
MUNICÍPIOS PARANAENSES

SOB A ÓTICA DOS INDICADORES

DE CIDADES INTELIGENTES

E SUSTENTÁVEIS:

UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA*



Cassiana Ferreira Bachendorf, Gilson Ditzel Santos,
Giovanna Pezarico, |Marcos Paulo Silva

Resumo: este artigo tem como objetivo avaliar os municípios do Estado do Paraná sob a ótica das cidades inteligentes e sustentáveis, por meio de indicadores disponíveis em bases secundárias. Foram extraídos indicadores de artigos científicos sobre cidades inteligentes e sustentáveis que estão disponíveis em bases de dados brasileiras. Assim, foram obtidos dados das 399 cidades do Paraná, referentes aos indicadores identificados, através da base de dados da Casa Civil do Estado do Paraná, IPARDES e IBGE. Com isso, foi possível identificar 9 indicadores que podem ser utilizados para a avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, assim como, foi possível ranquear os municípios paranaenses de acordo com os indicadores através de análise fatorial.

Palavras-chave: Cidades inteligentes e sustentáveis. Indicadores de avaliação. Análise estatística. Análise fatorial. Ranking de cidades.

MUNICIPALITY OF PARANÁ UNDER THE OPTICS OF SMART AND SUSTAINABLE CITIES INDICATORS: A STATISTICAL ANALYSIS

Abstract: this article aims to evaluate the cities of the State of Paraná from the perspective of smart and sustainable cities, through indicators available on secondary bases. In order to do so, we have extracted indicators of scientific articles about smart and sustainable cities that are available in Brazilian databases. Thus, data were obtained from the 399 cities of Paraná, referring to the indicators identified, through the database of the Civil House of the State of Paraná, IPARDES and IBGE. With this, it was possible to identify 9 indicators that can be used for the evaluation of smart and sustainable cities, as well as, it were possible to rank the cities of Paraná according to the indicators through factorial analysis.

Keywords: Smart and Sustainable Cities. Evaluation indicators. Statistical Analysis. Factor analysis. Ranking of cities.

MUNICIPIOS PARANAENSES BAJO LA ÓSTICA DE LOS INDICADORES DE CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES: UN ANÁLISIS ESTADÍSTICA

Resumen: este artículo tiene como objetivo evaluar las ciudades del estado de Paraná desde la perspectiva de ciudades inteligentes y sostenibles, a través de indicadores disponibles en bases secundarias. Para hacerlo, hemos extraído indicadores de artículos científicos sobre ciudades inteligentes y sostenibles que están disponibles en bases de datos brasileñas. Así, se obtuvieron datos de las 399 ciudades de Paraná, haciendo referencia a los indicadores identificados, a través de la base de datos de la Casa Civil del Estado de Paraná, IPARDES e IBGE. Con esto, fue posible identificar 9 indicadores que pueden ser utilizados para la evaluación de ciudades inteligentes y sostenibles, así como también, fue posible clasificar las ciudades de Paraná de acuerdo con los indicadores a través del análisis factoria

Palabras-clave: Ciudades inteligentes y sostenibles. Indicadores de evaluación. Análisis estadístico. Análisis factorial. Ranking de ciudades.

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, aliado ao crescimento acelerado das cidades e da população urbana, as práticas relacionadas às cidades inteligentes e sustentáveis surgem como uma alternativa para a gestão e políticas públicas, bem como para a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

Através das premissas e indicadores de avaliação relacionados, as cidades inteligentes e sustentáveis se apresentam como uma possibilidade para a mitigação dos principais problemas que vêm afetando as cidades, como por exemplo, a poluição, o gasto energético em demasia, os congestionamentos e o aquecimento.

Diversos são os autores que contribuem no debate das cidades inteligentes, no sentido de definir indicadores para a avaliação das cidades, sendo que, alguns destes autores contribuem, agrupando tais indicadores em seis dimensões: economia inteligente, pessoas inteligentes, mobilidade inteligente, meio ambiente inteligente, vida inteligente e governança inteligente (GIFFINGER *et al.*, 2007; CARAGLIU *et al.*, 2011; BATTY *et al.*, 2012). Contudo, ainda há certa dificuldade na obtenção de dados para os indicadores, sendo necessário, desse modo, a identificação de dados disponíveis em bases secundárias.

Nesse sentido, este artigo busca responder à seguinte questão: Quais são os indicadores disponíveis em bases de dados brasileiras que podem compor os critérios de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis? Assim, o objetivo geral é verificar qual pode ser o conjunto de indicadores para a avaliação de cidades. Espera-se, com este trabalho, contribuir com a melhor interpretação dos indicadores que são utilizados para a avaliação das cidades.

Para melhor organização e apresentação, este artigo foi dividido em cinco seções. A primeira seção é esta introdução. A segunda seção são os procedimentos metodológicos utilizados no artigo. A terceira seção é a revisão de literatura, onde são apresentadas as definições de cidades inteligentes e sustentáveis. A quarta seção se constitui da análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa. Finalmente, a quinta seção são as considerações finais acerca do trabalho, seguida das referências utilizadas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa usará do método estatístico, podendo ser considerada uma pesquisa quantitativa, visto que os atributos das variáveis utilizadas são numéricos. Também é considerada uma pesquisa descritiva, por ter a pretensão de descrever as características dos municípios paranaenses acerca dos indicadores de cidades inteligentes.

Primeiramente, foi realizada a definição da amostra da pesquisa. Em seguida, foram identificados, em artigos científicos, os indicadores de avaliação de cidades inteligentes. Posteriormente, foram recolhidos os dados para cada indicador, de cada uma das 399 cidades do Estado do Paraná, sendo que estes foram retirados de fontes de base secundária: IPARDES, IBGE e Casa Civil do Estado do Paraná. Depois disso, foi executada a técnica de análise fatorial, utilizando o *Software IBM® SPSS Statistics*, versão 20.0.

DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

Segundo o IBGE (2016), o Brasil possui 5.570 cidades, sendo que destas, 1.191 pertencem à região Sul do país, e 399 cidades ficam localizadas no Estado do Paraná.

Em 2016, o ranking *Connected Smart Cities*¹, composto por 100 cidades, teve 38% do ranking composto por cidades do Estado de São Paulo, 11% por cidades do Paraná, 10% por cidades de Minas Gerais, 8% por cidades do Rio de Janeiro, 7% por cidades de Santa Catarina, 6% por cidades do Rio Grande do Sul, 3% por cidades do Espírito Santo e 3% também de Goiás, 2% por cidades da Paraíba e também do Mato Grosso do Sul, e 1% por cidades de Alagoas, assim como 1% também por cidades do Pernambuco, Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Bahia, Sergipe, Tocantins, Ceará, Distrito Federal e Piauí. A Tabela 1, abaixo, aponta as 10 primeiras colocadas neste ranking:

Tabela 1: 10 primeiras cidades colocadas no ranking Connected Smart Cities 2016

Posição	Cidade	Pontuação	Posição	Cidade	Pontuação
1º	São Paulo (SP)	35,714	6º	Vitória (ES)	32,909
2º	Rio de Janeiro (RJ)	34,963	7º	Florianópolis (SC)	32,507
3º	Curitiba (PR)	34,884	8º	Barueri (SP)	31,989
4º	Brasília (DF)	33,844	9º	Recife (PE)	31,864
5º	Belo Horizonte (MG)	33,187	10º	Campinas (SP)	31,387

Nota: tabela feita pelos autores com dados levantados pela pesquisa.

De acordo com este ranking, o Paraná foi o segundo estado com mais cidades entre todas as 100 mais inteligentes do Brasil, ficando atrás do Estado de São Paulo, e na frente do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais possui 853 cidades, mais que dobro das cidades paranaenses, e apenas 10 entraram para o ranking *Connected Smart Cities*, e o Paraná, com 399 obteve 11 cidades no ranking: Curitiba (3ª), Maringá (17ª), Foz do Iguaçu (42ª), Cascavel (52ª), Umuarama (56ª), Toledo (68ª), São José dos Pinhais (69ª), Pato Branco (81ª), Francisco Beltrão (87ª) e Cianorte (96ª).

Desse modo, optou-se em realizar esta pesquisa com os municípios do Estado do Paraná, para verificar o nível de inteligência destes de acordo com os indicadores de cidades inteligentes e sustentáveis, o que será possível com o ranqueamento das mesmas. Os municípios do Estado do Paraná foram escolhidos, também, para compor a amostra deste trabalho, intencionalmente, pois os dados do IPARDES, classificados por grandes temas e assuntos, facilitou a busca das informações para as variáveis.

Em relação ao tamanho da amostra, Hair *et al.* (2009, p. 108) aconselham que, de preferência, este deve ser maior ou igual a 100, e que, como regra geral, é recomendável que a amostra seja no mínimo 5 vezes maior do que o número de variáveis a serem analisadas. Neste trabalho, são 33 variáveis utilizadas, de modo que pelo menos 165 casos já seriam suficientes para a análise, contudo, a amostra utilizada é de 399 observações, atingindo uma proporção superior à aconselhável.

Neste sentido, o presente artigo analisa todos os 399 municípios do Estado do Paraná, de acordo com indicadores de cidades inteligentes e sustentáveis.

INDICADORES IDENTIFICADOS

Após pesquisa em artigos científicos referentes ao tema cidades inteligentes e sustentáveis, foram identificados um total de 402 indicadores, em 9 artigos analisados (Tabela 2). Porém, alguns indicadores repetem entre um artigo e outro.

Tabela 2: Total de indicadores identificados nos artigos analisados

Artigo	Autor/ Autores	Número de indicadores identificados
<i>Smart cities of the future</i>	BATTY <i>et al.</i> (2012)	33
<i>Smart cities in Europe</i>	GIFFINGER <i>et al.</i> (2007)	33
<i>Definition methodology for the smart cities model</i>	LAZAROIU; ROSCIA (2012)	18
<i>Understanding smart cities: an integrative framework</i>	CHOURABI <i>et al.</i> (2012)	20
<i>Modelling the smart city performance</i>	LOMBARDI <i>et al.</i> (2012)	65
<i>A framework for measuring smart cities</i>	PRIANO; GUERRA (2014)	33
<i>Measuring and managing the smartness of cities</i>	CARLI <i>et al.</i> (2013)	119
<i>A multilevel method to assess and design the renovation</i>	MATTONI <i>et al.</i> (2015)	35
<i>New key performance indicators for a Smart Sustainable City</i>	HARA <i>et al.</i> (2016)	46
Total de indicadores identificados		402

Nota: tabela feita pelos autores com dados levantados pela pesquisa.

Assim, depois de selecionados e retirados aqueles que se repetem, foram definidos 285 indicadores. Destes, 33 indicadores foram encontrados em bases secundárias (IPARDES, IBGE e Casa Civil do Estado do Paraná).

Após a coleta dos dados realizou-se análise fatorial exploratória, com o objetivo de verificar como os indicadores se agrupam em termos de dimensões. A hipótese inicial é de que os indicadores se agrupam de acordo com as seis dimensões de cidades inteligentes e sustentáveis (GIFFINGER *et al.* 2007; CARAGLIU *et al.* 2011; BATTY *et al.* 2012), ou seja, economia inteligente, pessoas inteligentes, governança inteligente, mobilidade inteligente, meio ambiente inteligente e vida inteligente.

CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos, as cidades vêm se esforçando no sentido de tornarem-se mais inteligentes. Porém, é importante considerar que os objetivos de cidades inteligentes e cidades sustentáveis estão estreitamente interligados (AHVENNIEMI *et al.*, 2017).

Para a União Europeia, por exemplo, as cidades inteligentes podem ser definidas como

[...] sistemas de pessoas interagindo e usando energia, materiais, serviços e financiamento para catalisar o desenvolvimento econômico sustentável, garantindo resiliência e melhor qualidade de vida. Esses fluxos e interações se tornam inteligentes ao fazer uso estratégico de infraestrutura e serviços de informação e comunicação em um processo de planejamento e gestão urbana transparente que responda às necessidades sociais e econômicas da sociedade (SMART CITIES AND COMMUNITIES, 2013).

Observa-se, no entanto, que esse conceito é compatível ao conceito de sustentabilidade ambiental, onde, com a implantação de tecnologias nas cidades, objetiva-se a redução dos gases que causam o efeito estufa (AHVENNIEMI *et al.*, 2017).

Em se tratando de cidades, Acselrad (1999) define como cidade sustentável “aquela que, para uma mesma oferta de serviços, minimiza o consumo de energia fóssil e de outros recursos materiais, explorando ao máximo os fluxos locais e satisfazendo o critério de conservação de estoques e de redução do volume de rejeitos” (ACSELRAD, 1999, p. 82). Nesse sentido, considerando a cidade como um artefato humano por excelência, produto de design, no sentido amplo da palavra: desejo, desígnio, projeto, é com processos inteligentes e criativos que ela se reinventa (LEITE, 2012, p. 34). Ou seja, a cidade, como espaço técnico, precisa tornar-se mais inteligente e com soluções mais criativas para efetivar o seu desenvolvimento.

Dirks e Keeling (2009) afirmam que as cidades têm enfrentado desafios e ameaças quanto à sustentabilidade, através dos sistemas de transporte, água, energia e comunicação, e, para aproveitar as oportunidades e construir uma prosperidade de modo sustentável, as cidades precisam se tornar mais inteligentes (DIRKS; KEELING, 2009).

São diversos os autores que fazem sua contribuição na tentativa de definir o que é, de fato, uma cidade inteligente, buscando métodos e padrões para avaliar e definir perspectivas para que as cidades venham a se tornar inteligentes, ou mais inteligentes, de modo a garantir um futuro sustentável.

No sentido de melhorias para os problemas urbanos atuais, Hollands (2014, p. 1), afirma que “cidade inteligente é, atualmente, construída como uma solução dos muitos problemas urbanos, como o crime, o congestionamento do tráfego, serviços ineficientes, e

estagnação econômica”. O termo cidade inteligente, para Lombardi (2011), faz referência a vários aspectos que vão desde o uso das TIC até o nível educacional dos seus habitantes. Para a autora, o termo frequentemente refere-se à relação entre o governo municipal e os cidadãos, sistemas de transporte inovadores, infraestruturas e logística, com como os sistemas de energia eficientes. Essa autora ainda comenta que a revisão de literatura revela como os principais aspectos de uma cidade inteligente: governança inteligente, capital humano inteligente, meio ambiente inteligente, vida inteligente e economia inteligente.

A essência da cidade inteligente gira em torno da necessidade da coordenação e integração das tecnologias que, geralmente são desenvolvidas separadamente, mas que possuem sinergia, onde, a fusão destas pode trazer melhoria na qualidade de vida do cidadão (BATTY *et al.*, 2012). Ainda, definições compreendem a integração e a comunicação entre diferentes infraestruturas e serviços de uma cidade como essenciais e que podem funcionar efetivamente para o desenvolvimento de uma cidade inteligente.

Giffinger *et al.* (2007) acreditam que uma cidade inteligente é aquela com bom desempenho em seis características construídas sob a combinação “inteligente” de fatores e atividades de cidadãos auto decisivos, independentes e conscientes: economia inteligente (espírito inovador, empreendedorismo, imagem econômica e marcas comerciais, produtividade, flexibilidade de mercado de trabalho, inserção internacional, capacidade de transformar) pessoas inteligentes, ou capital humano (nível de qualificação, afinidade com a aprendizagem ao longo da vida, pluralidade étnica e social, flexibilidade, criatividade, cosmopolitanismo/ mente aberta, participação na vida pública) , governança inteligente (participação na tomada de decisões, serviços públicos e sociais, governança transparente, estratégias políticas e perspectivas), mobilidade inteligente (acessibilidade local e internacional, disponibilidade de infra-estrutura de TIC, sustentabilidade, inovação e sistemas seguros de transporte), meio-ambiente inteligente (atratividade das condições naturais, poluição, proteção ao meio ambiente, gestão sustentável dos recursos) e vida inteligente (equipamentos culturais, condições saudáveis, segurança individual, habitação de qualidade, equipamentos de educação, atratividade turística e coesão social).

Desse modo e baseados nessas seis dimensões, Caragliu *et al.* (2011) definem cidade inteligente como aquela onde haja investimentos em capital humano e social, transporte, TIC, infraestrutura de comunicação, crescimento econômico sustentável, elevada qualidade de vida com inteligente gestão dos recursos naturais, por meio de governança participativa.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Descrição das Variáveis

O Quadro 1, abaixo, mostra a descrição de cada variável utilizada para a análise, agrupadas nas seis dimensões de cidades inteligentes e sustentáveis. É importante mencionar que os valores de algumas dessas variáveis foram convertidos em *per capita*, para que fosse possível a comparação entre os municípios de tamanhos diversos. As variáveis que sofreram essa conversão foram: V1, V2, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V26, V29, V31, V32 e V33.

Quadro 1: Descrição das 33 variáveis utilizadas

ECONOMIA INTELIGENTE	V1	Agências bancárias (total) – Corresponde às agências de instituições bancárias, sob a supervisão do Banco Central (BACEN), em funcionamento.
	V2	Despesas Municipais por Função - Educação (R\$ 1,00) – Corresponde às despesas decorrentes das ações voltadas para a educação.
	V3	Produto Interno Bruto per Capita (R\$ 1,00) – Corresponde ao valor do PIB global dividido pelo número absoluto de habitantes de um país, região, estado ou município.
	V4	Renda Média Domiciliar per Capita (R\$ 1,00) – Corresponde à média das rendas domiciliares per capita das pessoas residentes em determinado espaço geográfico, no ano considerado. Considerou-se como renda domiciliar per capita a soma dos rendimentos mensais dos moradores do domicílio, em reais, dividida pelo número de seus moradores.
	V5	Estabelecimentos (RAIS) – Total - É a soma dos grandes setores de atividade econômica: Indústria; Construção Civil; Comércio; Serviços; Agropecuária; e Atividade não Especificada ou Classificada.
	V6	Aeroportos e Aeródromos - Quantidade
	V7	Emprego Formal (CAGED) – Saldo – Corresponde ao saldo de empregados no período (diferença entre admitidos e desligados)
PESSOAS INTELIGENTES	V8	Eleitores – Total – Corresponde ao número de pessoas a quem se atribui a aptidão de participar da escolha de um representante para exercer cargo público.
	V9	Pessoas que frequentavam especialização de nível superior, mestrado ou doutorado- número total de pessoas
	V10	Pessoas com 10 anos ou mais de idade com ensino médio completo e superior incompleto – número total de pessoas
	V11	Pessoas de 10 anos ou mais de idade com ensino superior completo – número total de pessoas
	V12	Profissionais das ciências e intelectuais -número total de pessoas
	V13	Pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas na semana de referência - sem remuneração- número total de pessoas
GOVERNANÇA INTELIGENTE	V14	Instituições de Educação Superior – Total – Corresponde às unidades organizacionais que, dependendo administrativamente de uma única entidade e com uma única direção, oferecem educação superior.
	V15	IDEB - Ensino Fundamental - Anos Iniciais - Rede Pública (média) – Corresponde à aprovação escolar, obtido no Censo Escolar, e médias de desempenho nas avaliações do INEP, sendo o SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica) - para as unidades da federação e para o país, e a Prova Brasil - para os municípios. A avaliação do ensino fundamental, nos anos iniciais, foi realizada com alunos da 4ª série ou do 5º ano, da rede pública (municipal e estadual).
	V16	IDEB - Ensino Fundamental - Anos Finais - Rede Pública (média) - A avaliação do ensino fundamental, nos anos finais, foi realizada com alunos da 8ª série ou do 9º ano, da rede pública (municipal, estadual e federal).
	V17	Taxa de fecundidade – Total (filhos/mulher) - Número médio de filhos que uma mulher deverá ter ao terminar o período reprodutivo (entre 15 e 49 anos de idade).
	V18	Número total de vereadores na cidade
	V19	Número de representantes femininas (vereadoras)

continua...

MOBILIDADE INTE- LIGENTE	V20	Domicílios Particulares Permanentes - Bens Duráveis - Microcomputador - Com Acesso à Internet – Corresponde ao número de domicílios particulares permanentes em que havia microcomputador, e se o mesmo era utilizado para acessar à internet.
	V21	Acidentes de Trânsito – Total – Corresponde ao número de eventos ocorridos na via pública, inclusive calçadas, decorrente do trânsito de veículos e pessoas, que resulta em danos humanos e materiais. Compreende: colisões entre veículos, choque com objetos fixos, capotamentos, tombamentos, atropelamentos, queda de pedestres e ciclistas, etc.
MEIO AMBIENTE INTELIGENTE	V22	Óbitos - Doenças do Aparelho Respiratório – Corresponde ao número total de óbitos, por doenças do aparelho respiratório.
	V23	Domicílios Particulares Permanentes - Destino do Lixo – Coletado – Número de domicílios onde o lixo é coletado diretamente por serviço de empresa pública ou privada ou quando é depositado em uma caçamba, tanque ou depósito, fora do domicílio, para depois ser coletado por serviço de empresa pública ou privada.
	V24	Consumo de Água - Volume Medido (m3) - É o volume fornecido e registrado através de um medidor de água, num determinado ciclo de venda.
	V25	Energia Elétrica - Consumo (Mwh) - É a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia. Essa energia é a que realmente produz trabalho útil, faz os motores e transformadores operarem com carga. O consumo de energia é expresso em megawatts-hora (mwh).
VIDA INTELIGENTE	V26	Leitos Hospitalares - Existente – Total - É o quantitativo de leitos em ambientes hospitalares, nas categorias de leitos cirúrgicos, clínicos, obstétricos, pediátricos, hospital dia e outras especialidades, na quantidade existente e na disponibilizada para atendimento pelo SUS e não SUS. São as camas destinadas à internação de um paciente no hospital. Não considera como leito hospitalar os leitos de observação.
	V27	Taxa de Pobreza (%) - Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita igual ou inferior a R\$ 140,00 mensais, em reais de agosto de 2010. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.
	V28	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) - O IDHM é um índice composto que agrega três das mais importantes dimensões do desenvolvimento humano: a oportunidade de viver uma vida longa e saudável (IDHM Saúde); de ter acesso a conhecimento (IDHM Educação) e ter um padrão de vida que garanta as necessidades básicas (IDHM Renda). O índice varia de 0 (zero) a 1 (um) e apresenta as seguintes faixas de desenvolvimento humano municipal: * 0,000 a 0,499 - muito baixo; * 0,500 a 0,599 - baixo; * 0,600 a 0,699 - médio; * 0,700 a 0,799 - alto; e * 0,800 e mais - muito alto.
	V29	Hospitalizações pelo SUS - Geral por Local de Residência - Número de Internações- Quantidade de autorização de internação hospitalar (AIH) aprovadas no período, não considerando as de prorrogação (longa permanência).
	V30	Densidade Demográfica (hab/km²)- É o indicador que mostra como a população se distribui pelo território, sendo determinada pela razão entre a população e a área de uma determinada região. É um índice utilizado para verificar a intensidade de ocupação de um território.
	V31	Equipamentos culturais- número total – São os espaços físicos, edificações destinadas à prática, à criação e à disseminação cultural de uma localidade, seja vilarejo, bairro, município, estado ou país. Os equipamentos culturais podem ser bibliotecas, cinemas, museus, teatros e espaços culturais, casas de cultura e ainda centros de cultura.
	V32	Estabelecimentos de Ensino (Regular, Especial e EJA) – Total – Corresponde ao número de estabelecimentos em atividade no ensino regular, educação especial e EJA.
V33	Despesas Municipais - Total (R\$ 1,00) - Total da despesa efetivamente realizada durante o exercício fiscal. Engloba as despesas correntes e de capital.	

Nota: quadro feito pelos autores com informações retiradas do IBGE, IPARDES e Casa Civil do Estado do Paraná.

Análise Fatorial

A análise fatorial é uma técnica de interdependência a qual, de acordo com Hair *et al.* (2009, p. 102) “o propósito principal é definir a estrutura inerente entre as variáveis na análise”. Esta técnica, para estes autores, fornece as ferramentas para analisar o grau de inter-relação entre um grande número de variáveis.

Dessa forma, a análise fatorial pode ser usada para conseguir reduzir, ou resumir um número de dados, com uma perda mínima de informações, através de 1) identificação das variáveis que representam um conjunto maior de variáveis ou, 2) construção de um conjunto novo e menor de variáveis, o qual poderá substituir o conjunto original de tais variáveis (HAIR *et al.*, 2009).

Após a etapa de planejamento da análise fatorial, o primeiro passo é “garantir que as variáveis são suficientemente correlacionadas umas com as outras para produzir fatores representativos” Hair *et al.* (2009, p. 109). Desse modo, realizada a análise de componentes principais das 33 variáveis em uma amostra de 399 municípios, a medida de Kaiser- Meyer- Olkin verificou a adequação da amostra para a análise (KMO= 0,868) e o teste de esfericidade de Bartlett revelou que é adequado o uso da técnica de análise fatorial (Sig. 0,000), ou seja, que existem correlações suficientes entre as variáveis utilizadas.

A etapa seguinte é verificar qual o método para a extração dos fatores para, então, determinar o número de fatores que serão mantidos. O critério para a extração de fatores foi *Eigenvalue*, onde foram extraídos apenas os fatores com valor acima de 1. Além disso, foi utilizado o método de análise de componentes principais com rotação ortogonal Varimax, que é um dos métodos de rotação que se concentra na simplificação das colunas em uma matriz fatorial, conseguindo uma estrutura fatorial, então, simplificada (HAIR *et al.*, 2009).

A análise de componentes principais, de acordo com Hair *et al.* (2009, p. 112) “considera a variância total e deriva fatores que contêm pequenas proporções de variância única e, em alguns casos, variância de erro”. Esta análise é apropriada quando a redução de dados é o objetivo prioritário, sendo, então, apropriada nesse caso.

Com o método de extração por análise de componentes principais, pode-se verificar, conforme a Tabela 3, que: o Fator 1 possui valor 8,477, e representa 25,68% da variância total, o Fator 2 com valor 4,659 representa 14,11% da variância total, o Fator 3, com valor 1,858, representa 5,63% da variância total, o Fator 4, com valor 1,607, representa 4,86% da variância total, o Fator 5, com valor 1,341, representa 4,06% da variância total, o Fator 6, com valor 1,258, representa 3,81% da variância total, o Fator 7, com valor 1,159, representa 3,5% da variância total, e, finalmente, o Fator 8, com valor 1,037, representa 3,14% da variância total.

Os oito primeiros fatores indicaram valores maiores que 1, o que quer dizer que estes deverão ser extraídos no modelo. Também, o percentual acumulado da variância explicada foi de 64,83%.

Tabela 3: Método de extração: análise do componente principal, na primeira rodada

Componente	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variação	% cumulativa	Total	% de variação	% cumulativa	Total	% de variação	% cumulativa
1	8,477	25,687	25,687	8,477	25,687	25,687	5,828	17,660	17,660
2	4,659	14,118	39,804	4,659	14,118	39,804	4,240	12,849	30,509
3	1,858	5,630	45,435	1,858	5,630	45,435	3,595	10,893	41,401
4	1,607	4,868	50,303	1,607	4,868	50,303	1,762	5,340	46,741
5	1,341	4,064	54,367	1,341	4,064	54,367	1,649	4,998	51,738
6	1,258	3,811	58,179	1,258	3,811	58,179	1,512	4,582	56,320
7	1,159	3,514	61,692	1,159	3,514	61,692	1,511	4,578	60,898
8	1,037	3,143	64,836	1,037	3,143	64,836	1,299	3,937	64,836
9	,989	2,996	67,832						

Nota: dados da pesquisa gerados no SPSS *Statistics* 20.0.

Hair *et al.* (2009, p. 116) definem cargas fatoriais como “a correlação de cada variável com o fator”, onde “cargas indicam o grau de correspondência entre a variável e o fator, com cargas maiores, tornando a variável representativa do fator”. Em outras palavras, as cargas fatoriais indicam o papel de cada variável na definição de cada um dos fatores definidos *a priori*, e, quanto mais alto o valor da carga fatorial, mais importante é a carga na interpretação da matriz fatorial.

Cargas fatoriais na faixa de 0,30 a 0,40 atendem o nível mínimo. Entre 0,50 ou mais são consideradas como significantes e cargas fatoriais que excedem 0,7 são a meta de qualquer análise fatorial, por serem consideradas como indicativas de uma estrutura bem definida (HAIR *et al.*, 2009).

Também, comunalidade se refere, de acordo com Hair *et al.* (2009, p. 101), à “quantia total de variância que uma variável original compartilha com todas as outras variáveis incluídas na análise”. Ou seja, é a quantia de variância explicada pela solução fatorial para cada variável, onde os valores abaixo de 0,5 são considerados muito baixos e não possuem explicação suficiente (HAIR *et al.*, 2009).

Após sete rodadas de análises, os testes de Esfericidade de Bartlett (0,000) e KMO (0,765) mantiveram-se adequados para a execução da técnica. Os fatores com autovalores maiores que 1,0 foram 3, com percentual acumulado da variância explicada de 78,72%.

Tabela 4: Método de extração: análise do componente principal, na última rodada

Componente	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variação	% cumulativa	Total	% de variação	% cumulativa	Total	% de variação	% cumulativa
1	3,222	35,802	35,802	3,222	35,802	35,802	3,095	34,387	34,387
2	2,790	31,005	66,807	2,790	31,005	66,807	2,872	31,909	66,296
3	1,072	11,914	78,721	1,072	11,914	78,721	1,118	12,425	78,721
4	,510	5,661	84,382						

Nota: dados da pesquisa gerados no SPSS Statistics 20.0.

As variáveis não apresentaram cargas cruzadas, e todas apresentaram comunalidade superior à 0,5 (Quadro 6). Portanto, nenhuma variável precisará ser retirada, não havendo necessidade de outra rodada.

Desse modo, das 33 variáveis iniciais, restaram 9 ao final das análises, após a extração daquelas com cargas cruzadas e baixa comunalidade. A análise fatorial também indicou as variáveis para cada fator, como pode ser observado no Quadro 7, abaixo:

Tabela 5: Matriz de componente rotativa (Varimax) e Comunalidade (sétima rodada)

Matriz de componente rotativa ^a				
	Componente			Comunalidades
	1	2	3	
V2	-,118	,804	,348	,781
V3	,142	-,027	,963	,948
V8	,010	,829	-,126	,704
V10	,825	,062	,160	,711
V18	-,020	,928	-,093	,871
V19	,011	,814	,001	,662
V23	,917	-,077	-,055	,850
V24	,860	-,057	-,011	,743
V27	-,893	,018	-,130	,815

Nota: dados da pesquisa gerados no SPSS Statistics 20.0.

Quadro 2: Conjuntos de variáveis para os três fatores resultantes

FATOR 1	PESSOAS E MEIO AMBIENTE INTE-LIGENTE	V10	Pessoas com 10 anos ou mais de idade com ensino médio completo e superior incompleto – número total de pessoas
		V23	Domicílios Particulares Permanentes - Destino do Lixo – Coletado
		V24	Consumo de Água - Volume Medido (m³/per capita)
		V27	Taxa de Pobreza (%)
FATOR 2	GOVERNANÇA INTE-LIGENTE	V2	Despesas Municipais por Função - Educação (R\$ 1,00)
		V8	Eleitores
		V18	Número total de vereadores na cidade
		V19	Número de representantes femininas (vereadoras)
FATOR 3	ECONOMIA INTE-LIGENTE	V3	Produto Interno Bruto per Capita (R\$ 1,00)

Nota: quadro feito pelos autores (2018).

Apesar de a análise fatorial ter agrupado as variáveis em três fatores, diferentemente das seis dimensões consideradas por alguns dos autores de cidades inteligentes e sustentáveis como Giffinger *et al.* (2007), Caragliu *et al.* (2011) e Batty *et al.* (2012), é possível observar algumas correlações entre as variáveis nos fatores resultantes da análise. Foram atribuídos os seguintes nomes aos fatores resultantes: Fator 1, pessoas e meio ambiente inteligente; Fator 2, governança inteligente; e Fator 3, economia inteligente. Isso considerando as características das variáveis, de acordo com a sua dimensão original.

No Fator 1, as variáveis V23 e V24 representam aspectos envolvendo o meio ambiente, como o destino do lixo e o consumo de água. Além disso, pode-se estabelecer uma relação inversamente proporcional entre a taxa de pobreza de um determinado município com o seu consumo de água. Ou seja, quanto maior o consumo de água *per capita*, menor a taxa de pobreza. Isso pode ser melhor explicado por Reymão *et al.* (2009), os quais avaliam a forte relação entre a pobreza com a falta de acesso à água potável. Segundo esses autores, a relação está na incapacidade das famílias de baixa renda em financiarem sua ligação às redes de abastecimento a partir dos seus rendimentos próprios.

No Fator 2, a variável V2 que indica as despesas municipais por função, além das variáveis V8, V18 e V19 que representam o número de eleitores, vereadores e vereadoras dos municípios, respectivamente. Apenas a variável PIB *per capita* manteve-se no Fator 3- economia.

Além da análise das relações agrupadas em cada fator, também foi possível, através dos dados obtidos na análise fatorial, ranquear os municípios paranaenses. Isso foi rea-

lizado, primeiramente, por meio dos valores dos 3 fatores resultantes para cada uma das cidades. O Tabela 6, abaixo, apresenta o ranking das 5 primeiras cidades colocadas neste ranking, em ordem crescente, a partir dos valores obtidos no Fator 1:

Tabela 6: Ranking dos 5 primeiros municípios paranaenses com os valores referentes aos 3 fatores obtidos através da análise fatorial.

Posição	Município	Valor Fator 1
1°	Matinhos	2,06865
2°	Curitiba	1,76564
3°	Marechal Cândido Rondon	1,76065
4°	Maringá	1,7194
5°	Pontal do Paraná	1,6792
Posição	Município	Valor Fator 2
1°	Jardim Olinda	6,73434
2°	Nova Aliança do Ivaí	4,69106
3°	Santa Inês	3,69367
4°	Alto Paraíso	3,17549
5°	Miraselva	3,13947
Posição	Município	Valor Fator 3
1°	Saudade do Iguaçu	11,09886
2°	São José dos Pinhais	5,11147
3°	Quatro Barras	4,0808
4°	Cafelândia	3,52269
5°	Capitão Leônidas Marques	3,19737

Nota: tabela feita pelos autores com dados da pesquisa gerados no SPSS *Statistics* 20.0.

Analisando o ranking do Fator 1, pode-se observar que Matinhos, Curitiba, Marechal Cândido Rondon, Maringá e Pontal do Paraná obtiveram as primeiras cinco posições nesse ranking, respectivamente, para as variáveis analisadas. Matinhos possui o maior consumo de água (90,38 m³ *per capita*) em relação às demais cidades desse ranking para este fator, além da maior taxa de pobreza (6,16%). Por sua vez, Curitiba, segunda colocada no ranking, possui em média 457.452 pessoas com ensino superior incompleto, mais do que as outras quatro cidades ranqueadas. Ademais, os cinco municípios possuem taxas equiparáveis no que diz respeito ao número de domicílios com coleta de lixo.

Quanto ao ranking do Fator 2, verificou-se que este teve a sua configuração alterada em relação ao ranking do Fator 1. Jardim Olinda, Nova Aliança do Ivaí, Santa Inês, Alto Paraíso e Miraselva, respectivamente, obtiveram melhor desempenho nos valores das variáveis agrupadas neste referido fator. Miraselva, por exemplo, apresenta as maiores despesas municipais em educação, com R\$ 1.603,66 *per capita*, contra R\$ 1.603,13 da primeira colocada Jardim Olinda. Além disso, as demais cidades mencionadas que agregam o ranking também obtiveram melhor desempenho que Miraselva, no que diz respeito às demais variáveis do fator.

Apesar de Miraselva obter o melhor desempenho nessa variável, Jardim Olinda ainda obteve melhores índices no que diz respeito ao número *per capita* de eleitores, vereadores e vereadoras na cidade. É interessante observar que a capital do Estado, Curitiba, apesar do seu porte, possui uma despesa municipal em educação de R\$ 611,22 *per capita*, colocando-se em 285º lugar no ranking dos 399 municípios paranaenses, neste quesito.

Do mesmo modo, observando o desempenho dos municípios a partir do Fator 3 resultante da análise fatorial, observou-se que os municípios Saudade do Iguaçu com PIB de 162.075, São José dos Pinhais com PIB 87.697, Quatro Barras com PIB 72.315, Café-lândia com PIB 68.991 e Capitão Leônidas Marques com PIB 67.395, respectivamente, tiveram os melhores desempenhos, já que nesse fator, permaneceu apenas a variável PIB *per capita*.

Ainda, com os dados obtidos na análise, também foi possível ranquear as 10 primeiras cidades que melhor se comportaram, referente às médias dos fatores 1, 2 e 3, o que pode ser observado na Tabela 7, abaixo:

Tabela 7: Ranking dos 10 municípios paranaenses com os valores referentes às médias dos Fatores 1, 2 e 3, obtidos através da análise fatorial

Posição	Cidade	Média	Posição	Cidade	Média
1º	Saudade do Iguaçu	3,69	6º	Miraselva	1,44
2º	Jardim Olinda	2,23	7º	São José dos Pinhais	1,41
3º	Nova Aliança do Ivaí	1,86	8º	Santo Inácio	1,34
4º	Santa Inês	1,67	9º	Quatro Barras	1,31
5º	Indianópolis	1,45	10º	Brasilândia do Sul	1,28

Nota: tabela feita pelos autores com dados da pesquisa gerados no SPSS *Statistics* 20.0.

Observa-se que, com as médias dos três fatores, Saudade do Iguaçu, município com o maior PIB do Estado, atingiu a primeira colocação. Jardim Olinda já destacou-se no ranking do Fator 2, assim como Nova Aliança do Ivaí e Santa Inês. As demais cidades também obtiveram média significativa em relação às cidades que não aparecem no ranking, por números consideráveis nas variáveis analisadas em cada fator.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que um dos objetivos da técnica de análise fatorial é fornecer as ferramentas para a análise do grau de inter-relação entre um grande número de variáveis, bem como a redução e construção de um conjunto novo e menor de variáveis (HAIR *et al.* 2009), este artigo teve como objetivo a utilização desta técnica estatística para conseguir validar um conjunto de indicadores menores e que possam ser utilizados para a avaliação de cidades inteligentes.

Para tanto, inicialmente, foi realizada a coleta dos indicadores de avaliação nos artigos científicos da área, de onde foram retirados 402 indicadores no total. Como existiam indicadores similares ou repetidos, estes foram retirados, obtendo-se um conjunto de 285 indicadores. Destes, apenas 33 foram possíveis de serem mensurados através de dados de base secundária, do IPARDES, IBGE e Casa Civil do Estado do Paraná. Com a aplicação

da técnica multivariada de análise fatorial para a validação estatística com os 33 indicadores encontrados, após sete rodadas de análise com exclusões de algumas variáveis do conjunto, por não se adequarem ao modelo, foi possível obter 9 indicadores no modelo final de avaliação.

Contrariando a hipótese inicial desse trabalho, as variáveis resultantes combinaram-se em três fatores, diferente do apresentado pela teoria, a qual prevê seis dimensões: economia inteligente, pessoas inteligentes, governança inteligente, mobilidade inteligente, meio ambiente inteligente e vida inteligente (GIFFINGER *et al.* 2007). Desse modo, acredita-se que o objetivo deste artigo, de verificar quais indicadores podem compor os critérios de avaliação de cidades inteligentes, foi atingido, onde, através da análise fatorial, foi possível validar um modelo de avaliação para cidades inteligentes e sustentáveis, a partir de dados secundários.

Assim, os indicadores que podem compor os critérios de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, de acordo com a análise fatorial realizada, são: Pessoas com 10 anos ou mais de idade com ensino médio completo e superior incompleto; Domicílios Particulares Permanentes - Destino do Lixo coletado; Consumo de Água - Volume Medido, Taxa de Pobreza; Despesas Municipais por Função – Educação; Eleitores; Número total de vereadores na cidade; Número de representantes femininas (vereadoras) e Produto Interno Bruto per Capita (R\$ 1,00).

Além disso, também foi possível verificar os melhores resultados no que diz respeito aos municípios paranaenses, em relação aos fatores definidos pela análise, bem como, pelos indicadores analisados nos artigos científicos de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis.

Nota

1 O Ranking *Connected Smart Cities* é desenvolvido pela empresa de consultoria *Urban Systems*, com o objetivo de mapear as cidades com maior potencial de desenvolvimento do Brasil e, através de indicadores, apresentar as cidades mais inteligentes do país (CONNECTED SMART CITIES, 2015).

Referências

- ACSELRAD, Henri. Discursos da sustentabilidade urbana. *Revista brasileira de estudos urbanos e regionais*, v. 1, n. 1, p. 79-90, 1999.
- AHVENNIEMI, Hannele *et al.* What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, v. 60, p. 234-245, 2017.
- BATTY, Michael, *et al.* Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, n. 214, p. 481-518, 2012.
- CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.
- CARLI, Raffaele *et al.* Measuring and managing the smartness of cities: A framework for classifying performance indicators. In: *Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2013 IEEE International Conference on. IEEE, p. 1288-1293, 2013.
- CASA CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ. Disponível em: < <http://www.casacivil.pr.gov.br/>> Acesso em 18 de dez. 2016.
- CHOURABI, Hafedh *et al.* Understanding smart cities: An integrative framework. In: *System Science (HICSS)*, 2012 45th Hawaii International Conference on. IEEE, p. 2289-2297, 2012.

- CONNECTED SMART CITIES. *Cidades do futuro do Brasil*. 2015. Disponível em: < <http://www.connectedsmartcities.com.br/index.php/connected-smart-cities-contribui-para-o-desenvolvimento-de-cidades-brasileiras> >. Acesso em: 07 jul. 2016.
- DIRKS, Susan; KEELING, Mary. A vision of smarter cities. *IBM Institute for Business Value*, 2009.
- GIFFINGER, Rudolf, *et al.* Smart Cities Ranking of European Medium-sized Cities. *Centre of Regional Science*, Vienna UT, p. 10, out. 2007.
- HAIR, J. F. *et al.* *Análise multivariada de dados*. 6.ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2009.
- HARA, Minako *et al.* New key performance indicators for a smart sustainable city. *Sustainability*, v. 8, n. 3, p. 206, 2016.
- HOLLANDS, Robert G. Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, v. 8, p. 61-77, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. *Censo Demográfico 2015*. 2016.
- IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Base de Dados do Estado*. Disponível em: < <http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php> >. Acesso em: 18 dez. 2016.
- LAZAROIU, George Cristian; ROSCIA, Mariacristina. Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, v. 47, n. 1, p. 326-332, 2012.
- LEITE, Carlos. *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Bookman, 2012.
- LOMBARDI, Patrizia. New Challenges in the Evaluation of Smart Cities. *Network Industries Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 8-10, 2011.
- MATTONI, B.; GUGLIERMETTI, F.; BISEGNA, F. A multilevel method to assess and design the renovation and integration of Smart Cities. *Sustainable Cities and Society*, v. 15, p. 105-119, 2015.
- PRIANO, Félix Herrera; GUERRA, Cristina Fajardo. A framework for measuring smart cities. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH. *ACM*, p. 44-54, 2014.
- REYMÃO, A. E.; SABER, B. A. Acesso à água tratada e insuficiência de renda duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste Brasileiro sob a óptica dos objetivos de desenvolvimento do milênio. *Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Barcelona, v. 12, p. 1-15, out. 2009.
- SMART CITIES AND COMMUNITIES. *Strategic Implementation Plan*. 2013. Disponível em: < http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/sip_final_en.pdf >. Acesso em: 20 jun. 2016.

Recebido em: 29.10.2018. Aprovado em: 22.11.2018.

CASSIANA FERREIRA BACHENDORF

Mestre em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Especialista em Design de Interiores pela Universidade Paranaense (Unipar). Graduada em Turismo pela Universidade Estadual do Centro-Oeste e em Arquitetura e Urbanismo pela Unipar. *E-mail*: cassianafb@hotmail.com

GILSON DITZEL SANTOS

Doutor em Administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências de Administração e Estudos de Políticas Públicas pela Universidade de Tsukuba, Japão. Graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Professor nos programas de

pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Engenharia de Produção e Sistemas e na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). *E-mail*: ditzel@utfpr.edu.br

GIOVANNA PEZARICO

Doutora em Tecnologia pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da UTFPR. Graduada em Administração pela UTFPR-Sudoeste e Direito pela Faculdade Mater Dei. Docente no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da UTFPR, Câmpus Pato Branco, e no Programa de Pós-Graduação em Administração da UTFPR, Câmpus Curitiba. *E-mail*: gpezarico@utfpr.edu.br

MARCOS PAULO SILVA

Graduado em Engenharia Química pela UTFPR. *E-mail*: mpaulosilva1@hotmail.com