

Indicador de salubridade ambiental para Campina Grande, PB: adaptações, desenvolvimentos e aplicações

Environmental health indicator for Campina Grande, PB, Brazil: adjustments, developments and applications

Livia Almeida Rocha¹ , Iana Alexandra Alves Rufino^{1*} , Mauro Normando Macedo Barros Filho¹

RESUMO

A salubridade ambiental está diretamente relacionada com a qualidade dos serviços de saneamento básico, que, por sua vez, abrangem diversas ações que visam promover a melhoria da qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente. Dessa forma, com o objetivo de avaliar as condições de salubridade do município de Campina Grande (PB), este artigo buscou desenvolver o Indicador de Salubridade Ambiental para Campina Grande (ISA/CG) a partir da adaptação do Indicador de Salubridade Ambiental do Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo (ISA/CONESAN), desenvolvido para aplicação nesse estado. O ISA constitui um instrumento de planejamento e gestão ambiental pública que possibilita identificar as ações prioritárias em relação aos serviços de saneamento, orientando, assim, as ações dos gestores públicos e a sociedade civil na tomada de decisão para alcançar melhor qualidade de vida e ambiental. Os valores do ISA/CG foram associados aos setores censitários do distrito-sede do município para permitir, inicialmente, uma análise da distribuição espacial de seus valores na cidade. Posteriormente, para aprimorar o ISA/CG e validar seus resultados, dois novos subindicadores (conforto ambiental e capacidade de armazenamento de água) foram incorporados a partir da análise em quatro áreas-piloto, identificadas como as de mais alta e mais baixa salubridade.

Palavras-chave: salubridade ambiental; saneamento; conforto urbano; qualidade de vida.

ABSTRACT

Environmental health is strongly related to the quality of basic sanitation services. Those services must provide a better quality of life for people and the environment. This research has developed an indicator (environmental health indicator – EHI) for assessing basic health conditions in Campina Grande, PB (Brazil). Its starting point is an adaptation of a known EHI developed by CONESAN (São Paulo, Brazil) in 1999. EHI can be a planning tool and a public environmental management tool for priorities decision-making related to basic health services. It should guide governmental policies and civil society in several decision-making processes for a better quality of life in cities. First, EHI/CG values were developed and spatialized by census track for the whole city. Second, in a validation method, two additional indicators (environmental comfort and reservoir capacity) were developed in a different scale (urban fraction). Four pilot areas were chosen based on the highest and the lowest EHI/CG values for the whole city.

Keywords: environmental health; basic sanitation; urban comfort; life quality.

INTRODUÇÃO

A salubridade ambiental está relacionada com a qualidade dos serviços de saneamento básico e pode ser definida como a qualidade ambiental capaz de prevenir doenças veiculadas pelo meio ambiente e de promover o aperfeiçoamento das condições favoráveis à saúde da população urbana e rural (SÃO PAULO, 1999). Nesse sentido, Batista (2005) afirma que o conceito de salubridade ambiental busca a integração dos

diversos componentes do saneamento sob uma visão holística, participativa e de racionalização do uso dos recursos públicos.

Para o Instituto Trata Brasil (2012), o saneamento básico envolve um conjunto de medidas que objetivam preservar e modificar o meio ambiente para promover a saúde da população. A Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, em seu art. 3º, define o saneamento básico como um conjunto de infraestruturas, serviços e instalações operacionais de:

¹Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB), Brasil.

*Autor correspondente: iana.alexandra@ufcg.edu.br

Recebido: 05/07/2016 - Aceito: 26/01/2018 - Reg. ABES: 166209

abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

O crescimento desordenado das cidades e o planejamento urbano inadequado, com a carência de infraestrutura e sistema de saneamento básico, criam as condições para que um ambiente se torne insalubre, gerando desconforto e diminuição da qualidade de vida. Aravéchia Junior (2010) defende que todas as condições materiais, sociais e culturais, direta e indiretamente ligadas à população, devem ser levadas em consideração para alcançar o estado de salubridade ideal de um ambiente, proporcionando saúde e qualidade de vida às pessoas.

Nesse sentido, condições de conforto urbano podem ser consideradas como promotores das condições de salubridade ambiental. A morfologia urbana e a presença de vegetação são capazes de influenciar no desempenho do conforto ambiental, podendo alterá-lo de forma positiva ou negativa, refletindo na salubridade de um ambiente. O aumento da massa edificada pode, entre outros problemas, criar barreiras de ventilação, aumentando a temperatura, gerando ilhas de calor e, conseqüentemente, elevando o consumo de energia e comprometendo o desenvolvimento sustentável.

Rocha *et al.* (2011), ao discutirem a influência da morfologia urbana na temperatura do ar, confirmam que o comportamento térmico urbano se altera à medida que a morfologia dos espaços é modificada. O estudo demonstra que o fenômeno da ilha de calor é minimizado quando há vegetação e permeabilidade do solo. Scussel e Sattler (2010), ao avaliarem o impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial, constatam que o aumento da taxa de ocupação dos terrenos, do índice de aproveitamento e das alturas máximas gera desconforto aos moradores ao modificar a paisagem e intensificar o trânsito de veículos.

Em relação à vegetação, sua inserção neste estudo é justificada por se tratar de um importante indicador da qualidade de vida, desempenhando papel fundamental no controle da temperatura, amenizando os problemas de conforto ambiental e trazendo inúmeras vantagens para as cidades. Nucci (2001) ressalta que, apesar de ser um importante atributo, a cobertura vegetal é negligenciada no desenvolvimento das cidades. Mascaró e Mascaró (2002) citam alguns dos diversos aspectos em que a vegetação contribui para a melhoria do clima urbano, tais como: amenização da radiação solar ao modificar a temperatura e a umidade relativa do ar no recinto pelo sombreamento; redução da temperatura nas superfícies dos pavimentos e fachadas das edificações, assim como na sensação de calor dos usuários; modificação da velocidade e da direção dos ventos; atuação como barreira acústica; interferência na frequência das chuvas (quando em grandes quantidades); e redução da poluição do ar por meio da fotossíntese e da respiração.

Desse modo, a conservação e a criação de áreas verdes no espaço urbano devem ser consideradas pelos gestores como elementos fundamentais na promoção da qualidade de vida e de maior salubridade ambiental. Nesse sentido, é necessário o planejamento desse serviço.

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 21, define como competência dos Entes Federativos a criação de diretrizes — entre elas a de saneamento — para promover o desenvolvimento: “Compete à União: [...] instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (BRASIL, 1988).

O planejamento urbanístico e ambiental é um importante instrumento para alcançar o desenvolvimento sustentável das cidades, permitindo o desenvolvimento socioeconômico aliado à preservação da qualidade ambiental, fundamental para a manutenção da qualidade de vida nos centros urbanos. A tomada de decisão, tanto nos setores públicos quanto nos privados, constitui um importante meio para a elaboração e o aperfeiçoamento de políticas públicas condizentes com a realidade em que se encontram (ALBUQUERQUE, 2013), no entanto Santos (2008, p. 67) ressalta que todo planejamento precisa ter representatividade da realidade, pois com base nisso definem-se políticas e alternativas de ações futuras.

Nessa perspectiva, o uso de indicadores como instrumentos de representação da realidade e de avaliação de políticas públicas para auxiliar no planejamento urbano e na gestão das águas é fundamental para alcançar o equilíbrio ambiental.

De acordo com Jannuzzi (2001), um indicador é uma medida, em geral quantitativa, dotada de significado social usada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico ou pragmático. Will e Briggs (1995) explicam que os indicadores são eficazes ao prover informações capazes de demonstrar seu desempenho ao longo do tempo e de realizar previsões, podendo ser utilizados para a promoção de políticas específicas e o monitoramento de variáveis espaciais e temporais das ações públicas.

Nesse contexto, o Indicador de Salubridade Ambiental para Campina Grande (ISA/CG) é uma adaptação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) desenvolvido pelo Conselho Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo (CONESAN, 1999) para avaliar a salubridade ambiental de cada município desse Estado, com base nas condições de saneamento e com o objetivo de servir de subsídio para o desenvolvimento de políticas públicas. A adaptação do ISA/CONESAN para o município de Campina Grande se apresenta como uma contribuição positiva para a gestão urbana, uma vez que a ferramenta já se mostrou eficaz na caracterização da qualidade dos serviços de saneamento básico em aplicações em outros locais do país.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Para o desenvolvimento deste trabalho, a área de estudo é a cidade de Campina Grande, localizada no agreste, entre o litoral e o sertão do Estado da Paraíba, a 7°13'32" de latitude Sul e 35°52'38" de longitude Oeste (Figura 1). De acordo com os dados do Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município possui área de 594,182 km², com população de 402.912 habitantes e densidade demográfica de 678,10 habitantes por km².

A cidade encontra-se em acelerado processo de transformação impulsionado pela dinâmica imobiliária, que vem alterando a paisagem urbana por meio da intensificação do processo de verticalização e do espraiamento da cidade com a implantação de novos condomínios horizontais (SILVA & BARROS FILHO, 2014). De acordo com Cordão (2009), em decorrência do crescimento populacional do município nas últimas décadas, mudanças no espaço urbano ocorreram, na maioria das vezes, sem planejamento adequado.

Em relação ao acesso ao saneamento básico (entendido como acesso ao esgotamento sanitário, à drenagem pluvial, à coleta de lixo e ao abastecimento de água pela rede geral), dados do Censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2011) comprovam que, em comparação com o ano 2000, houve melhora na cobertura. A Figura 2 apresenta uma espacialização dos dados censitários para os anos de 2000 e 2010.

Abordagem metodológica: adaptações e contextualizações do indicador de salubridade ambiental

Este estudo foi realizado em duas etapas: na primeira, foi desenvolvido um modelo de diagnóstico da salubridade ambiental para análise intraurbana por setor censitário do município de Campina Grande, aqui definido como ISA/CG; na segunda, foram criados novos subindicadores aplicáveis a uma análise mais micro (fração urbana), utilizando quatro setores censitários como áreas-piloto.

Como já foi dito, o ISA/CG é uma adaptação do ISA desenvolvido pelo CONESAN (1999), que foi criado com o objetivo de avaliar as condições de salubridade e servir de subsídio para o desenvolvimento de políticas públicas. O modelo do CONESAN é estruturado a partir de uma fórmula obtida pela média ponderada de indicadores específicos, com componentes de abastecimento de água (I_{ab}), esgotamento sanitário (I_{es}), resíduos sólidos (I_{rs}), controle de vetores (I_{cv}), recursos hídricos (I_{rh}) e socioeconômico (I_{se}), com valores variando de 0 a 1, dados pela Equação 1:

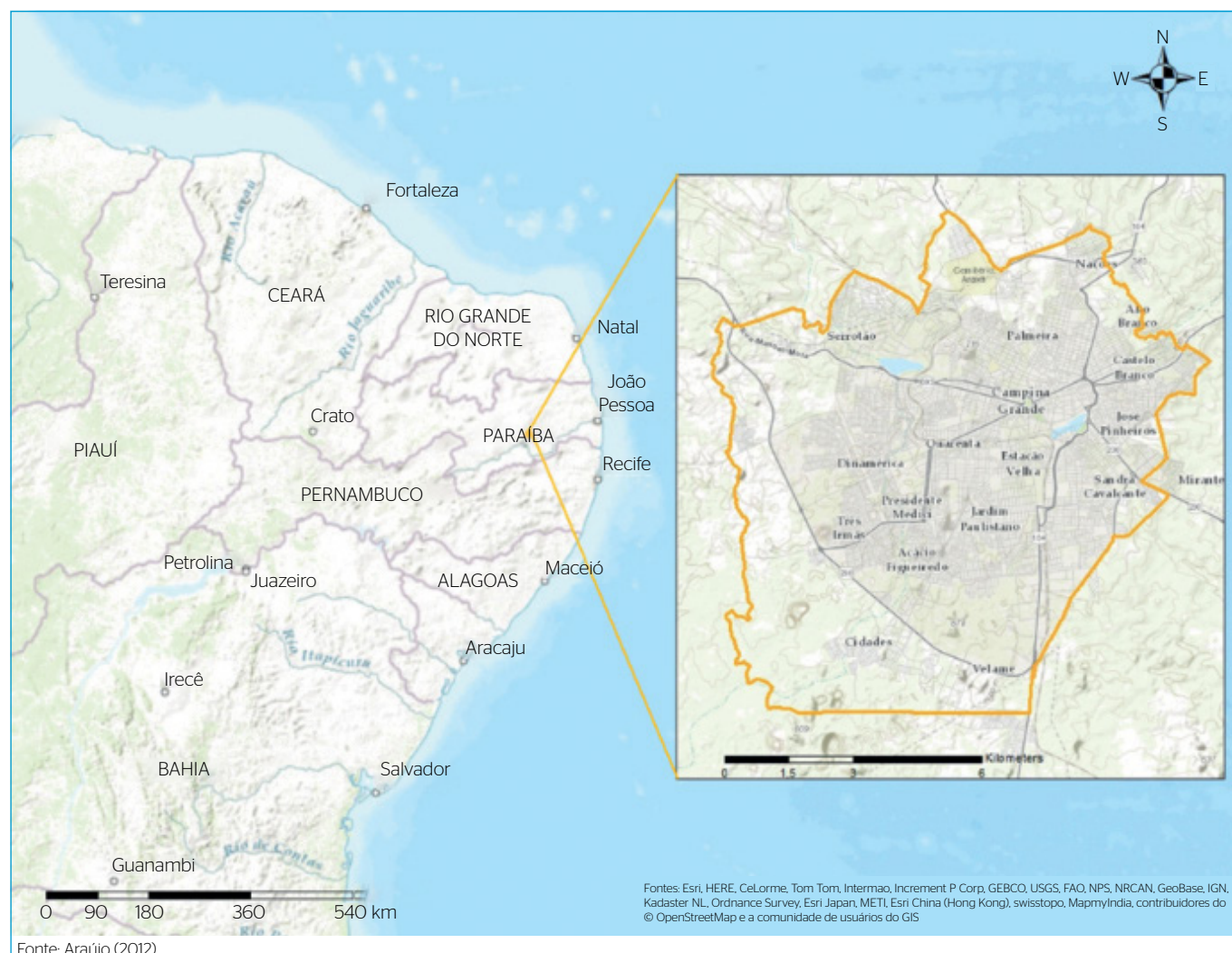


Figura 1 - Perímetro urbano e localização da área de estudo.

$$ISA/CONESAN = 0,25 I_{ab} + 0,25 I_{es} + 0,25 I_{rs} + 0,10 I_{cv} + 0,10 I_{th} + 0,05 I_{se} \quad (1)$$

Para a análise intraurbana da salubridade ambiental de Campina Grande foram escolhidos quatro dos seis subindicadores mencionados: I_{ab} , I_{es} , I_{rs} e I_{se} . Além desses, foi incorporado o indicador de drenagem urbana (I_{du}). O I_{se} foi utilizado para compreender as condições de renda, escolaridade e longevidade da população, esclarecendo a relação entre esses fatores e melhor qualidade de vida. A longevidade está associada a condições de saúde adequadas, incluindo medidas preventivas e curativas, que preservam a integridade física do indivíduo. As condições de escolaridade, que podem garantir o acesso futuro à renda, e as efetivas condições de renda possibilitam à população maior acesso a produtos e serviços.

O I_{du} , desenvolvido por Batista (2005), permitiu uma classificação de performance da drenagem urbana de João Pessoa por meio da avaliação do estado das vias urbanas, considerando a possibilidade de ocorrências de inundação, defeitos (erosão, formação de calhas, desgaste na superfície) e pavimentação (nas vias que a possuem). Além disso, Batista (2005) tomou como base as ponderações de Nóbrega (2002), que realizou uma pesquisa de opinião de hierarquização sobre deficiências de infraestrutura nos bairros costeiros de João Pessoa, apontando os problemas de drenagem mais

significativos. Com a introdução do I_{du} , o modelo ISA/CG passa a ser calculado pela média ponderada dos cinco indicadores citados, conforme a Equação 2:

$$ISA/CG = I_{ab} + I_{es} + I_{rs} + I_{du} + 0,05 I_{se} \quad (2)$$

Os indicadores selecionados para o modelo do ISA/CG são compostos de um grupo de subindicadores relacionados, de forma direta ou indireta, à salubridade ambiental, o que possibilitou fornecer um diagnóstico efetivo das áreas estudadas.

É importante destacar que o objetivo da análise intraurbana é realizar uma classificação hierárquica, resultante da combinação de todos os subindicadores obtidos, para fazer uma comparação entre as áreas da cidade. Para isso, foi preciso elaborar parâmetros de adequação da metodologia do ISA à realidade local, de acordo com as unidades espaciais de agregação aplicáveis. Assim, durante o processo da coleta de dados, para permitir uma análise comparativa e, ainda assim, não mascarar a diversidade das condições de salubridade, que podem ocorrer quando os valores desse indicador são analisados em uma agregação por bairros ou em outro nível maior de agregação, optou-se por utilizar como unidade de trabalho os setores censitários de 2010 da área em estudo, definidos pelo IBGE (2010).

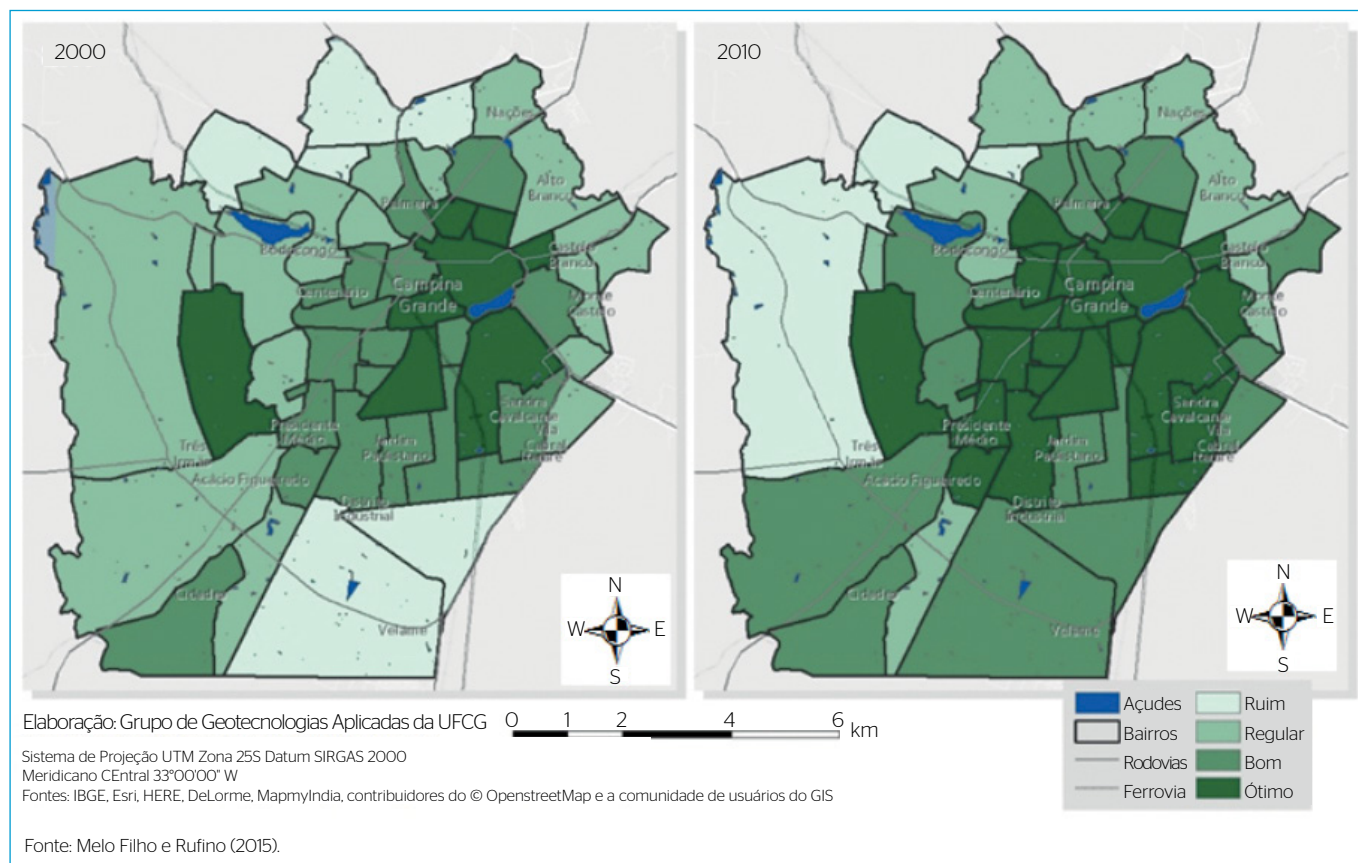


Figura 2 - Infraestrutura de saneamento básico para os anos de 2000 e 2010, por bairros, de Campina Grande (PB).

Seleções e ponderações: primeira etapa

Os subindicadores selecionados para compor cada indicador da Equação 2 são descritos nos Quadros 1 a 5, sendo a eles atribuídos pesos que variam de 0 a 100, utilizando como critério de ponderação a forma mais adequada (de melhor qualidade) de prestação de cada serviço analisado. À medida que a situação se torna mais distante do adequado ou do salubre, menor é o peso atribuído à variável (mais insalubre). A atribuição de ponderações para diferenciar seus graus de importância pode ocorrer seguindo diversos critérios, no entanto

Quadro 1 - Variáveis e pesos do indicador de abastecimento de água.

Indicador de abastecimento de água (I_{ab})	Peso
Subindicador de abastecimento de água via rede geral (I_{rg})	70
Subindicador de abastecimento de água via água de poço ou nascente (I_{apn})	20
Subindicador de abastecimento via outra forma de abastecimento (I_{oa})	10

Fonte: Rocha (2016).

Quadro 2 - Variáveis e pesos do indicador de esgotamento sanitário (I_{es}).

Indicador de esgotamento sanitário (I_{es})	Peso
Subindicador de domicílios conectados à rede coletora (I_{dcr})	60
Subindicador de domicílios servidos por sistema individual (I_{dsi})	30
Subindicador de domicílios não atendidos (I_{dpn})	10

Fonte: Rocha (2016).

Quadro 3 - Variáveis e pesos do indicador de resíduos sólidos (I_{rs}).

Indicador de resíduos sólidos (I_{rs})	Peso
Subindicador de serviço de limpeza (I_{sl})	75
Subindicador de lixo queimado na propriedade (I_{ap})	03
Subindicador de lixo enterrado na propriedade (I_{ep})	02
Subindicador de lixo jogado em terreno baldio (I_{rl})	10
Subindicador de lixo jogado em rio, lago ou mar (I_{rl})	10

Fonte: Rocha (2016).

Quadro 4 - Variáveis e pesos do indicador de drenagem urbana (I_{du}).

Indicador de drenagem urbana (I_{du})	Peso
Subindicador de pavimentação (I_{pv})	20
Subindicador de existência de calçada (I_c)	20
Subindicador de existência de meio-fio/guia (I_{mf})	20
Subindicador de existência de bueiro/boca de lobo (I_b)	40

Fonte: Rocha (2016).

Quadro 5 - Variáveis e pesos do indicador socioeconômico (I_{se}).

Indicador socioeconômico (I_{se})	Peso
Subindicador de renda (I_r)	30
Subindicador de escolaridade (I_{ec})	40
Subindicador de pessoa idosa (I_{pi})	30

Fonte: Rocha (2016).

sempre envolve algum nível de subjetividade inerente à expertise dos profissionais consultados.

Para a composição final do ISA/CG (Equação 2), foram feitos três testes de ponderação (Quadro 6). No primeiro teste, foram considerados todos os indicadores com pesos iguais; nos demais, foi atribuído menor peso ao I_{ab} , considerando a realidade de Campina Grande, onde há mais de 90% da malha urbana com cobertura da rede de abastecimento. O Censo não consegue, entretanto, representar a intermitência desse serviço nem os atuais problemas relacionados aos longos períodos de racionamento a que a população é submetida em razão da crise hídrica no principal reservatório que abastece a cidade (NUNES, 2015). Logo, atribuir um peso alto a esse indicador poderia mascarar o resultado final, gerando uma falsa impressão de alta salubridade que na verdade não existe.

Os componentes I_{es} e I_{du} receberam o mesmo valor ponderado, visto que os elementos de drenagem observados em dados censitários estão, por vezes, confundidos ou associados ao esgotamento sanitário. Quanto ao I_{se} , seu valor variou de 0,20 a 0,30 para analisar a interferência que exercia no resultado final (análise de sensibilidade do indicador), como mostra o Quadro 6.

Nos três testes de ponderação, os resultados apontaram valores muito próximos, ou seja, em qualquer uma das ponderações utilizadas os setores apresentaram resultados similares, como pode ser observado na Figura 3.

Elaboração de novos subindicadores: segunda etapa

A segunda etapa deste trabalho consistiu no desenvolvimento e na aplicação de novos subindicadores para a análise de quatro setores censitários como áreas-piloto. Por considerar a salubridade ambiental como um conjunto de fatores necessários à promoção da qualidade de vida e saúde, analisou-se a relação entre a salubridade e aspectos associados ao conforto ambiental, considerando as edificações e os lotes dos quatro setores escolhidos, assim como a capacidade de armazenamento de água nos seus respectivos domicílios. A inserção desses subindicadores tem a finalidade de estimar as condições de salubridade sob tais aspectos distintos, porém muito correlacionados.

Em decorrência da inviabilidade de analisar todas as edificações e lotes da cidade, optou-se por escolher dois setores censitários entre

Quadro 6 - Testes de ponderação dos indicadores do indicador de salubridade ambiental para Campina Grande.

Componente	Teste I	Teste II	Teste III
Abastecimento de água (I_{ab})	0,20	0,10	0,10
Esgotamento sanitário (I_{es})	0,20	0,25	0,20
Resíduos sólidos (I_{rs})	0,20	0,20	0,20
Drenagem urbana (I_{du})	0,20	0,25	0,20
Socioeconômico (I_{se})	0,20	0,20	0,30

Fonte: Rocha (2016).

aqueles com valores mais altos (melhor situação de salubridade) e dois setores censitários entre aqueles com valores mais baixos do ISA/CG (pior situação de salubridade). Calculados os valores correspondentes a cada setor censitário (Equação 1), realizou-se o ranqueamento dos 15 setores com melhores valores (da melhor para a pior situação) e dos 15 setores com piores valores (da pior para a melhor situação).

Para a definição dos quatro setores censitários que fariam parte dessa segunda etapa de análise, os seguintes critérios foram considerados:

- usos predominantemente residenciais;
- predominância de edificações com tipologias térreas ou térreo + 1 pavimento;
- densidades habitacionais semelhantes.

Nesse último critério, como houve grande variabilidade de valores de densidade habitacional nos setores censitários em estudo, foi preciso considerar os que apresentaram menor desvio padrão em relação à média dos valores de densidade habitacional, tanto para o

grupo daqueles com melhores valores quanto para o grupo daqueles com piores valores de ISA. Os setores que atenderam aos critérios são apresentados no Quadro 7 e espacializados na Figura 4.

Após essa seleção, dois subindicadores foram formulados de forma conceitual para serem aplicados na análise das condições de salubridade dessas áreas-piloto: o subindicador de conforto urbano (I_{conf}) e o subindicador de capacidade de armazenamento de água (I_{ca}). O I_{conf} tem como objetivo avaliar a condição de salubridade do ponto de vista do conforto urbano — observando questões relativas à densidade urbana e à vegetação de determinada área —, justificada pela relação entre essas informações e a promoção de maior salubridade ambiental.

Dessa forma, o I_{conf} (Equação 2) é composto de dois índices: índice de espaços abertos (I_{cab}) (Equação 3) e índice de vegetação (I_{veg}) (Equação 6). O I_{cab} , por sua vez, é composto de dois subíndices: o subíndice de espaços abertos dentro dos lotes ocupados (I_{ca}) (Equação 4) e o subíndice de espaços abertos no setor censitário (I_{cas}) (Equação 5). As Equações 3 a 6 podem ser observadas no Quadro 8.

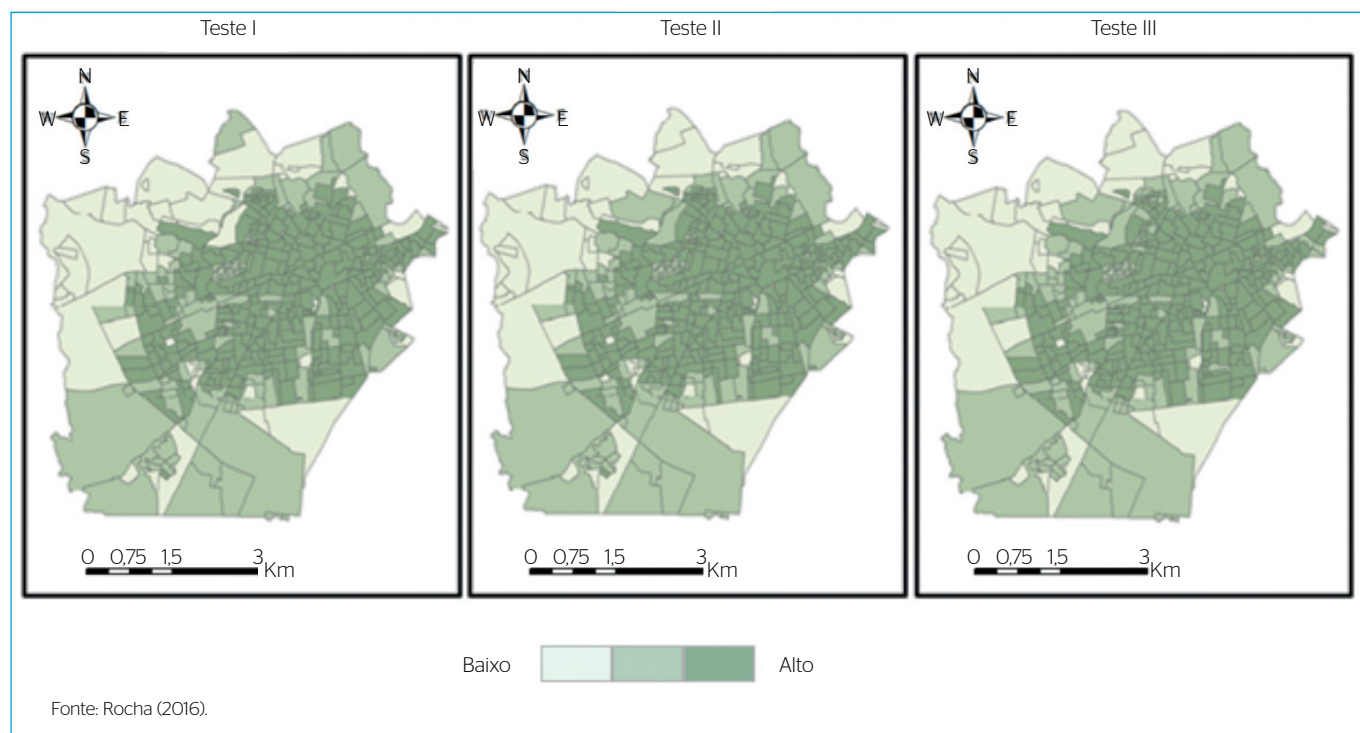


Figura 3 - Resultados dos três testes de ponderação para o indicador de salubridade ambiental para Campina Grande.

Quadro 7 - Setores selecionados entre os melhores e piores valores do indicador de salubridade ambiental para Campina Grande (ISA/CG).

	Setor censitário	Densidade habitacional	Tipologia predominante
Setores entre os melhores valores do ISA/CG	Jardim Tavares	19,07 hab./ha	Térreo/Térreo + 1 pavimento (predominantemente de uso residencial)
	Mirante	12,31 hab./ha	
Setores entre os piores valores do ISA/CG	Cruzeiro	12,72 hab./ha	
	Alto Branco	11,92 hab./ha	

Fonte: Rocha (2016).

É importante destacar que o I_{ea} é baseado no índice de espaços abertos (*Open Space Ratio* — OSR) proposto por Berghauer Pont e Haupt (2009). O I_{ea} considera a influência de parâmetros urbanísticos, como coeficiente de aproveitamento (Ca), taxa de ocupação (To) e número de pavimentos (n), e está relacionado com a proporção entre as áreas não construídas e a área total construída de determinado lote, com o intuito de fornecer uma indicação da pressão das áreas construídas sobre suas áreas livres (Equação 4).

Nas áreas-piloto, os dados necessários para o cálculo da To e do Ca foram obtidos a partir do mapa cadastral disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG). Além disso, com auxílio do aplicativo Street View, no Google Earth, foi possível identificar o número de pavimentos de cada edificação dos setores censitários para datas próximas a 2010 (data de coleta do Censo).

O I_{cas} é utilizado para calcular os lotes vazios dentro dos setores censitários escolhidos, considerando também a influência que uma área menos densa exerce na salubridade ambiental do ponto de vista do conforto ambiental. Esse subíndice complementa o subíndice anterior (I_{ea}) ao considerar os lotes não ocupados por edificação e os demais espaços livres no setor censitário que não puderam ser calculados pela inexistência de edificações.

O subíndice de vegetação (I_{veg}) é calculado por meio da Equação 6. Para o cálculo, foi utilizada uma ortoimagem de Campina Grande, do ano de 2010, disponibilizada pela prefeitura. Com essa representação, foi possível estimar a quantificação das áreas vegetadas de cada setor pela identificação visual (Figura 5) para seleção dos polígonos de vegetação.

Vale salientar que as áreas verdes foram contabilizadas com base na classificação proposta por Daltoé, Cattoni, Loch (2004, p. 3-4), pela forma e fisionomia com que se apresentam no espaço urbano:

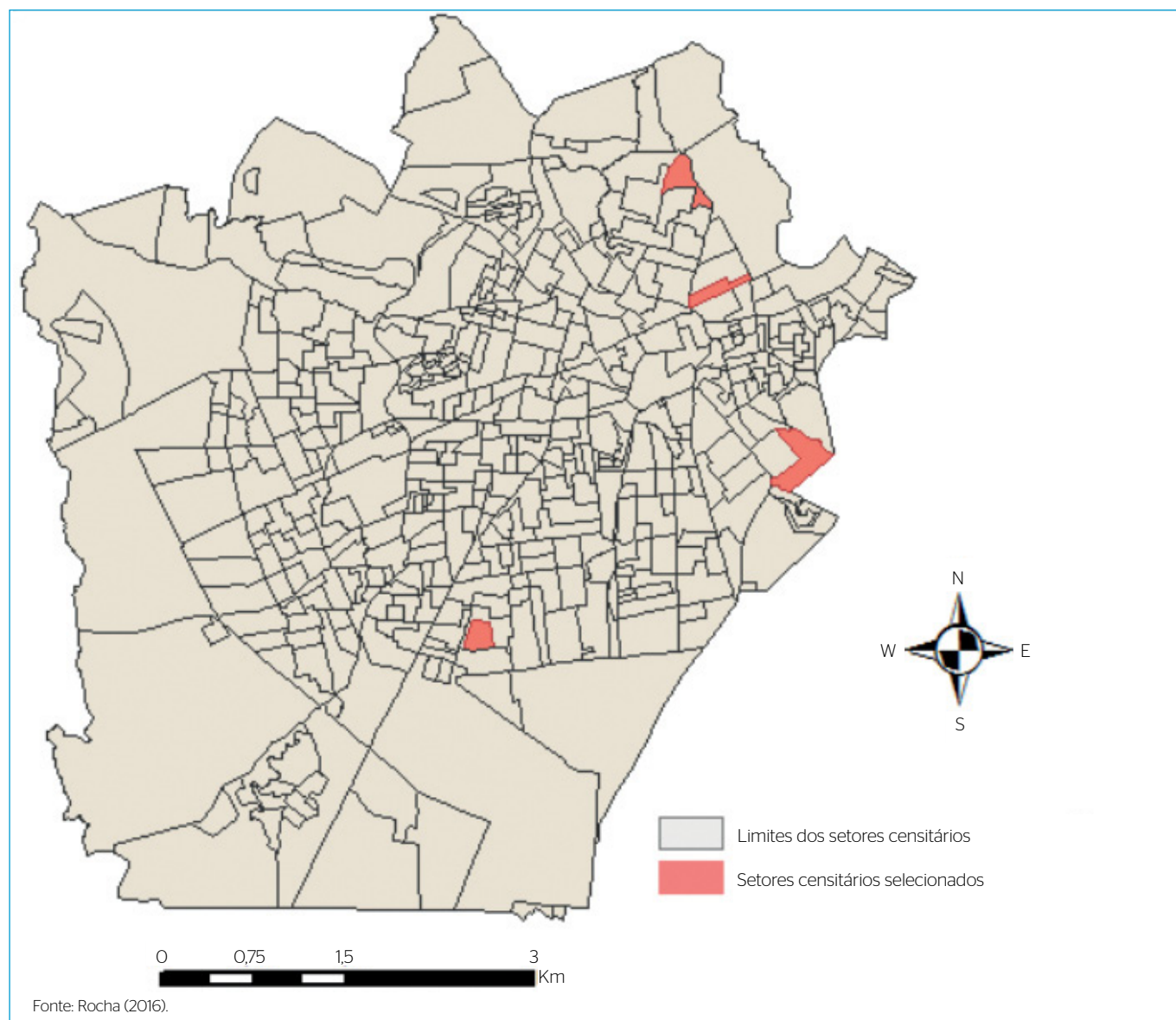


Figura 4 - Delimitação dos setores censitários selecionados.

- Áreas verdes do sistema viário: vegetação de porte arbustivo e herbáceo, presente em canteiros, trevos e rotatórias;
- Áreas verdes de uso particular: vegetação presente em domínios de uso habitacional particular;
- Áreas verdes residuais: áreas vegetadas de loteamentos recentes ou em fase de implantação;
- Áreas livres não arborizadas (vazios urbanos): coberturas herbáceo-arbustivas (predominantemente gramíneas).

Outro subindicador considerado para a análise da salubridade ambiental dos setores censitários escolhidos foi o I_{ca} . Esse subindicador (Equação 7) tem como objetivo avaliar as condições de salubridade nas

áreas-piloto, levando em consideração aspectos relacionados à capacidade de armazenamento de água de cada domicílio em períodos de escassez, justificados pela relação entre essa informação e a promoção de maior salubridade ambiental.

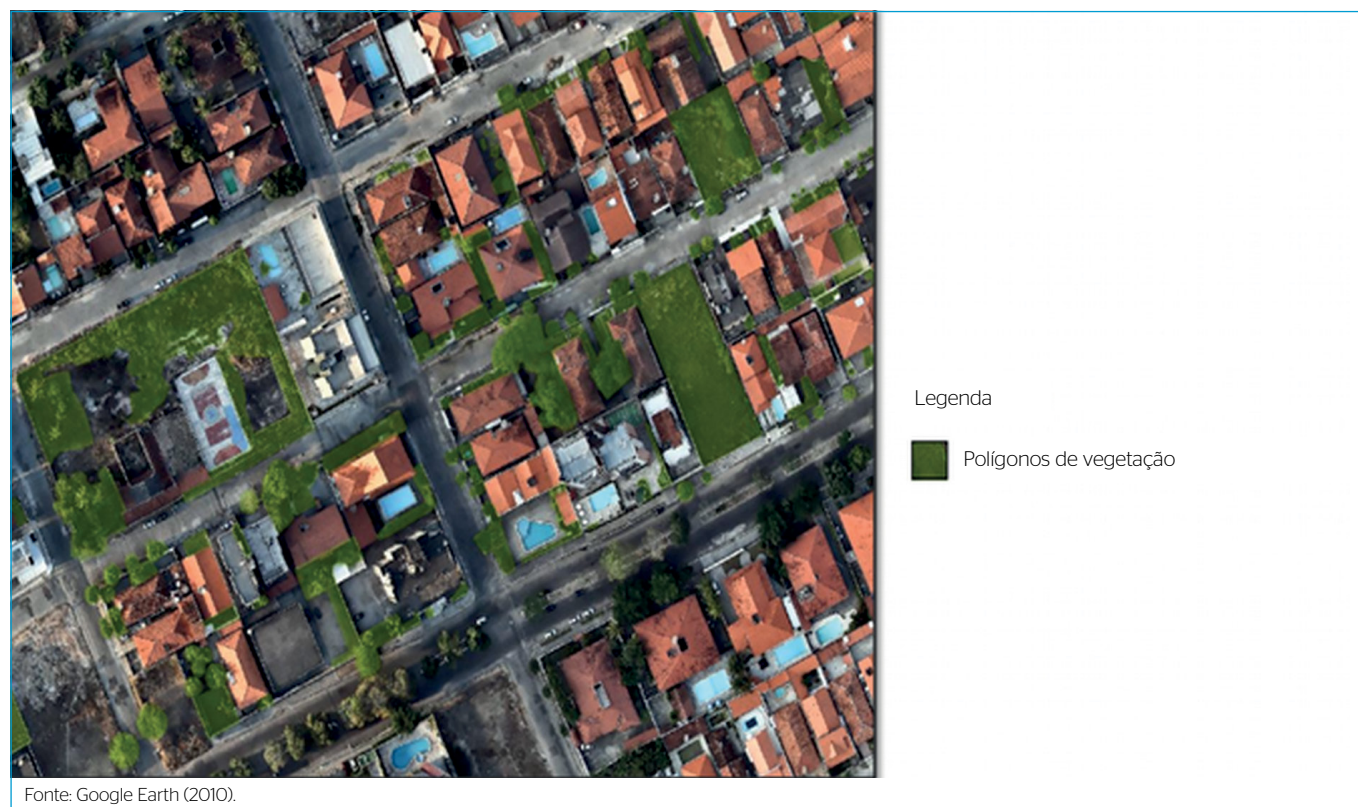
$$I_{ca} = (\text{domicílios com presença de reservatório de água no setor} / \text{total de domicílios do setor}) \times 100 \quad (7)$$

Os domicílios com reservatórios de água foram identificados por uma ortofoto cedida pela PMCG, a qual é resultado de um levantamento aerofotogramétrico realizado no município em 2010. Por apresentar alta resolução espacial, a imagem permitiu quantificar as edificações

Quadro 8 - Equações para o cálculo do subindicador de conforto urbano.

Subindicador de conforto urbano (I_{conf}) $I_{conf} = I_{eab} + I_{veg} \quad (2)$	Índice de espaços abertos (I_{cab}) $I_{eab} = I_{ea} + I_{eas} \quad (3)$	
	Subíndice de espaços abertos dentro dos lotes ocupados (I_{ea})	Subíndice de espaços abertos no setor censitário (I_{eas})
	$I_{ea} = (1 - To)/Ca \quad (4)$ Em que: (i) To representa a taxa de ocupação de cada lote, sendo calculado pela relação entre a área de projeção horizontal da edificação e a área do lote; e (ii) Ca corresponde ao coeficiente de aproveitamento do lote, sendo calculado pela seguinte fórmula: $Ca = (\text{área de projeção horizontal da edificação} \times \text{n}^\circ \text{ de pavimentos}) / \text{área do lote}$	$I_{eas} = (\text{área total construída no setor censitário} / \text{área total do setor}) \quad (5)$
	Subíndice de vegetação (I_{veg})	
	$I_{veg} = (\text{área total vegetada do setor} / \text{área total do setor}) \quad (6)$	

Fonte: Rocha (2016).



Fonte: Google Earth (2010).

Figura 5 - Polígonos de vegetação dentro do setor censitário.

com presença de reservatórios de água tipo caixas d'água. Essas quantificações seguiram critérios visuais; nas residências em que não foi possível identificar visualmente a presença de reservatórios (Figura 6), foram consideradas as tipologias multifamiliares e a presença de piscinas como indicadores de algum tipo de armazenamento de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao I_{ab} , o município de Campina Grande, de forma geral, apresentou bons resultados, com valores entre 0,60 e 0,80, com exceção de seis setores com valores inferiores a 0,60, o que reflete a boa cobertura de abastecimento de água na cidade. Esses valores confirmam os dados da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA, 2014), órgão que opera o Sistema de Abastecimento de Campina Grande (SACG), de que a cidade possui quase 100% dos domicílios ligados à rede geral de abastecimento.

Para o subindicador I_{es} , as áreas centrais apresentaram melhor cobertura de esgotamento sanitário do que os bairros periféricos. Os indicadores com melhores valores foram o I_{du} , chegando a 0,95 em setores do bairro da Prata, e I_{rs} , com valores atingindo 0,75 na maior parte dos setores censitários, com exceção de nove setores que apresentaram

valores inferiores a 0,50. Esses resultados podem demonstrar a existência de um bom sistema de drenagem urbana e de coleta de resíduos sólidos, a depender do grau de incerteza dessa informação no banco de dados censitários.

O I_{se} avaliou o nível de renda, o número de pessoas idosas e a escolaridade. Os baixos valores encontrados se devem ao subindicador de pessoas idosas e ao subindicador de renda, que apresentaram valores abaixo de 0,50 na maior parte dos setores analisados.

Um dos aspectos bastante evidentes a partir da análise dos resultados é a comprovação de que os setores com melhores valores de ISA são os que fazem parte dos bairros nobres de Campina Grande ou que estão em expansão imobiliária, recebendo investimentos públicos e privados. Os setores com piores valores estão localizados nas áreas periféricas da cidade, com baixa densidade habitacional e população socialmente vulnerável, pouco servida de serviços públicos e de investimentos em infraestrutura.

O Quadro 9 apresenta o resultado dos índices para o I_{conf} . O valor do I_{eab} varia em um intervalo de 0 a 1, em que 1 equivale a um lote livre de edificações e 0, a um lote totalmente ocupado. Calculadas as médias dos I_{eab} para os setores censitários avaliados, seus valores ficaram em intervalos próximos de 0,50 e 0,65.



Figura 6 - Caixas d'água nas edificações.

Os resultados mostram que o I_{eab} apresenta maiores valores para os setores censitários do Alto Branco e do Cruzeiro, o que é justificado pelo fato de essas áreas possuírem edificações com menor T_o , com menor densidade construtiva. Além disso, esses setores apresentam muitos lotes livres (não edificados), demonstrando que a proporção entre áreas não construídas e área total construída é maior.

O setor do Jardim Tavares foi o que apresentou maior média de taxa de ocupação e maior índice de aproveitamento nas edificações. Isso pôde ser comprovado pela alta densidade construtiva da região e a predominância de edificações com tipologia térreo + 1 pavimento.

Quanto ao I_{veg} , os resultados mostram que apenas o setor censitário do Alto Branco atinge o percentual mínimo exigido pelo Código de Obras de Campina Grande (PREFEITURA DE CAMPINA GRANDE, 2013), o qual, em seu Art. 248, determina que pelo menos 20% da área deve permanecer descoberta e permeável, dotada de vegetação que contribua para o equilíbrio do clima e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana.

Cabe ressaltar que, apesar de Alto Branco e Jardim Tavares se aproximarem do percentual mínimo de vegetação, grande parte da cobertura vegetal está restrita aos lotes vazios. Fica evidente que a cobertura vegetal é mais escassa onde há predominância de edificações, o que demonstra que a manutenção da vegetação no espaço urbano é pouco privilegiada durante o processo de adensamento e expansão da cidade, com elevados índices de construção e carência de cobertura vegetal, acarretando prejuízos à qualidade de vida. No Quadro 10, são apresentados os resultados finais (ponderados) para o I_{conf} .

O I_{conf} varia em um intervalo de 0 a 1, em que os valores mais próximos de 0 representam situações piores de conforto e os valores mais próximos de 1, as condições ideais de conforto. Fica claro que os quatro

Quadro 9 - Síntese dos índices de espaços abertos e do índice de vegetação para os quatro setores selecionados.

Setores censitários	Subindicador de conforto urbano (I_{conf})
Jardim Tavares	0,26
Mirante	0,35
Alto Branco	0,45
Cruzeiro	0,39

Fonte: Rocha (2016).

Quadro 10 - Valores obtidos para subindicador de capacidade de armazenamento de água nos setores avaliados.

Setores censitários	Índice de espaços abertos (I_{eab}) (%)	Índice de vegetação (I_{veg}) (%)	Subindicador de capacidade de armazenamento de água (I_{ca}) (%)
Jardim Tavares	0,52	19,52	95,07
Mirante	0,58	12,40	85,28
Alto Branco	0,67	24,85	70,51
Cruzeiro	0,66	13,83	91,52

Fonte: Rocha (2016).

setores censitários apresentam baixos valores de conforto urbano, estando longe do que pode ser considerada uma situação ótima. No entanto, cabe destacar que, apesar de os bairros Alto Branco e Cruzeiro estarem classificados como setores de baixa salubridade, do ponto de vista do conforto ambiental eles atingiram os maiores valores, já que possuem taxas mais altas de I_{eab} e I_{veg} . Isso evidencia que uma mudança na escala de análise (da cidade inteira para uma fração urbana) pode levar a conclusões distintas sobre a salubridade ambiental de uma área urbana.

Quanto ao I_{ca} , os quatro setores censitários avaliados apresentaram elevados percentuais de residências com caixa d'água, demonstrando boa capacidade de armazenamento. Do ponto de vista da justiça ambiental, tanto as áreas de baixa salubridade quanto as de alta salubridade estão preparadas para situações de racionamento de água, conseguindo manter o suprimento nas residências por tempo suficiente.

Os altos valores de I_{ca} podem ser explicados pela frequência de períodos de escassez de água no município, que é abastecido pelo Açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão), localizado no semiárido paraibano. O açude apresenta representativa redução da capacidade de água em decorrência dos sucessivos anos de chuvas abaixo da média. Rêgo *et al.* (2015) explicam que a severa seca de 2012 marcou o retorno do ciclo de anos pouco chuvosos e o rápido declínio do nível de água no reservatório, fazendo com que a população busque alternativas de armazenamento de água.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesta pesquisa demonstram a viabilidade da utilização do ISA/CG por ser um instrumento de fácil aplicabilidade e pela disponibilidade de dados de forma gratuita (dados censitários). Assim, é grande sua utilidade como instrumento de planejamento e gestão para a promoção de maior salubridade ambiental urbana.

A metodologia proposta permitiu alcançar resultados esperados, pois, apesar de todas as adaptações realizadas, em virtude da indisponibilidade de dados por bairros, as variáveis consideraram as peculiaridades do município. A aplicação do ISA/CG, com todas as suas adaptações e desenvolvimentos, permitiu demonstrar quais são os setores com melhores e piores valores de salubridade dentro da malha urbana de Campina Grande. Além de diagnosticar as áreas, o ISA/CG

orientou a escolha dos setores com melhor e pior salubridade para servir de subsídio à aplicação dos novos subindicadores.

Este estudo apontou o esgotamento sanitário e o fator socioeconômico como as principais deficiências no município, apresentando os piores valores dentre os indicadores que compõem o ISA/CG. Do ponto de vista do conforto urbano, os baixos valores encontrados nas áreas estudadas revelam que a situação está longe do que pode ser considerada a ideal. É importante ressaltar que os setores com valores mais elevados de conforto urbano correspondem àqueles classificados como os mais insalubres pelo ISA/CG. Esses resultados mostram a necessidade de uma análise mais profunda que explique como uma área considerada insalubre pode apresentar resultados satisfatórios quando considerados outros aspectos.

Quanto à capacidade de armazenamento de água, de modo geral, o indicador apresentou ótimos resultados, justificados pela escassez hídrica que acomete a cidade há várias décadas, de forma cíclica, fazendo com que a população se mantenha preparada para enfrentar a situação. Apesar dessa constatação, como não há dados quantitativos da capacidade de armazenamento de água, observam-se outros estudos que comprovam que a capacidade de armazenamento é diretamente

proporcional ao poder aquisitivo, o que faz com que a população de baixa renda fique mais vulnerável diante de picos de racionamento, comprometendo os níveis de salubridade ambiental em seus domicílios.

Constatou-se também a necessidade de ampliar a área de aplicação dos novos indicadores. Para uma nova pesquisa, sugere-se o aprimoramento da metodologia proposta, com a ampliação da aplicação do I_{conf} e do I_{ca} para toda a cidade, para que esses índices possam ser agregados ao ISA/CG com o objetivo de fornecer um retrato da salubridade ambiental do município. As pessoas sentem mais o impacto do racionamento hídrico de acordo com a capacidade de armazenamento de água nos domicílios, que permite manter o suprimento nos dias em que o abastecimento é cortado pela CAGEPA. Vale ressaltar que, no período de escassez de água que estamos vivendo, é interessante que trabalhos futuros promovam a continuidade da coleta de informações em toda a cidade, de forma a retratar essa situação para os demais setores censitários de Campina Grande.

FONTE DE FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.M. (2013) *Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) como Instrumento de Análise da Salubridade do Ambiente da Comunidade de Saramém em Brejo Grande (SE)*. 176f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- ARAÚJO, E.L. (2012) *Estimativa e Análise do Crescimento da Demanda de Água Considerando Cenários de Uso e Ocupação do Solo*. 107f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- ARAVÉCHIA JÚNIOR, J.C. (2010) *Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) para a região Centro-Oeste: Um estudo de caso no Estado de Goiás*. 134f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.
- BATISTA, M.E.M. (2005) *Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão para a Gestão Urbana Baseado em Indicadores Ambientais*. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- BERGHAUSER PONT, M.Y.; HAUPT, P.A. (2009) *Space, density and urban form*. NAI Publishers.
- BRASIL. (1988) *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Senado Federal.
- _____. (2007) *Lei Federal n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Dispõe sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 25 mar. 2015.
- COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). (2014) *Relatório do sistema de esgotamento de Campina Grande*. João Pessoa: CAGEPA.
- CONSELHO ESTADUAL DE SANEAMENTO (CONESAN). (1999) *ISA: Indicador de Salubridade Ambiental – Manual Básico*. São Paulo: CONESAN.
- CORDÃO, M.J. de S. (2009) *Modelagem e otimização da disposição espacial de unidades de preservação em redes de distribuição de água utilizando geotecnologias*. 115f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- DALTOÉ, G.A.B.; CATTONI, E.L.; LOCH, C. (2004) Análises das áreas verdes do município de São José – SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, Florianópolis. *Anais eletrônicos...*

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010) *Documentação do Censo 2010*. Rio de Janeiro: IBGE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2011) *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoess_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2014.

INSTITUTO TRATA BRASIL. (2012) *Manual de Saneamento Básico: Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e Sua Importância socioeconômica*. Instituto Trata Brasil. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/Cartilha_de_saneamento.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.

JANUZZI, P.M. (2001) *Indicadores Sociais no Brasil: Conceitos, Fontes de Dados e Aplicações*. Campinas: Alínea.

MASCARÓ, L.E.A.R.; MASCARÓ, J.L. (2002) *Vegetação urbana*. Porto Alegre: UFRGS FINEP. v. 1.

MELO FILHO, H.; RUFINO, I.A.A. (2015) Atlas Digital "Campina Grande: Tempo e Espaço": Análises avançadas e integradas". In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 12, 2015, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande.

NÓBREGA, T.M.Q. (2002) A Problemática da Drenagem em Áreas Urbanas Planas: o Caso da Planície Costeira da Cidade de João Pessoa - PB. 126f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

NUCCI, J.C. (2001) *Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano*. São Paulo: Humanitas/FFLCH-USP.

NUNES, B.F.; VERDE, F.R.V.; ANTUNES, A.M.S.; COSTA, A.A.; MENDES, C.U.S.; PALACIO, D.N.M.; BARRIENTOS, F.J.A.; SANTOS, P.R.; GUERRANTE, R.D.S. (2015) *Documentos de patentes depositados por brasileiros no Brasil sobre biotecnologia aplicada à saúde humana*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Propriedade Industrial.

PREFEITURA DE CAMPINA GRANDE. (2013) *Código de Obras e Edificações de Campina Grande-PB*. Campina Grande: Prefeitura de Campina Grande. Disponível em: <<https://campinagrande.pb.gov.br/codigo-de-obras/>>. Acesso em: 3 fev. 2015.

RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; NUNES, T.H.C. (2015) A Crise do Abastecimento de Campina Grande: Atuações dos Gestores, Usuários, Poder Público, Imprensa e População. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21, 2015, Natal. *Anais...* Natal.

ROCHA, A.L. (2016) *Indicador de Salubridade Ambiental para Campina Grande (ISA/CG): Adaptações e Aplicações*. 125f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

ROCHA, L.M.V.; SOUZA, L.C.L.; CASTILHO, F.J.V. (2011) Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. *Ambiente Construído*, v.11, n.3, p.161-175. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212011000300012>

SANTOS, R.M. (2008) *A utilização do indicador de Salubridade Ambiental - ISA como Ferramenta de Planejamento Aplicado à cidade de Aquidauana/MS*. 164f. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

SÃO PAULO. (1999) Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. *ISA-Indicador de Salubridade Ambiental*. Manual Básico. São Paulo: Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras.

SCUSSEL, M.C.B.; SATTTLER, M.A. (2010) Cidades em (trans) formação: impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.10, n.3, p.137-150. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a09.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300009>

SILVA, H.A.; BARROS FILHO, M.N.M. (2014) Espaços livres públicos e privados em Campina Grande/PB. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3, 2014, São Paulo. *Anais...* São Paulo.

WILL, J.; BRIGGS, D. (1995) Developing Indicators for Environment and Health. *World Health Statistics Quarterly*, v.48, n.2, p.155-163.