ÍNDICE MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO: APLICAÇÃO NAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS I E II DA ESTRADA NOVA – BELÉM/PA.

Karissa Auad Carvalho Duarte[(1)]
Consultora em Regulação dos Serviços de Saneamento Básico. Mestra em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.
Luiza Carla Girard Mendes Teixeira1[(2)]
Professora titular da Universidade Federal do Pará. Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará. Mestra em Engenharia Civil (opção Saneamento) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará.

Endereço[(1)]**:** Rua Vicente de Carvalho, 250. Apto 31 – Vila Príncipe de Gales – Santo André – São Paulo - CEP: 09060-590 - Brasil - Tel: +55 (91) 98237-2587 - e-mail: karissaauad@gmail.com.

RESUMO

O objetivo geral do estudo foi determinar um Índice Municipal de Saneamento Básico (IMSB) com aplicação nas sub-bacias hidrográficas I e II da Estrada Nova – Belém/PA para acompanhar as condições de saneamento básico da área. Para isso, a pesquisa foi dividida em 3 etapas: descrição da área (Etapa 1); seleção dos subindicadores, construção do banco de dados e cálculo dos subindicadores (Etapa 2) e desenvolvimento do índice (Etapa 3). Após os subindicadores serem calculados, foram normalizados (re-scaled values) e em seguida ponderados (método Delphi). Os subindicadores e indicadores foram agregados através de cálculo aritmético e classificados nominalmente, variando de péssimo a ótimo. O valor do IMSB para a sub-bacia I foi de 59 (regular) e 61 para a sub-bacia II (bom). O estudo apontou que o serviço mais carente em ambas as sub-bacias é o de esgotamento sanitário, principalmente na sub-bacia I. O IMSB poderá ser utilizado como ferramenta de tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Indicador, Índice, Planejamento, Delphi.

INTRODUÇÃO

Na cidade de Belém, localizada no estado do Pará, cuja população estimada é na ordem de 1,5 milhões de habitantes distribuídos em uma área territorial de 1.059,458 km² (IBGE, 2018), a capital ocupa a 98º posição, enquadrando-se como uma das piores capitais com serviço de saneamento, segundo o Instituto Trata Brasil (2019).

A fim de garantir a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico e reduzir os déficits dos sistemas, a Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), regulada pelo Decreto nº 7.217 (BRASIL, 2010), estabelece diretrizes nacionais para o setor no país, propondo que haja condições adequadas de saneamento para melhorar a qualidade de vida e satisfação da população, além de contribuir para o desenvolvimento social, cultural e econômico. Segundo Teixeira (2014), mesmo após a instituição da Política Nacional de Saneamento Básico, há insuficiência na prestação dos serviços, uma vez que há inadequação de quase metade das obras voltadas ao saneamento no país, sendo refletidas através dos indicadores que medem a qualidade da prestação desses serviços.

Assim, a fim de mitigar tais problemas, os municípios se tornariam responsáveis pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e da Política Municipal de Saneamento Básico, garantindo a participação e controle social em ambos (BRASIL 2007; BRASIL, 2010). O PMSB estabelece o planejamento estratégico que deve contemplar o delineamento integrado dos quatro componentes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana) de forma a proteger o meio ambiente e a saúde pública (BRASIL, 2007). Possuir o PMSB é uma condicionante para a validade dos contratos de prestação de serviços e requisito para o acesso dos recursos orçamentários da União destinados ao saneamento básico (BRASIL, 2010).

Para elaborar o PMSB, a Lei 11.445 (BRASIL, 2007), bem como o Decreto Federal nº 7.217 (BRASIL, 2010), que a regulamenta, define que um dos conteúdos mínimos a serem abrangidos são o diagnóstico da situação do

município e seus impactos nas condições de vida, utilizando "sistemas de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos, apontando as causas das deficiências detectadas", já que os indicadores são parâmetros que traduzem de forma sucinta e simplificada os aspectos mais relevantes de determinada temática (GALVÃO JÚNIOR et al., 2006).

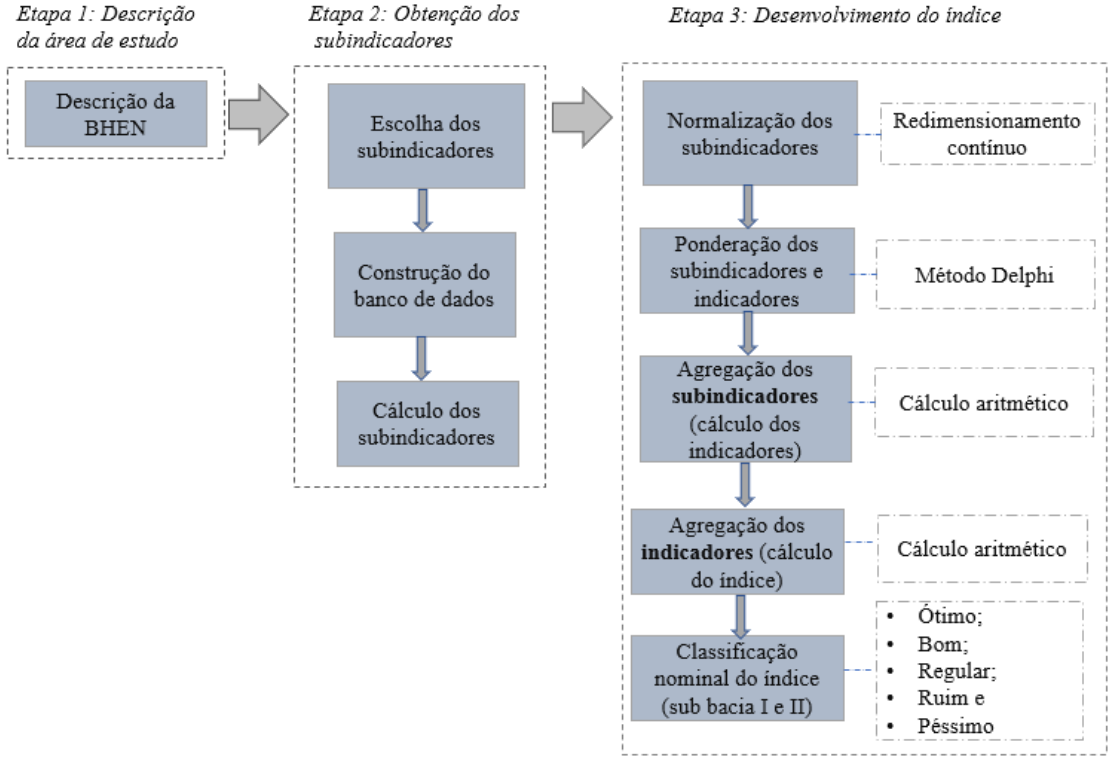
Os indicadores, portanto, avaliam ao longo do tempo a evolução ou regressão de determinada característica, possibilitando a comparação com indicadores de outros anos (anteriores e/ou posteriores). Com relação ao saneamento básico, os indicadores reduzem a assimetria de informações entre regulador e prestador de serviços através dos sistemas de informação e, permite ainda, mecanismos de participação dos usuários, aferindo o desempenho operacional de uma concessionária de saneamento básico, por exemplo (GALVÃO JÚNIOR et al., 2006).

Nesse sentido, a pesquisa visa elaborar um Índice Municipal de Saneamento Básico (IMSB) que permita acompanhar as condições sanitárias para melhor planejamento estratégico do poder público municipal. O IMSB será aplicado nas sub-bacias hidrográficas I e II da Estrada Nova – localizadas em Belém/PA – devido a pesquisa fazer parte de um acordo firmado entre a Prefeitura Municipal de Belém (PMB) e a Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP) para desenvolver um estudo na área da Bacia intitulado "Estudo de Intervenções em Saneamento Básico na Bacia Urbana da Estrada Nova (PA) como Estratégia para Segurança Alimentar, Hídrica e Energética". Dessa forma, o objetivo do trabalho foi elaborar um Índice Municipal de Saneamento Básico (IMSB) que permita o acompanhamento das condições de saneamento básico na sub-bacia hidrográfica I e II da Estrada Nova – Belém/PA.

METODOLOGIA

O estudo se caracterizou como uma pesquisa documental, bibliográfica e pesquisa de campo, sendo realizado em três etapas metodológicas, conforme esquema da Figura 1.

Figura 1 – Esquema das etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte: Autora (2021).

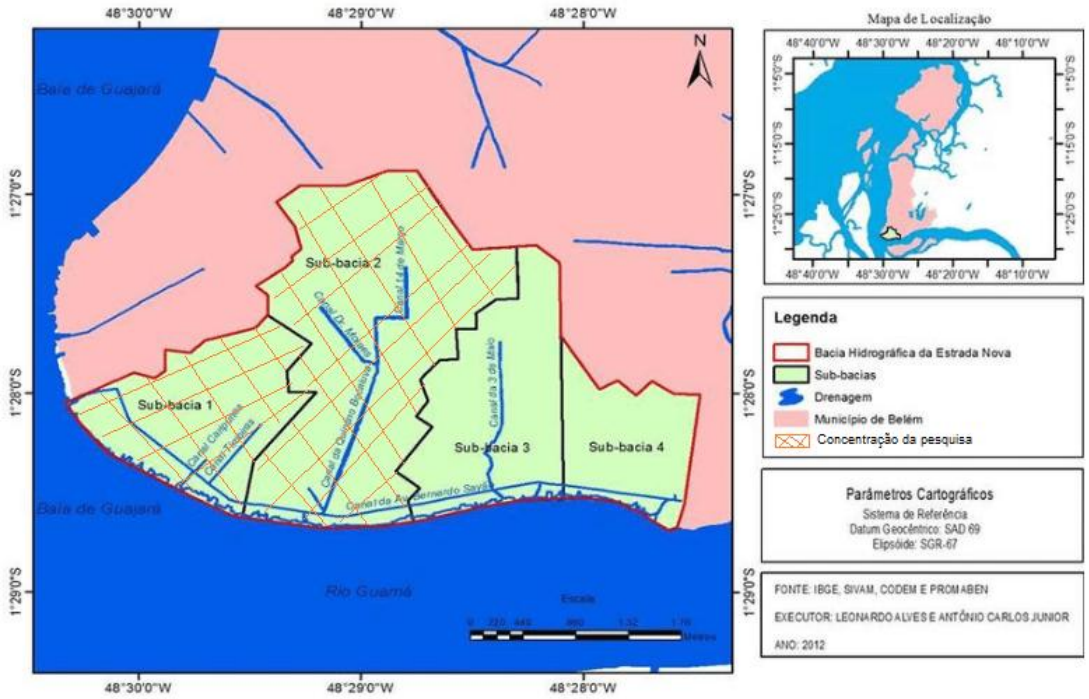
A Etapa 1 inicia com o levantamento de informações da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) a fim de se conhecer as características e peculiaridades da área de estudo, que está localizada na Região Metropolitana de Belém (RMB), cujas coordenadas geográficas são 01º27'20" de latitude Sul e 48º30'15" de longitude a Oeste de Greenwich. Segundo o plano diretor do sistema de esgotamento sanitário da RMB, a área total da bacia é de 9,54 Km2 com 72,7% de área alagável (BELÉM, 2014) abrangendo parcialmente os bairros do

Guamá, Nazaré, Batista Campos, São Braz, Cidade Velha, e, integralmente, os bairros do Jurunas, Condor e Cremação.

Quanto ao relevo, a região onde está inserida a BHEN é formada por uma grande planície de baixas declividades e pouca variação de cotas altimétricas, geralmente inferiores a 4,0 m. Esse fator aliado a influência de marés e a ocupação desordenada na bacia contribui para a deficiência do sistema de drenagem e para as ocorrências de alagamentos recorrentes (BRANDÃO, 2016). Além disso, as três comportas manuais projetadas para conter o avanço das águas nos períodos chuvosos e, assim, controlar a influência de marés nos canais estão danificadas, funcionando de forma precária (PMB, 2019).

Quanto ao tipo da ocupação, manteve-se majoritariamente residencial, sofrendo pequenas modificações. Diante desse cenário, para facilitar a proposição de alternativas de intervenções por parte do próprio poder público, viabilização das obras, elaboração de estudos de diagnóstico e projetos básicos, surgiu o Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN, visando promover melhoria da qualidade de vida da população através de obras de saneamento (PMB, 2014). Assim, a BHEN foi dividida em quatro sub-bacias, que inclui os seguintes canais: rua dos Caripunas, tv. Timbiras, tv. Quintino Bocaíuva, tv. Dr. Moraes, tv. 14 de Março, tv. 3 de Maio e av. Bernardo Sayão. A Figura 2 retrata a subdivisão a que foi submetida a BHEN.

Figura 2 – Subdivisão da Bacia hidrográfica da Estrada Nova e concentração da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Antônio Júnior (2016).

Na Etapa 2 foi realizada a escolha dos subindicadores utilizados na pesquisa. Para isso, baseou-se em levantamento bibliográfico de indicadores de saneamento a nível nacional e internacional, abordados em trabalhos científicos, relatórios e resoluções das entidades/organizações que utilizam ou recomendam o uso de indicadores (denominados de subindicadores na pesquisa) nas tomadas de decisões no setor de saneamento.

Além do mais, foi levada em consideração a coerência com a realidade da BHEN, disponibilidade de acesso dos dados para o cálculo – através de levantamento prévio dos dados disponíveis junto aos órgãos/entidades – confiabilidade da fonte e clareza na definição, isto é, procurou-se indicadores que apresentassem uma definição clara, a fim evitar o uso indevido. Dessa forma, elaborou-se a matriz de indicadores apresentada, dividida em quatro indicadores do setor do saneamento e um social com seus respectivos subindicadores, que foram utilizados no desenvolvimento do IMSB.

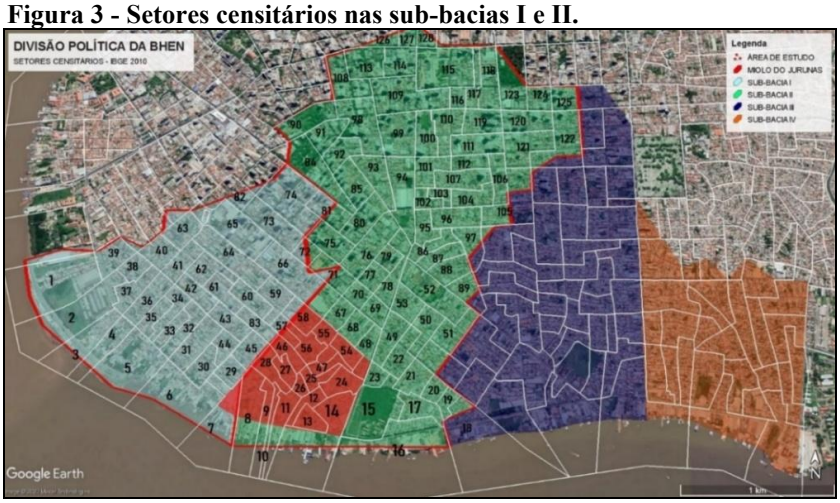
Após a seleção dos subindicadores e a consulta prévia aos órgãos e entidades, foi realizado o levantamento das variáveis que compõem os subindicadores para o ano base de 2018. A maioria das variáveis não foram fornecidas a nível sub-bacia hidrográfica, visto que o município não detinha destas informações mais

específicas, então, buscou-se métodos para extrair os dados baseado no que foi fornecido pelo órgão. Basicamente para cada órgão/entidade, estabeleceu-se uma metodologia de obtenção das variáveis.
A Etapa 3 da pesquisa consistiu na elaboração do índice. Como os subindicadores possuem diferentes unidades, precisaram passar por normalização para torná-los adimensionais. Para normalizá-los foi utilizada a metodologia de re-scaled values (JUWANA et al., 2012), que se baseou na classificação dos valores entre 0 e 100. A fórmula para o cálculo segue a equação (1).

$$Si = \frac{Xi - Xinf.}{Xsup. - Xinf.} \qquad \text{equação (1)}$$

Onde:
Si – valor normalizado; Xi – valor a ser normalizado; Xsup. – limite superior; Xinf. – limite inferior.
Os limites inferiores e superiores estabelecidos para a normalização dos subindicadores foram definidos por valores de referências presentes na literatura, por metas já consolidadas na área do saneamento e por valores extremos do conjunto de dados (CHAVES, 2013; OGATA, 2014). Os valores extremos foram obtidos após a estratificação dos dados por setor censitário que consistiu, primeiramente, em gerar peso para cada variável do IBGE, onde se pode obter os valores para cada setor censitário que abrange as áreas das sub-bacias (Figura 3).

Figura 3 - Setores censitários nas sub-bacias I e II.



Fonte: Autora (2021).

Os pesos foram denominados de pesos genéricos, uma vez que dependeram da disponibilidade dos dados do IBGE para serem obtidos. Vale ressaltar que foi analisada individualmente a relação do peso com as variáveis. A variável "quantidade de ligações ativas micromedidas", por exemplo, foi relacionada com o peso dos domicílios atendidos com abastecimento de água de rede geral. O mesmo raciocínio foi aplicado para todas as variáveis de forma a obter uma série de dados espacializados em pequenas unidades (setor censitário), obtendo, portanto, o valor do subindicador distribuído por setores censitários das sub-bacias, permitindo extrair os valores máximos e mínimos.
Após serem normalizados, tanto os indicadores quanto os subindicadores foram ponderados através do método Delphi por meio de questionário. Foi realizada uma consulta aos especialistas locais do setor do saneamento para avaliar o grau de importância dos indicadores e subindicadores, objetivando a convergência de opiniões, uma vez que o julgamento coletivo se mostra mais eficaz do que a opinião de um único indivíduo. Além do mais, o método Delphi foi escolhido para a pesquisa devido às recomendações de utilização da técnica, isto é, para os casos em que não dispõe de dados quantitativos ou quando tais dados não podem ser projetados para compor um cenário futuro com segurança.
Na primeira rodada do questionário, o painel de especialistas foi solicitado a classificar a importância dos 5 indicadores de forma que o somatório seja 100. Classificaram ainda a relevância de cada subindicador para o acompanhamento das condições sanitárias e sociais das sub-bacias em uma escala Likert de 5 pontos, em que 1 = "irrelevante", 2 = "pouco importante", 3 = importância moderada, 4 = "importante" e 5 = "muito importante" (LIKERT, 1932). A escala Likert foi utilizada por ser mais fácil de ser compreendida pelo respondente em pesquisas de opinião, entretanto, para efeitos de cálculo da ponderação, os pesos foram convertidos para a escala de 0 a 1. Vale ressaltar que o peso dos indicadores e subindicadores foram extraídos do questionário a partir de uma média aritmética das notas dadas pelos especialistas.
Como não atingiu 50% de consenso, foi realizada a segunda rodada, que apresentou no questionário a tabulação dos resultados do primeiro, possibilitando que cada respondente reveja seu posicionamento face a

previsão e comentários do grupo, podendo, inclusive, mudar a sua opinião. Depois de normalizar e ponderar, os subindicadores foram agregados através da aplicação de um cálculo aritmético, a fim de compor os indicadores, seguindo equação 2.

$$IND = \sum_{i=0}^{N} Wi.Si \qquad \text{equação (2)}$$

Onde:
IND – valor do indicador;
Wi – peso atribuído ao subindicador;
Si – valor normalizado para o subindicador;
Face ao exposto, foi utilizado um cálculo aritmético para agrupar os indicadores obtidos e, assim, elaborar o IMSB, aplicado nas sub-bacias I e II da Estrada Nova seguindo a metodologia de cálculo da equação 3.

$$IMSB = IAA.p1 + IES.p2 + IDU.p3 + IRS.p4 + IS.p5 \qquad \text{equação (3)}$$

Onde:
IMSB – índice municipal de saneamento básico;
IAA – indicador de abastecimento de água;
IES – indicador de esgotamento sanitário;
IDU – indicador de drenagem Urbana;
IRS – indicador de resíduos sólidos;
IS – indicador social;
p1, p2, p3, p4 e p5 – pesos dos indicadores.
Por fim, após o cálculo do índice, esse foi submetido a uma classificação que permitisse uma visão geral do serviço de saneamento. Para isso, utilizou-se o método estatístico do quartil para estabelecer as faixas de pontuação, que variou de péssimo a ótimo (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação nominal do índice.

Resultado do índice	Classificação
0 – 19	Péssimo
20 – 39	Ruim
40 – 59	Regular
60 – 79	Bom
80 – 100	Ótimo

Fonte: adaptado de Oliveira (2014).

Uma vez chegada a classificação nominal do índice, pode-se avaliar as condições de saneamento das sub-bacias I e II, enquadrando-as em “péssimo”, “ruim”, “regular”, “bom” ou “ótimo”, a fim de auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, possibilitando fazer simulações das intervenções que podem ser realizadas nas sub-bacias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mesmo com a verificação prévia nos órgãos públicos a respeito da disponibilidade dos dados que compõem os subindicadores, enfrentaram-se alguns percalços para a obtenção das informações. A gestão municipal de Belém não utiliza ainda a delimitação das bacias hidrográficas para acompanhamento das informações de saneamento da região. Dessa forma, a menor dimensão dos dados obtidos para compor a pesquisa foram a nível bairro, precisando, assim, ajustar os dados primários para a dimensão das sub-bacias hidrográficas da Estrada Nova, já que a delimitação geográfica dos bairros não coincide com a das sub-bacias.
O subindicador de hidrometração nas sub-bacias variou de 39 a 59%, sendo menor na sub-bacia II, que abrange bairros periféricos como Jurunas, Condor e Cremação. Na visita in loco, notou-se que grande parte da área não apresenta micromedição. Na região Norte do país, segundo o SNIS (BRASIL, 2018), o índice de hidrometração é de 66,1%, enquanto no Sul é de 99,8%, o que pode ser explicado pela falta de investimento no setor. Vale ressaltar que vários estados da região Norte possuem déficit (receita operacional maior que a despesa total com os serviços de saneamento), inclusive a COSANPA (-76,7%), de acordo com o Diagnóstico de Água e Esgoto do SNIS (BRASIL, 2018). Na capital Belém, onde estão inseridas as sub-bacias o valor de hidrometração é ainda menor, cerca de 46%, segundo a prestadora dos serviços (COSANPA, 2018), valor não tão discrepante do encontrado.
Segundo a ONU (ISA, 2008), a quantidades de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa é de 110 L/hab.dia. Assim, observa-se que o valor obtido para as sub-bacia II está ligeiramente inferior ao recomendado.Vale destacar que ambas as sub-bacias estudadas englobam bairros periféricos, o que pode ter contribuído para um valor baixo de consumo per capita. Para a região Norte, o valor médio de consumo é

na ordem de 131,8 L/hab.dia, segundo o SNIS (BRASIL, 2018), enquanto no Sudeste é de 182,6 L/hab.dia (BRASIL, 2018), o que pode ser explicado pelo fato de o Norte ser economicamente mais desfavorecido.
Quanto ao atendimento urbano de água, na sub-bacia I foi de 77,5% e na sub-bacia II de 84,2%, valores abaixo da média nacional, isto é, de 92,8%, segundo o Diagnóstico de Água e Esgoto do SNIS (BRASIL, 2018). Já comparado a região Norte, o atendimento urbano atingiu a ordem de 69,6% também para o ano de 2018 e para a cidade de Belém a média atingida foi de cerca de 73,6% (IBGE, 2018), valor ligeiramente menor do que nas sub-bacias. A sub-bacia II, por exemplo, está localizada em uma área mais heterogênea, se comparado a sub-bacia I, o que pode explicar o fato de ter um percentual de atendimento urbano maior. Ressalta-se que a área da sub-bacia II engloba ainda bairros mais nobres como Nazaré e Batista Campos, o que pode ter implicado em um aumento do percentual obtido para a área.
Com relação aos subindicadores que fazem referência à incidência das análises físico-químicas e bacteriológicas fora do padrão, os parâmetros foram definidos pela prestadora de serviços conforme preconiza a Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo a Portaria há um número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas e físico-químicas, em função da população abastecida. Os sistemas que abastecem a área das sub-bacias são o São Brás e o Bolonha, cada um atende uma população na ordem de 158.283 e 767.339 habitantes, respectivamente.
O índice de atendimento urbano de esgoto para a cidade de Belém no ano de 2018 é de 12,73%, enquanto em algumas capitais da região Sudeste e Sul do país, como é o caso do Paraná, o atendimento urbano é na ordem de 70%. Em ambas as sub-bacias a população conectada a rede coletora está abaixo do índice da capital, que também não é um valor satisfatório. Ressalta-se ainda que na sub-bacia I não há presença de rede de esgotamento sanitário.
Quanto ao esgoto coletado na área da sub-bacia II não há nenhum tratamento, sendo despejado in natura no rio Guamá, uma vez que não há uma estação de tratamento de esgoto (ETE) para a área que abrange as sub-bacias. Observou-se ainda, através de visita de campo, que muitos moradores que residem onde há rede coletora de esgoto optam por não se conectarem à rede para evitar gastos extras, utilizando, assim, fossa séptica. Além disso, alguns relataram, inclusive, despejar o seu esgoto doméstico direto na rede de drenagem, contribuindo, assim, para a poluição hídrica dos corpos d'água.
Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2009), as fossas sépticas apresentam uma eficiência de remoção de 35% a 60% de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), proporcionando apenas um tratamento primário do esgoto doméstico, sendo necessário complementar o processo biológico de purificação e eliminar o risco de contaminação. Entretanto, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2008) essa alternativa de tratamento foi adotada a fim de suprir a inexistência do serviço de esgotamento sanitário.
Dessa forma, observa-se que as áreas das sub-bacias apresentam baixa ou ausência de cobertura de rede de esgoto. Segundo estudo do PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2018), cidades com rápido crescimento em países em desenvolvimento irão se tornar grandes fontes de emissão de nutrientes, especialmente onde um número crescente de residências carece de sistemas adequados de tratamento de águas residuárias, como é o caso das sub-bacias. Assim, observa-se a necessidade de coletar e tratar de forma mais efetiva os esgotos da cidade, a fim de se evitar maiores complicações futuras.
Quanto ao IRS, a quantidade de domicílios atendidos com coleta de resíduos sólidos para ambas as sub-bacias é bastante significativa, o que contrasta com a realidade observada in loco (Figura 4): depósito de resíduos sólios em locais inadequados, além do lançamento de resíduos nos canais e galerias de drenagem. Apesar da abrangência do sistema de manejo de resíduos sólidos ser superior a 90% em ambas as áreas, notou-se lixo doméstico e entulhos ao longo das sub-bacias, ocasionando mau cheiro nas ruas, proliferação de vetores, dificuldade de passagem de pedestre pelas calçadas, além de contribuir com a ineficiência do sistema de drenagem.
Grande parte das sub-bacias é susceptível a pontos de inundação/alagamento, favorecido pela topografia do local. Além do mais, observa-se ruas estreitas e sinuosas, aliadas ainda com a falta de padronização das quadras, consequente de um processo de ocupação desordenado, principalmente no bairro do Jurunas. A área do bairro ocupa mais de 70% da sub-bacia I e concentrou grande parte dos pontos susceptíveis a inundação/alagamento para cada km² (26 pontos/km²).
Na sub-bacia I entre a rua dos Tamoios e Mundurucus, há concentração de pontos susceptíveis a inundação/alagamentos, localizados em cotas altimétricas acima de 4m, não estando na faixa de inundação. Possivelmente, a área apresenta ineficiência do sistema de macro e microdrenagem, já que há dificuldade para o escoamento da água. A rua dos timbiras ainda na sub-bacia I, observa-se que está inserida dentro da mancha de inundação, sendo uma área desfavorecida pela topografia, demandando mais da eficiência do sistema de drenagem.

A sub-bacia II apresentou o mesmo cenário da I, porém com um adendo para os pontos susceptíveis a alagamento/inundação, que se mostraram mais dispersos e menos recorrentes na porção norte da sub-bacia, área mais elevada, onde se encontram bairros nobres, como é o caso do bairro da Nazaré. Observa-se ainda que os pontos de alagamento/inundação obtidos na sub-bacia II coincidem com as áreas de inundação. Os casos de alagamento/inundação nas áreas das sub-bacias são recorrentes e ainda mais intensos em situações em que a maré alta coincide com período chuvos.

Cerca de 52% das habitações do município de Belém são consideradas aglomerados subnormais (IPEA, 2016), isto é, ocupação ilegal do terreno, não respeitando a urbanização no padrão vigente e não regularizadas por órgãos públicos, marcada ainda pela precariedade dos serviços públicos essenciais, como energia elétrica, coleta de lixo e redes de água e esgoto. É possível afirmar que grande parte das áreas das sub-bacias encontra-se na situação descrita.

Em visita de campo, pode-se constatar que parte das habitações é de madeira. Estudo realizado por Santana et al. (2013) corrobora para a constatação feita in loco, uma vez que segundo os pesquisadores cerca de 46,2% das casas da BHEN eram construídas em madeira e 40,4% eram cobertas com fibrocimento. Além do mais, cerca de 73,1% das habitações da BHEN estavam em áreas que sofriam com as constantes inundações. Ainda segundo Santana et al. (2013), 23,1% das habitações possuíam banheiro construído na área externa da casa, muitas vezes compartilhados entre várias famílias, fato também observado em levantamento de campo.

Mesmo com condições de vida insatisfatórias, aproximadamente 10% da população de Belém reside em bairros pertencentes as sub-bacias I e II, o que demonstra que as áreas continuam sendo atrativas, possivelmente devido a sua proximidade ao centro da cidade, tendo como principal via de acesso a avenida Bernardo Sayão (Figura 4).

Figura 4 - Condições habitacionais de algumas residências localizadas na av. Bernardo Sayão.



Fonte:Autora (2020).

Segundo Antônio Junior (2014), as áreas da BHEN apresentam preços mais acessíveis para aluguel e compra de imóveis, refletidos no subindicador “domicílios próprios quitados ou financiados”, que apresentou valor superior a 50% em ambas as sub-bacias.

Estudo conduzido por Carvalho & Rocha (2020) a respeito da análise dos riscos e da vulnerabilidade socioambiental urbana em Belém/PA relatou que o desenvolvimento urbano desordenado ocorrido nos últimos anos pode estar expondo a população a possíveis situações de riscos e de vulnerabilidade socioambiental (possivelmente trata-se também das áreas que abrangem as sub-bacias), tornando-se necessária uma melhor integração entre as políticas ambientais e urbanas, a fim de minimizar possíveis entraves institucionais e políticos, fomentando a participação da sociedade.

Os indicadores foram calculados por meio de um cálculo aritmético, assim como diversos estudos encontrados na literatura, como é o caso de Teixeira (2017), Santos (2017), Buckley (2010). Dessa forma, foi formulada uma equação para cada indicador levando em consideração os pesos obtidos por meio da metodologia Delphi. As equações que foram formuladas, bem como os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2. Vale ressaltar que o resultado gerado para os indicadores são valores adimensionais, uma vez que passaram pelo processo de normalização para atingir tal finalidade de cálculo.

Tabela 2 - Cálculo do indicador.

INDICADOR	METODOLOGIA DE CÁLCULO	RESU
	SUB-BACIA I	
IAA	$IAA = 0{,}15.SI_{HID} + 0{,}15.SI_{CPC} + 0{,}14.SI_{ATU} + 0{,}14.SI_{CRL} + 0{,}13.SI_{TURB} + 0{,}15.SI_{CAP} + 0{,}14.SI_{ECL}$	
IES	$IES = 0{,}26.SI_{PRC} + 0{,}24.SI_{PSI} + 0{,}26.SI_{TES} + 0{,}24.SI_{ERE}$	
IRS	$IRS = 0{,}5.SI_{GPR} + 0{,}5.SI_{DCR}$	
IDU	$IDU = 0{,}33.SI_{INU} + 0{,}35.SI_{RMA} + 0{,}32.SI_{RMI}$	
IS	$IS = 0{,}24.SI_{RFX} + 0{,}3.SI_{CMO} + 0{,}21.SI_{DPQ} + 0{,}25.SI_{NAN}$	
	SUB-BACIA II	
IAA	$IAA = 0{,}15.SI_{HID} + 0{,}15.SI_{CPC} + 0{,}13.SI_{ATU} + 0{,}15.SI_{CRL} + 0{,}13.S\,I_{TURB} + 0{,}14.SI_{CAP} + 0{,}15.SI_{ECL}$	
IES	$IES = 0{,}27.SI_{PRC} + 0{,}22.SI_{PSI} + 0{,}27.SI_{TES} + 0{,}24.SI_{ERE}$	
IRS	$IRS = 0{,}5.SI_{GPR} + 0{,}5.SI_{DCR}$	
IDU	$IDU = 0{,}32.SI_{INU} + 0{,}34.SI_{RMA} + 0{,}34.SI_{RMI}$	
IS	$IS = 0{,}23.SI_{RFX} + 0{,}3.SI_{CMO} + 0{,}22.SI_{DPQ} + 0{,}25.SI_{NAN}$	

Nota: IAA – indicador de abastecimento de água; IES – indicador de esgotamento sanitário; IDU – indicador de drenagem Urbana; IRS – indicador de resíduos sólidos; IS – indicador social; SI –subindicador; HID – Hidrometração; CPC - Consumo médio per capita; ATU-Atendimento urbano; CRL-Incidência das análises de Cloro Residual fora do padrão; TURB-Incidência das análises de Turbidez fora do padrão; CAP-Incidência das análises de Cor Aparente fora do padrão; ECL-Incidência das análises de E. Coli fora do padrão; PRC-População residente conectada à rede coletora de esgoto; PSI- População residente servida por sistema individual; TES-Tratamento de esgoto; ERE-Extensão da rede de esgoto por ligação; INU-Inundação/Alagamento; RMA-Abrangência da rede de macrodrenagem implantada; RMI-Abrangência da rede de microdrenagem implantada; GPR- Geração per capta de resíduos sólidos; DCR-Domicílios com coleta de resíduos sólidos; RFX-Residência fixa; CMO-Condições de moradia; DPQ-Domicílios próprios quitados ou financiados; NAN-Nível de analfabetismo.
Fonte: Autora (2021).

Observa-se na Tabela 2 que o indicador que obteve o pior desempenho foi o IES tanto para a sub-bacia I quanto para a II, ressaltando que a situação da primeira é ainda pior por se tratar de uma área sem rede de esgotamento sanitário e consequentemente sem tratamento de esgoto. Devido ao fato do indicador ser composto pelo subindicador "população servida por sistema individual" o IES da sub-bacia I não foi igual a zero.
Quanto ao melhor indicador da sub-bacia I, obteve-se o IS (84). Apesar do valor gerado ser o mais próximo de 100, não implica dizer que a situação social está próxima ao cenário ideal. O valor obtido de 84 não condiz com a realidade observada in loco. Possivelmente os subindicadores selecionados camuflaram a realidade, sugere-se, então, novos subindicadores para auxiliar na análise. Cerca de 95% dos domicílios da sub-bacia I apresenta pelo menos um dos serviços públicos na sua residência, segundo o indicador obtido, entretanto, não foi levado em consideração a eficiência desse serviço.
Na sub-bacia II o melhor indicador foi o IDU (76). Isso se deve ao fato da abrangência da rede de microdrenagem contemplar quase a totalidade da sub-bacia, entretanto, também não foi levada em consideração a eficiência do sistema. Faz-se necessário, então, para uma análise mais assertiva a inserção de subindicadores que retratem a eficiência do serviço. Os demais valores apresentaram pontuação similar em ambas as sub-bacias. Destaca-se que ambas apresentam realidades similares observadas in loco e confirmadas com a análise dos indicadores. A Tabela 3 apresenta o cálculo do IMSB para as sub-bacias I e II.

Tabela 3 - Cálculo do IMSB.

INDICADOR	VALOR DO INDICADOR	PESO (DELPHI)	IMSB	CLASSIFICAÇÃO
		SUB-BACIA I		

IAA	72	0,20		
IES	8	0,23		
IRS	70	0,21	59	REGULAR
IDU	69	0,19		
IS	84	0,17		
SUB-BACIA II				
IAA	68	0,20		
IES	35	0,23		
IRS	67	0,21	61	BOM
IDU	76	0,19		
IS	66	0,17		

Fonte: Autora (2021).

Ao observar o resultado do IMSB para a sub-bacia I que foi de 59, pode-se classificar as condições de saneamento da área de abrangência da sub-bacia I como "regular" para o ano de 2018, enquanto na II, o valor foi de 61, sendo classificado como "bom", porém, praticamente no limite da transição da classificação nominal. O que possivelmente tornou o IMSB maior na sub-bacia II foi o fato de que o subindicador "população conectada a rede coletora" ter sido atendido nessa área, enquanto na sub-bacia I a classificação foi de zero, uma vez que não tem cobertura de rede de esgotamento sanitário. Assim, o IES apresentou um valor maior na sub-bacia II, contribuindo para a classificação nominal "bom". Ressalta-se ainda que o IES teve o maior peso dentre os demais indicadores.

Quanto ao IAA, segundo estudo de Colina (2018), a média de cobertura atendimento do serviço de abastecimento de água para o município Belém entre os anos de 2012 e 2016 foi de 76,75%, o que implica dizer que mais de 20% dos domicílios são abastecidos por outras fontes, geralmente, poços, expondo ao risco de contrair doenças de veiculação hídrica pela incerteza da potabilidade da água proveniente de tais fontes. Para as sub-bacias, obteve-se valores similares, o que condiz com a realidade.

De acordo com Da Silva (2017), existem ocupações no município de Belém com quase 20 anos sem abastecimento de água potável por fontes seguras, em que a alternativa do abastecimento é o uso de poços. São ocupações ilegais em que a população de baixa renda passou a ocupar terrenos sem nenhum planejamento urbanístico prévio. Esse fato possivelmente existe nas áreas das sub-bacias, porém, era necessário fazer um levantamento da regularização dessas moradias a fim de corroborar com o presente estudo. Vale ressaltar ainda, que inicialmente havia sido proposto um subindicador para acompanhar esse processo, entretanto, o dado não foi acessível por parte dos órgãos competentes.

Quanto ao IES do estudo de Colina (2018), assim como neste estudo, também obteve uma baixa pontuação, o que reflete na realidade das sub-bacias e consequentemente do munícipio onde estão inseridas. Em sua pesquisa, através dos resultados obtidos, foi possível observar que o serviço de esgotamento sanitário no município como um todo é extremamente deficiente, evidenciando a necessidade de expansão do sistema para que possa melhor atender a população.

A fim de observar de que forma o índice se comporta com algumas melhoras dos subindicadores e consequentemente dos indicadores levantados no estudo, fez-se uma análise de sensibilidade do IMSB que consistiu na simulação de duas hipóteses.

Hipótese A: "Quais estratégias pode-se adotar para atingir a classificação 'bom' no índice da sub-bacia I?"

Hipótese B: "Quais estratégias pode-se adotar para atingir a classificação 'ótimo' no índice da sub-bacia II?"

Uma das estratégias que pode ser utilizada para melhorar o índice da sub-bacia I e consequentemente atender a hipótese A foi aumentar em 10% dois dos subindicadores do IAA ("hidrometração" e "atendimento urbano"), assim como um subindicador de IES ("população conectada a rede coletora"). Optou-se ainda por diminuir em 10% o de IDU ("inundação/alagamento"), isto é, passou-se de 26 pontos/km² para 23 pontos/km². Dessa forma, chegou-se a pontuação mínima correspondente a pontuação 60, cuja classificação se enquadra em "bom".

No que diz respeito a hipótese B para que o índice passe de "bom" para "ótimo" é necessário que se faça várias intervenções. Para isso, foi preciso intervir em três subindicadores do IAA ("hidrometração", "atendimento urbano" e "incidência das análises de cor aparente fora do padrão"). Admitiu-se 90% de hidrometração na sub-bacia II, bem como de atendimento urbano e 2% de incidência fora do padrão. Além do mais, dois subindicadores de IES sofreram intenção ("população residente conectada a rede coletora" e "tratamento de esgoto"), para o primeiro foi admitido 50% e para o segundo 30%. Para o IRS, precisou elevar o subindicador "domicílios com coleta de resíduos sólidos" para 100% de atendimento.

Quanto ao IDU, fez-se interferência no subindicador de "inundação/alagamento", reduzindo os pontos susceptíveis a inundação/alagamento para 7 pontos/km², além de aumentar a abrangência de rede de

microdrenagem para 100% na sub-bacia II. Para o IS, foi necessário intervir em todos os subindicadores a fim de corroborar com a mudança de classificação do IMSB, isto é, passar de "bom" para "ótimo". Dessa forma, o subindicador admitiu-se 97%, 92%, 90% e 1% para "residência fixa", "condições de moradias", "domicílios próprios quitados ou financiados" e "nível de analfabetismo", respectivamente.
Conforme exposto, é necessário se fazer diversas intervenções, especificamente na sub-bacia II, a fim de mudar a classificação do IMSB. Dessa maneira, para que isso aconteça na prática é preciso que se elabore um plano estratégico por parte dos órgãos competentes, estipulando metas a serem alcançadas ao longo dos anos, a fim de se observar a evolução dos indicadores e consequentemente do índice.

CONCLUSÕES

Conforme a pesquisa apresentada foi possível observar que:

- O índice mostrou que a sub-bacia I encontra-se em uma situação de regular desempenho dos serviços do saneamento, com valor na ordem de 59. Já a sub-bacia II enquadrou-se na categoria de bom desempenho, com valor na ordem de 61, entretanto, bem próxima a classificação de regular que fica entre os valores de 40 a 59.
- Para efeitos de políticas públicas, verifica-se que o diagnóstico das sub-bacias pelo IMSB possibilita uma visão macro da realidade, além de auxiliar na tomada de decisão por parte do gestor público;
- O IMSB permite que através dos resultados gerados para os indicadores e subindicadores das sub-bacias sejam propostas intervenções prioritárias na área, a fim de melhorar a qualidade de vida das populações mais afetadas;
- A ausência de dados limitou a escolha de mais subindicadores a fim de subsidiar a pesquisa, como foi o caso do subindicador de resíduos sólidos, por exemplo, que teve apenas dois subindicadores (geração per capita de resíduos sólidos e domicílios com coleta de resíduos sólidos) para representar as condições do sistema de manejo e coleta de resíduos das sub-bacias como um todo;
- O IMSB seria mais fiel à realidade das sub-bacias caso fosse inserido indicadores cuja abordagem é com relação a qualidade do serviço prestado, uma vez que seria possível identificar mais pontos de déficit na infraestrutura dos sistemas e do serviço de saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIO JUNIOR, C. R. A. *Fatores de risco a inundação na bacia hidrográfica da Estrada Nova Belém/PA. Revista Geografia*, v. 22, n.2, p.57-58, maio/ago. 2014.

2. BRANDÃO, Ana Júlia Domingues das Neves. *Entre os rios e as favelas: O PAC nas baixadas da Bacia da Estrada Nova e da Comunidade Taboquinha-Belém (PA). Dissertação (mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP*, São Paulo-SP, 2016.

3. BUCKLEY, C. F. O. *Adaptação do Indicador de Salubridade Ambiental para análise de empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial em Aracaju – SE. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE,* 285p. 2010.

4. BRASIL, *Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos.* Brasília-DF. 2007.

5. BRASIL, *Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências*. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília-DF. 2010.

6. BRASIL, *Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.* Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília-DF. 2017.

7. CARVALHO, A. C. L.; ROCHA, G.M. *Analysis of Urban Socio-Environmental Risks and Vulnerability, in the face of Disordered Development and Pressure on Water Resources in Belém-PA. Brazilian Journal of Development.* Curitiba, v.6, n.4, p.18127. 2020.

8. CHAVES, A. F. F.; COSTA, A. A. V. M.; TEIXEIRA, L. G.; VALENTE, M. D. R. V. *Ambiente e Saúde: Prioridades nos estados da Amazônia Legal. Enciclopédia Biosfera.* Centro Científico Conhecer, v.9, N.16, p.2243. Goiânia, 2013.

9. COLINA, V. L. A. C. *Índice de Salubridade Ambiental (Isa) Aplicado ao Município Belém do Estado do Pará. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil).* Universidade Federal do Pará. Belém-PA, 2018.

10. GALVÃO JÚNIOR, A.C.; NISHIO, S.R.; BOUVIER, B.B.; TUROLLA, F. A. (2009). *Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro*, v. 43, n.1, p. 207-227. 2009.

11. IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais - Perfil dos Municípios Brasileiros*. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2018.

12. INSTITUTO TRATA BRASIL. *Ranking do Saneamento.* GO Associados. 2019.

13. IPEA. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.* Brasília, 2016.

14. JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. *Indicator-based water sustainability: a review. Science of the total environment*, v. 438, p. 357-371. 2012.

15. LIKERT, R. A. *Technique for the measturement of attittudes. Archives of Psychology*, v. 22, n. 140, p. 1–55. ISSN 0006-8993. 1932.

16. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. Licenciamento Ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto e Aterros Sanitários*. Brasília, 2009.

17. OGATA, I. S. *Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)* - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2014.

18. PBL NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AGENCY. *Informative Inventory Report.* 2018.

19. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. *Relatório técnico da Secretaria Municipal de Saneamento*. Belém. 2014.

20. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. *Relatório técnico da Secretaria Municipal de Saneamento.* Belém. 2019.

21. SANTANA, J. V; OLIVEIRA, A. B.; MAUÉS, R. S. *Habitação e remoção de famílias: reflexões sobre a política urbana na cidade de Belém/PA. VI Jornada Internacional de Políticas Públicas*. São Luís/MA, 2013.

22. SANTOS, R. S. F. *Estudo dos Indicadores e Índices de Salubridade Ambiental Aplicados a regiões Estuarinas: o caso da comunidade de Gargaú*, São Francisco do Itabapoana/RJ. Macaé/RJ. 2017.

23. SILVA, I. C. L. *Proposta Metodológica para avaliação da qualidade de planos municipais de saneamento básico. Dissertação (mestrado em Engenharia Sanitária)*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 2017.

24. SNIS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. *Diagnóstico dos serviços de água e esgoto*. Ministério do Desenvolvimento Regional. 2018.

25. TEIXEIRA, D. A. *Construção e determinação do indicador de salubridade ambiental (ISA OP) para as áreas urbanas do município de Ouro Preto/MG. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental)* – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Minas Gerais. 2017.