliativo proposto neste trabalho. Esse resultado é explicado, como mencionado anteriormente, pelas aferições obtidas por cada dimensão em particular.

Figura 13: Comparativo entre cidades por domínio



O detalhamento dos domínios, como apresentado na Figura 14, permite a averiguação comparativa de cada dimensão de cada domínio e de cada cidade.

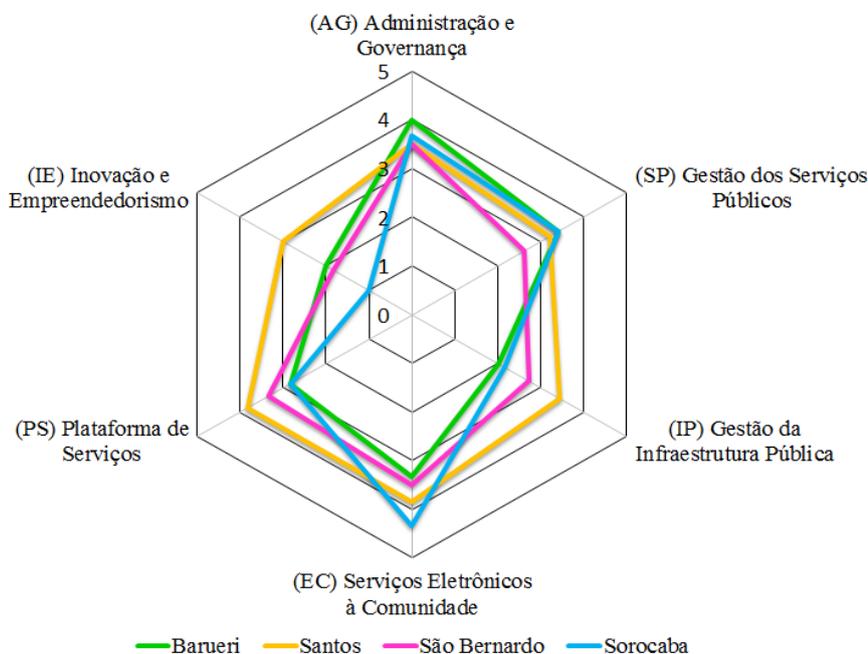
Figura 14: Comparativo das dimensões por cidade



Fonte: Autor.

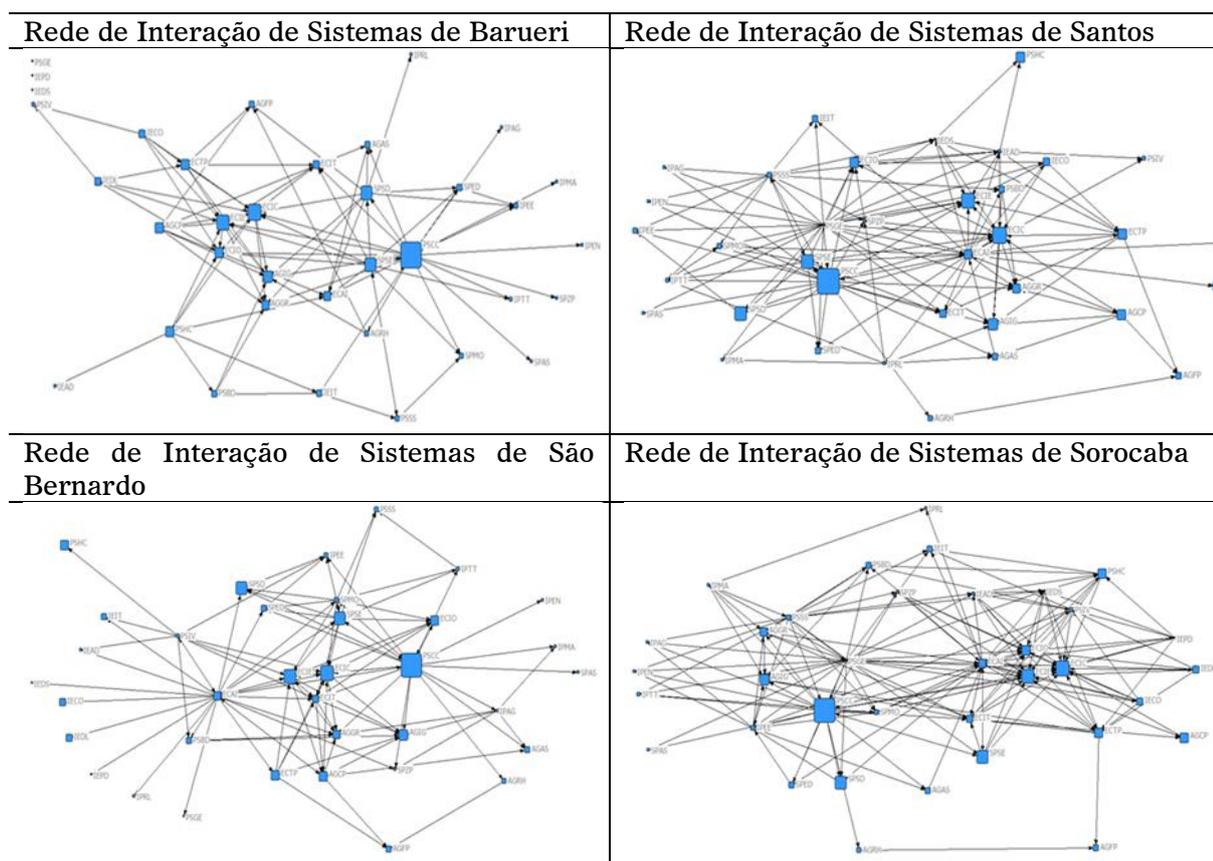
Consideradas as demonstrações anteriores, é possível estabelecer uma comparação gráfica final acerca de como as cidades estão dispoendo as TIC para atender cada domínio do modelo, como apresentado Figura 15.

Figura 15: Comparativo de prontidão das TIC por domínio por cidade



Fonte: Autor.

A aplicação do modelo permitiu o estabelecimento de redes de relacionamento entre as dimensões de cada domínio, cuja comparação pode ser observada na Figura 16. As redes foram realizadas com a ajuda do software UCINET (Borgatti, Everett; Freeman, 2002).

Figura 16: Comparativo das dimensões por cidade

Fonte: Autor.

Finalizando as demonstrações, comparações e análises, a Tabela 1 apresenta um resumo dos indicadores produzidos na execução do modelo, incluindo indicadores básicos disponibilizados pelo IBGE.

Tabela 1: Quadro resumo de indicadores

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
Resultado do domínio AG	4	3	3	4
Resultado do domínio SP	3	3	3	3
Resultado do domínio IP	2	3	2	2
Resultado do domínio EC	3	4	3	4
Resultado do domínio PS	3	4	3	3
Resultado do domínio IE	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: Autor.

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. A despeito 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.

Considerações finais

As arenas de debate sobre o papel das cidades no atual cenário global têm se intensificado nos últimos, notabilizadas pela extensa literatura que trata o assunto sob diferentes disciplinas e perspectivas sociais, ambientais e econômicas. As evidenciadas demandas dos atores impulsionam a constante geração de inovações que façam frente a essas demandas. Entretanto, há que se atentar para o fato de que crescimento das economias motivado pelo fenômeno da urbanização não significa que o processo de desenvolvimento sustentável esteja presente.

O conceito de cidade inteligente tem emergido globalmente como um caminho para o enfrentamento das questões e restrições colocadas às cidades. As oportunidades trazidas pela implementação de cidades inteligentes potencializam os aspectos da sustentabilidade urbana. Novas tecnologias ubíquas fornecem maior capacidade e desempenho para que os subsistemas urbanos possam interagir de forma plena, propiciando efetividade na gestão urbana. Elas 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. Permitem que os gestores municipais sejam capazes de se antecipar a questões críticas, como gestão da água, intervenção em tempo real no sistema viário, disponibilização de conteúdos educacionais de forma digital, aprimoramento do atendimento do sistema público de saúde ou ainda redução do deslocamento dos cidadãos e outros atores aos postos de atendimento do poder público. Por essas e outras razões, organizações governamentais e não governamentais, firmas globais de consultoria por intermédio de seus departamentos de pesquisa e desenvolvimento, empresas líderes da indústria de TIC e universidades em todo o mundo têm empenhado recursos humanos, técnicos e financeiros para o melhor entendimento dos problemas que afetam a dinâmica urbana e para a busca de soluções inovadoras viáveis, assim como para determinar as formas e conteúdos característicos de uma cidade inteligente.

Em uma perspectiva crítica, entretanto três aspectos merecem consideração. O primeiro aspecto diz respeito ao paradigma das cidades inteligentes, que está fortemente calcado nas experiências de cidades localizadas em países desenvolvidos, nos quais as restrições na infraestrutura básica de comunicações e nos sistemas de informação de gestão elementares já foram vencidas, o que não se configura como necessariamente verdadeiro para as cidades de países emergentes, como o Brasil particularmente. O segundo aspecto está voltado às cidades que propagam ser portadoras de um padrão de gestão urbana inteligente, porque dispõem desse ou daquele componente tecnológico e disso lançam mão como um tipo de estratégia de 'marketing' da administração pública para se posicionarem como cidades inteligentes. O terceiro aspecto diz respeito às intervenções comerciais da indústria de TIC no sentido de apontar soluções tecnológicas de última geração e custos de aquisição, implementação e manutenção nem sempre acessíveis à maioria das cidades, em detrimento de outras tecnologias mais elementares para a eficiência da gestão pública.

A concretização do conceito 'cidade inteligente' exige abordagens pragmáticas e que considerem de forma plena como as cidades desenvolvem suas responsabilidades de atenção aos atores no dia-a-dia e como a interação ator-poder público se dá efetivamente. Nesse sentido, a inteligência da cidade está fortemente associada às suas habilidades de transformar necessidades e obrigações em sistemas de informação robustos, integrados, escaláveis e resilientes utilizando, para tanto, os constantes avanços das TIC. Resta, entretanto, saber o que as aplicações de TIC devem, minimamente, contemplar em termos de funcionalidades, de forma progressiva e integrada, para que os investimentos em recursos humanos, técnicos e financeiros não sejam realizados de forma

dispersa, cabendo ao poder público, particularmente, a missão de averiguar o que fazer e em que direção seguir, no sentido de habilitar a cidade com tecnologias capazes de apoiar a transformação necessária e esperada pelos diversos atores.

Com o intuito de contribuir no campo teórico, mas também no campo da aplicação prática para o poder público, academia, iniciativa privada e sociedade, esse trabalho objetivou a proposição de um novo modelo de avaliação e de análise sobre a prontidão de TIC aplicáveis à gestão urbana e, para demonstrar sua aplicabilidade, foi submetido a quatro cidades no estado de São Paulo: Barueri, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba. Esse modelo busca complementar os modelos avaliativos existentes, mas com foco específico na verificação da prontidão e aplicação das TIC para a gestão das cidades. A 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.

Submetidos aos representantes das cidades, os instrumentos de pesquisa retornaram com toda a caracterização esperada, sem que houvesse qualquer necessidade de interação entre o pesquisador e os respondentes, significando o pleno entendimento sobre a forma, o conteúdo e a dinâmica empregados para a execução do modelo.

Os resultados individuais das cidades foram aplicados sobre o modelo, cuja dinâmica de resolução teve como base o confronto dos resultados obtidos com o padrão determinado para o modelo, utilizando as redes formadas pelas interações entre diferentes dimensões de diferentes domínios, sendo esta última forma de análise baseada em formação de redes complexas. Os resultados obtidos possibilitaram aferir e entender como e em que nível de aplicação as cidades dispõem das TIC para a materialização do conceito de cidade inteligente.

Complementarmente, o modelo avaliativo proposto se mostrou útil para: i) promover maior aprofundamento sobre as TIC aplicáveis à gestão das cidades em termos de funcionalidades esperadas e requisitos de integração e intercâmbio de dados, de forma a promover uma visão holística e de dependência entre domínios e dimensões da gestão da cidade; ii) propiciar a criação de plano avaliativo e evolutivo de implementação das TIC na gestão das cidades, considerando o incremento de funcionalidades tecnológicas necessárias a cada dimensão da gestão urbana e as integrações necessárias entre as dimensões de um mesmo domínio ou de outros domínios; iii) apoiar o ordenamento de planejamentos e aquisições de bens e serviços de TIC; iv) apoiar a elaboração de políticas públicas relativas à adoção e aplicação das TIC no âmbito das cidades; v) possibilitar a identificação e o gerenciamento de riscos inerentes ao desenho, execução e aferição de resultados de projetos de TIC pelo poder público em nível local; vi) habilitar governos, organizações não governamentais, cidadãos, empresas e outros atores interessados na gestão das cidades com uma ferramenta capaz de identificar, avaliar e projetar as possibilidades de utilização das TIC para o incremento da eficiência na gestão da cidade visando à implementação de cidades inteligentes; vii) possibilitar a comparação colaborativa entre cidades.

Limitações do estudo

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. Outra potencial limitação a ser considerada trata da quantidade de cidades submetidas ao modelo. Além disso, a aplicação do modelo avaliativo contou com formulações sustentadas por bases teóricas encontradas até o ano de 2015.

Relativamente ao modelo avaliativo, este considera particularmente a visão do poder público sobre a prontidão de suas TIC entre novembro de 2015 e abril de 2016. 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.

Recomendações para futuras pesquisas

Por não ter a pretensão de ser exaustivo e conclusivo, como em qualquer pesquisa voltada às ciências sociais aplicadas e, dada a intensa dinâmica inovadora que envolve as TIC, é esperado que novas formulações advenham desse trabalho.

Os estudos e publicações acerca do tema cidades inteligentes ainda se revestem de pouca exploração, abrindo oportunidades para que pesquisadores de diferentes áreas possam contribuir para o melhor entendimento dos problemas que envolvem a dinâmica urbana, em toda a sua abrangência, e proponham caminhos para possíveis soluções, tendo as TIC como meio para a consecução de melhorias das condições de vida das pessoas e de operação das organizações. A ampliação da abrangência de aplicação do modelo avaliativo proposto pode se constituir em relevante contribuição não somente para a consolidação do modelo, mas também para a ampliação das razões para o desenvolvimento de cidades inteligentes.

Outras possibilidades de futuros estudos podem envolver o estabelecimento de correlações entre os resultados obtidos pelo modelo apresentado nesse trabalho e outras dimensões qualificadoras das cidades: sustentável, criativa, inclusiva. Seria igualmente possível identificar como as TIC têm contribuído para a melhoria de vida dos cidadãos, do ambiente de negócios para as organizações e das capacidades de competitividade em um cenário globalmente urbano, tendo o modelo como uma ferramenta de aferição focada nas aplicações dessas TIC. Outros estudos podem se deter sobre como o poder público, a iniciativa privada e a academia podem ou têm colaborado no sentido de incrementar as capacidades organizacionais do próprio poder público na adoção, implementação e manutenção das TIC como meio para a viabilização das cidades inteligentes.

Referências

- AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, n. 60, p. 234-245, 2017.
- ANGELIDOU, M. Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, n. 47, p. 95-106, 2015.
- ANTHOPOULOS, L. Smart utopia VS smart reality: Learning by experience from 10 smart city cases. *Cities*, n. 63, p. 128-148, 2017.
- BARRIONUEVO, J. M.; BERRONE, P.; RICART, J. E. Smart Cities, Sustainable Progress. *IESE Insight Review*, v. 14, p. 50-57, 2012.
- BATAGAN, L. Smart cities and sustainability models. *Informatica Economica*, v. 15, n. 3, p. 80-87, 2011.
- BELANCHE, D.; CASALÓ, L.V.; ORÚS, C. City attachment and use of urban services: Benefits for smart cities. *Cities*, n. 50, p. 75-81, 2016.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002.
- CANTON, J.. The extreme future of megacities. *Significance*, v. 8, n. 2, p. 53-56, 2011.
- CHOURABI, H. *et al.*. Understanding smart cities: an integrative framework. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 45th., 2012, Hawaii. *Anais eletrônicos...* Albany: Center for Technology in Government, 2012. p. 2289-2297. Disponível em < <http://goo.gl/rt6WoP> >. Acesso em: 14 dez. 2014.
- COLLIS, J; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches**. 2. ed.. Thousand Oaks: Sage, 2002.
- DUTTA, S. *et al.* **The global innovation index 2011: accelerating growth and development**. Fontainebleau: INSEAD, 2011.

FIGUEIREDO, D. R. Introdução a Redes Complexas. In: SOUZA, A. F. de; MEIRA JR. W. (Org.). **Atualizações em Informática 2011**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2011, cap. 7. p. 303-358.

FLICK, U. **Uma introdução à Pesquisa Qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2004.

GIFFINGER, R.; HAINDLMAIER, G. Smarter cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? **ACE: Architecture, City and Environment**, n. 12, p. 7-25, 2010.

GRANT, G. L.; ROYLE, M. T. Information technology and its role in creating sustainable competitive advantage. **Journal of International Management**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2011.

HARRISON, C. & DONNELLY, I. A. **A theory of smart cities**. 2011. Disponível em: < <http://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/viewFile/1703/572> >. Acesso em: 18 jun. 2012.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, J. M. *et al.*. Smart cities at the forefront of the future internet. **Lecture Notes in Computer Science**, n. 6656, p. 447-462, 2011.

KANTER, R. M.; LITOW, S. S. Informed and interconnected: a manifesto for smarter cities. **Working Paper 9-141**, 1-27, 2009. Disponível em: < <http://goo.gl/9MLJOU> >. Acesso em: 20 mar. 2013.

KOMNINOS, N. *et al.* Developing a policy roadmap for smart cities and the future internet. In: ECHALLENGES e-2011 CONFERENCE PROCEEDINGS, 2011, Istanbul. **Anais eletrônicos...** Thessalonik: URENIO - Urban and Regional Innovation Research, 2011. Disponível em: < <http://goo.gl/Tqew5k> >. Acesso em: 14 set. 2012.

KOURTIT, K.; NIJKAMP, P.; ARRIBAS, D. Smart Cities in Perspective – A Comparative European Study by Means of Self-organizing Maps. **Innovation: European Journal of Social Science Research**, v. 25, n. 2. p. 229-246, 2012.

LAZAROIU, G. C.; ROSCIA, M. Definition Methodology for the Smart Cities Model. **Energy**, v. 47, n. 1, p. 326-332, 2012.

MARSAL-LLACUNA, M. L.; COLOMER-LLINÀS, J.; MELÉNDEZ-FRIGOLA, J. Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, p. 611-622, 2015.

MARSAL-LLACUNA, M.L.; SEGAL, M.E. The Intelligent Method (I) for making “smarter” city projects and plans. **Cities**, n. 55, p. 127-138, 2016.

MARSAL-LLACUNA, M.L.; SEGAL, M.E. The Intelligent Method (II) for making “smarter” urban policy-making and regulation drafting. **Cities**, n. 61, p. 83-95, 2017.

MEIER, W. J.; ULFERTS, G. W.; HOWARD, T. L. Transforming city governments through IT. **The Review of Business Information Systems**, v. 15, n. 4, p. 1-3, Fourth Quarter, 2011.

NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH: DIGITAL GOVERNMENT INNOVATION IN CHALLENGING TIMES, 12th, 2011, Washington. **Anais eletrônicos...** New York: ACM, 2011. Disponível em: < http://www.ctg.albany.edu/publications/journals/dgo_2011_smartcity/dgo_2011_smartcity.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2012.

NAVARRO, J.L.A., RUIZ, V.R.L.; PEÑA, D.N. The effect of ICT use and capability on knowledge-based cities. **Cities**, n. 60, p. 272-280, 2017.

NEIROTTI, P. *et al.*. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities**, n. 38, p. 25–36, 2014.

PALLOT, M. *et al.* Future internet and LivingLab research domain landscapes: filling the gap between technology push and application pull in the context of smart cities. In: ECHALLENGES e-2011 CONFERENCE PROCEEDINGS, 2011, Istambul. **Anais eletrônicos...** Thessalonik: URENIO - Urban and Regional Innovation Research, 2011. Disponível em: < <http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/2011-eChallenges-Nr-200-Future-Internet-and-Living-Labs-Published.pdf> >. Acesso em: 14 ago. 2012.

SCOTTISH CITIES ALLIANCE. **Smart Cities Maturity Model**. 2015. Disponível em < <http://www.scottishcities.org/smartcities/> >. Acesso em: 14 mai. 2015.

SMART CITIES COUNCIL. **Smart Cities Readiness Guide**. 2013. Disponível em < <http://smartcitiescouncil.com/resources/smart-cities-readiness-guide> >. Acesso em: 05 fev. 2015.

THITE, M. Smart Cities: Implications of Urban Planning for Human Resource Development. **Human Resource Development International**, v. 14, n. 5, p. 623–631, 2011

TOPPETA, D. The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, “Livable”, Sustainable Cities. 2010. Disponível em < http://inta-aijn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/Toppeta_Report_005_2010.pdf >. Acesso em: 05 fev. 2015.

WEZIAK-BIALOWOLSKA, D. Quality of life in cities – Empirical evidence in comparative. **Cities**, n. 58, p. 87-96, 2016

WOLFRAM, M. Deconstructing smart cities: an intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and ICT development. **Proceedings REAL CORP 2012** Tagungsband, p. 171-181, 2012.

ZYGIARIS, S. Smart City Reference Model: Assisting Planners to Conceptualize the Building of Smart City Innovation Ecosystems. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 4, n. 2, p. 217–231, 2013.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.