UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará

Karissa Auad Carvalho Duarte

Elaboração de um Índice Municipal de Saneamento Básico com aplicação nas sub-bacias I e II da Estrada Nova – Belém/PA.

Instituto de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

BELÉM/PA
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA - ITEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

KARISSA AUAD CARVALHO DUARTE

Elaboração de um Índice Municipal de Saneamento Básico com aplicação nas sub-bacias I e II da Estrada Nova – Belém/PA.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.
Linha de Pesquisa: Saneamento Ambiental.
Orientadora: Profª Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira.

BELÉM/PA
2020

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO COM APLICAÇÃO NAS SUB-BACIAS I E II DA ESTRADA NOVA-BELÉM/PA

AUTORA:

KARISSA AUAD CARVALHO DUARTE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL.

APROVADO EM: 26 / 11 / 2020.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira
Orientadora (UFPA)

Prof. Dr. Luis Gustavo de Lima Sales
Membro Externo (UFCG)

Prof. Dr. Neyson Martins Mendonça
Membro Externo (UFPA)

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado a força necessária para concluir mais essa etapa da minha vida acadêmica.

À minha família, em especial, aos meus pais, Benedito e Ilma, por sempre me incentivarem a estudar e a correr atrás dos meus sonhos, não medindo esforços para isso.

À minha avó Georgette, toda gratidão pelo apoio e por ser um exemplo de mulher guerreira e determinada.

À minha irmã Talissa por ser tão amável, estudiosa e dedicada, servindo de inspiração.

Ao meu esposo Paulo por ter apoiado a minha decisão de iniciar o mestrado e por ter me incentivado a seguir em frente mesmo com as dificuldades que sugiram no caminho. Obrigada por fazer dos meus sonhos, os seus também.

À minha orientadora, professora Dra. Luiza Girard, pela paciência e comprometimento. Obrigada por ter acreditado no meu potencial e me incentivado a ir sempre além, superando os desafios.

A todo o corpo docente da FAESA e do PPGEC por tantos conhecimentos repassados, especialmente, aos professores: Dr. Neyson Mendonça e Dr. Lindemberg Fernandes.

À CAPES pela concessão da bolsa;

À FADESP pelo o financiamento do projeto;

Ao corpo técnico do PROMABEN, SESAN, COSANPA, ARBEL e IBGE/Belém por ter auxiliado na coleta dos dados.

A todos os meus amigos, especialmente a Nataly e a Priscila, amigas de longas datas, pelo o companheirismo e lealdade de sempre.

Agradeço a Juliane, Bárbara, Bruna e Dayanne que estavam comigo vivendo essa jornada.

Por fim e não menos importante, um agradecimento especial a equipe do GESA, principalmente a Bruna, Henrique, Marina, Wendell e Izabelle por me auxiliarem na pesquisa com tanta dedicação, zelo e comprometimento. Obrigada pelos momentos de descontração que tivemos juntos, pelo o apoio e união. Com vocês, essa caminhada se tornou mais leve.

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. Na Etapa 1 foi abordada a descrição da área de estudo; já a Etapa 2 contou com a seleção dos subindicadores, construção do banco de dados e cálculo dos subindicadores; enquanto na Etapa 3 foi realizado o desenvolvimento do índice. Após os subindicadores serem calculados, foram normalizados por meio da técnica de *re-scaled values* e em seguida ponderados através do método *Delphi*, que contou com a participação de 20 especialistas que conhecem a realidade do saneamento ambiental do município de Belém. Para definir o número de rodadas dos questionários, o nível satisfatório de convergência das respostas foi de 50% (atingido na segunda rodada, com *feedback* de 80% dos especialistas). Os resultados foram analisados através de análise de mediana e quartis, com representação gráfica de *boxplots.* Os subindicadores e indicadores foram agregados através de cálculo aritmético e por fim classificados nominalmente, variando de péssimo a ótimo. O valor geral do IMSB para a sub-bacia I foi de 59, classificando-o como regular, enquanto para a sub-bacia II o valor gerado foi de 61, isto é, praticamente no limite da variação de categoria de regular para bom, o que não difere tão significativamente as duas sub-bacias. Fez-se ainda algumas simulações do índice para determinar quais as intervenções poderiam ser feitas nas sub-bacias a fim melhorar o IMSB gerado e, consequentemente, as condições de saneamento do local. Em síntese, o estudo apontou que dentre as quatro vertentes do saneamento, além da social, o serviço mais carente em ambas as sub-bacias é o de esgotamento sanitário, sendo, portanto, o que mais necessita de melhorias, principalmente na sub-bacia I. O IMSB poderá ser utilizado como ferramenta de tomada de decisão mediante validação e inclusão de novos subindicadores que expressem a qualidade dos serviços e não apenas cobertura, a fim de se obter uma resposta mais transparente e congruente com a realidade local.

PALAVRAS-CHAVE: saneamento, indicador, índice, planejamento, *Delphi*.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine a Municipal Basic Sanitation Index (IMSB) to monitor the basic sanitation conditions of the area where the hydrographic sub-basins I and II of Estrada Nova - Belem/PA are located. This research is divided into 3 steps. Step 1 consisted of the description of the study area was addressed; Step 2 included the selection of sub-indicators, database creation and calculation of the sub-indicators; Step 3 consisted of the development of the index. After the sub-indicators were calculated, they were normalized using the technique of re-scaled values. The sub-indicators were weighted using the Delphi method. In order to apply this methodology, 20 specialists who understand the reality of environmental sanitation in the municipality of Belem were selected. In order to determine the number of rounds required by the Delphi method, an agreement of at least 50% in the answers was selected. The desired result was reached after the second turn, which resulted in 80% of feedback. The results were analyzed using the statistical analysis of median and quartile and graphical representation of boxplots. The sub-indicators and indicators were aggregated through arithmetic calculation and finally rated nominally, ranging from very bad to excellent. The general value of IMSB for sub-basin I was 59, which was classified as regular. The value generated for sub-basin II was 61, which is practically at the limit of the category variation from regular to good. This means that the values between the two basins presented minimal variations. Some simulations of the index were also carried out to determine which interventions could be made in the sub-basins in order to improve the generated IMSB and, consequently, the sanitation conditions of the place. In summary, the study pointed out that among the four aspects of sanitation, in addition to the social aspect, the most needed service in both sub-basins is sanitary sewage. Therefore, sanitary sewage is the service that needs improvements the most, mainly in the sub-basin. I. In conclusion, the IMSB can be used as a decision-making tool through validation and inclusion of new sub-indicators that express the quality of services and not just coverage, in order to obtain a more transparent and congruent response to the local reality.

KEY WORDS: sanitation, indicator, index, planning, Delphi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bacias hidrográficas de Belém.....10
Figura 2 – Pirâmide para a construção de índice. 13
Figura 3 – índice de Desenvolvimento Humano em 127 países agrupados segundo os níveis de atendimento por sistemas de água e esgotos expressos em valores médios, mínimos e máximos. 24
Figura 4 – Média de taxa de internação por DRSAI. 31
Figura 5 – Esquema das etapas metodológicas da pesquisa. 37
Figura 6 – Abrangência dos bairros na BHEN. 38
Figura 7 – Figura de: a) densidade demográfica; b) rendimento médio; c) aglomerados subnormais e áreas de susceptibilidade a inundações da BHEN.....40
Figura 8 – Quantidade de domicílios servidos com sistemas públicos, segundo censo do IBGE de 2010.....41
Figura 9 – Subdivisão da Bacia da Estrada Nova e concentração da pesquisa. 42
Figura 10 – Localização do programa PROMABEN I. 43
Figura 11 – Localização do programa PROMABEN II. 44
Figura 12 – Disposição de resíduos sólidos nas sub-bacias I e II da Estrada Nova. 45
Figura 13 – Áreas alagadas em período de maré alta e elevada precipitação pluviométrica.....46
Figura 14 – Condições de moradia ao longo do canal da avenida Generalíssimo Deodoro.....46
Figura 15 – Fluxograma das variáveis e os seus respectivos órgãos.....49
Figura 16 – Setores de abastecimento de água da COSANPA na BHEN. 50
Figura 17 – Setores censitários nas sub-bacias I e II. 52
Figura 18 – Estrutura da concepção do banco de dados para o cálculo dos subindicadores.....54
Figura 19 – Fluxograma da execução da metodologia Delphi. 57
Figura 20 – a) Disposição inadequada de resíduos sólidos na tv. Bom Jardim com a tv. Quintino Bocaiuva. b) Disposição inadequada de resíduos sólidos na Av. Generalissimo entre Fernando Guilhon e rua São Miguel.c) Disposição inadequada de resíduos sólidos na Av. Bernardo Sayão com rua dos Caripunas. d) Disposição inadequada de resíduos sólidos Av. Bernardo Sayão próximo a rua Fernando Guilhon. 73
Figura 21 – Delimitação das bacias hidrográficas e áreas com cotas altimétricas abaixo de 4m com destaque para a Bacia da Estrada Nova. 75
Figura 22– Pontos de inundação/alagamento na sub-bacia I, baseado em inspeção *in loco.* 76
Figura 23– Pontos de inundação/alagamento na sub-bacia II, baseado em inspeção *in loco.* 77
Figura 24 – a) Ponto de alagamento na tv. dos Tupinambás com rua dos Pariquis (Sub-bacia I) b)Tv. de Breves com rua dos Mundurucus (Sub-bacia I).....79
Figura 25 – Passagem Nazaré com rua dos pariquis (Sub-bacia II).b) Ponto de alagamento na Passagem Nazaré com rua dos Caripunas (Sub-bacia II) 79
Figura 26 – Áreas sem microdrenagem na sub-bacia I. 81
Figura 27 – Áreas sem microdrenagem na sub-bacia II. 81
Figura 28– Condições habitacionais de algumas residências localizadas na av. Bernardo Sayão. 83
Figura 29– Ponderação dos indicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia I. 90
Figura 30– Ponderação dos indicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia II. 90
Figura 31– Ponderação dos subindicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia I. 92
Figura 32– Ponderação dos subindicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia II. 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de um bom indicador de desempenho 16
Tabela 2 - Indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário propostos na oficina da ABAR. 18
Tabela 3 – Indicadores de abastecimento de água propostos pela IWA.....19
Tabela 4- Indicadores operacionais e de qualidade de serviço propostos pela IWA para sistema de esgotamento sanitário. 19
Tabela 5- Exemplos de alguns índices desenvolvidos a nível mundial.....27
Tabela 6 – Grupos e indicadores utilizados na metodologia do Trata Brasil.....28
Tabela 7 – Indicadores e ponderações do ranking. 29
Tabela 8 – Indicadores utilizados para compor o Ranking da ABES. 30
Tabela 9 – Método de normalização, conceitos e referências. 32
Tabela 10 - Características do método *Delphi* e suas vantagens e desvantagens.....35
Tabela 11 – Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social com seus respectivos subindicadores.....48
Tabela 12 – Painel de seleção dos especialistas do setor de saneamento. 58
Tabela 13 – Classificação nominal do índice. 60
Tabela 14– Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social da Sub-bacia I com seus respectivos subindicadores. 62
Tabela 15– Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social da sub-bacia II com seus respectivos subindicadores. 64
Tabela 16– Abrangência, área de contribuição e população dos bairros que compõe as sub-bacias I e II da Estrada Nova. 66
Tabela 17– Resultado dos subindicadores de abastecimento de água das Sub-bacia Ie II da Estrada Nova. 67
Tabela 18– Quantidade de análises físico-químicas e bacteriológicas exigidas e realizadas, bem como o % de conformidade com a legislação vigente para os sistemas que abastecem as áreas das sub-bacias.....69
Tabela 19– Resultado dos subindicadores de esgotamento sanitário das sub-bacia I e II da Estrada Nova. 71
Tabela 20– Resultado dos subindicadores de resíduos sólidos das sub-bacia I e II da Estrada Nova. 72
Tabela 21 – Resultado dos subindicadores de drenagem urbana das sub-bacias I e II da Estrada Nova.....74
Tabela 22– Resultado dos subindicadores sociais das sub-bacia I e II da Estrada Nova. 82
Tabela 23– Limite inferior e superior definido para as sub-bacias I e II.....86
Tabela 24– Síntese dos valores normalizados de cada subindicador 89
Tabela 25– Síntese dos resultados da ponderação dos subindicadores para as sub-bacias I e II.....94
Tabela 26– Resultado dos indicadores das sub-bacias I e II.....96
Tabela 27– Resultado dos indicadores da sub-bacia I e II. 99

LISTA DE SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANA	Agência Nacional de Águas
ONU	Organização das Nações Unidas
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
IMSB	Índice Municipal de Saneamento Básico
PMB	Prefeitura Municipal de Belém
FADESP	Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa
UFPA	Universidade Federal do Pará
PROMABEN	Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova
BHEN	Bacia Hidrográfica da Estrada Nova
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
CONESAN	Conselho Estadual de Saneamento
ISA	Indicador de Salubridade Ambiental
IWA	International Water Association
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal
IBNET	The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities
WSAA	Water Service Association of Australia
AWWA	American Water Works Association
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
ABAR	Associação Brasileira de Agências de Regulação
PNQS	Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PEIR	Pressão – Estado – Impacto – Resposta
PNUMA	Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas e Meio Ambiente
FER	Força Motriz – Estado – Resposta
GCIF	*Global City Indicators Facility*
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
ACP	Análise de Componentes Principais
PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
AHP	*Analytic Hierarchy Process*
RMB	Região Metropolitana de Belém

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 6

2 OBJETIVOS 8

2.1 GERAL 8

2.2 ESPECÍFICOS 8

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 9

3.1 SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA 9

3.2 MARCOS LEGAIS DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL 11

3.3 INDICADORES E ÍNDICES 13

3.4 INDICADOR DE DESEMPENHO 15

3.4.1 ENTIDADES E ORGANIZAÇÕES NO ÂMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL QUE UTILIZAM INDICADORES DE DESEMPENHO NO SANEAMENTO BÁSICO 16

3.4.2 INDICADOR AMBIENTAL 21

3.4.3 INDICADOR SOCIAL 23

3.5 ÍNDICES APLICADOS NO SANEAMENTO BÁSICO 25

3.6 MÉTODOS DE NORMALIZAÇÃO, PONDERAÇÃO E AGREGAÇÃO DE ÍNDICES 32

4 MATERIAL E MÉTODOS 37

4.1 ETAPA 1: DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 37

4.2 ETAPA 2: OBTENÇÃO DOS SUBINDICADORES 47

4.3 ETAPA 3: DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE 55

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 61

5.1 OBTENÇÃO DOS SUBINDICADORES 61

5.2 DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE 85

5.2.1 NORMALIZAÇÃO E PONDERAÇÃO 85

5.2.2 CÁLCULO DOS INDICADORES 96

5.2.3 CÁLCULO DO ÍNDICE 97

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 102

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 104

8 APÊNDICES 108

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 2,4 milhões de pessoas ainda estão sem acesso aos serviços de saneamento básico no mundo (PNUD, 2015). No Brasil, segundo censo demográfico do IBGE de 2010, 3,3 milhões de domicílios não tem água encanada, representando cerca de 6% dos domicílios permanentes. A Assembleia Geral da ONU reconheceu em 2015 que o saneamento básico é um direito humano, entretanto, cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo carecem de banheiros e esgotamento sanitário adequado (PNUD, 2015b).

Segundo Ribeiro *et al.* (2015), as políticas públicas no setor do saneamento dos municípios situados na Amazônia brasileira são insuficientes para atender toda a população. De acordo com Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), aproximadamente 70% dos habitantes da região Norte não tem acesso à água tratada. 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 situação não é diferente do restante do país. Segundo o Instituto Trata Brasil (2019) a capital ocupa a 98º posição, enquadrando-se como uma das piores capitais com serviço de saneamento.

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 metem 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; DA SILVA, 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; DA SILVA, 2006).

Nesse sentido, o presente trabalho 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".

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver as diretrizes de formulação do 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.

2.2 ESPECÍFICOS

- Definir a matriz de indicadores que irá compor o IMSB a partir de informações provenientes dos próprios órgãos municipais e dos prestadores de serviços públicos;
- Desenvolver e aplicar o IMSB, considerando as condições socioeconômicas e a qualidade do serviço, operação e manutenção nos setores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA

Belém enfrenta inúmeros problemas ambientais provenientes tanto de processos naturais quanto antrópicos, implicando em transtornos para a população, além de atrapalhar a dinâmica e o desenvolvimento da cidade. A partir dos anos 50, as áreas de várzea começaram a ser ocupadas pela população de baixa renda, devido ser uma opção de moradia acessível, já que informal, e as terras mais altas estarem escassas e mais caras, ocupadas pela população de maior poder aquisitivo e por instituições públicas. A ocupação das áreas de baixada foram marcadas pela presença do imigrante nativo da região (ribeirinho) que via nas várzeas um ambiente familiar e acessível econômico e espacialmente (NEGRÃO & GEMAQUE, 2010)

Assim, as próprias características geográficas do município de Belém representam um obstáculo para a expansão urbana da cidade, implicando em áreas alagadas (PENTEADO, 1968; MOREIRA, 1966). No início do século XX, a fim de amenizar a questão dos alagamentos, iniciou-se a construção do dique da Estrada Nova, que consistia em uma estrada perpendicular à projeção das vias à montante. Também foram instaladas comportas nas fozes dos rios com o objetivo de evitar o aumento dos alagamentos por coincidências entre marés altas e caudais de montante de uma chuva intensa (LIMA, 2004).

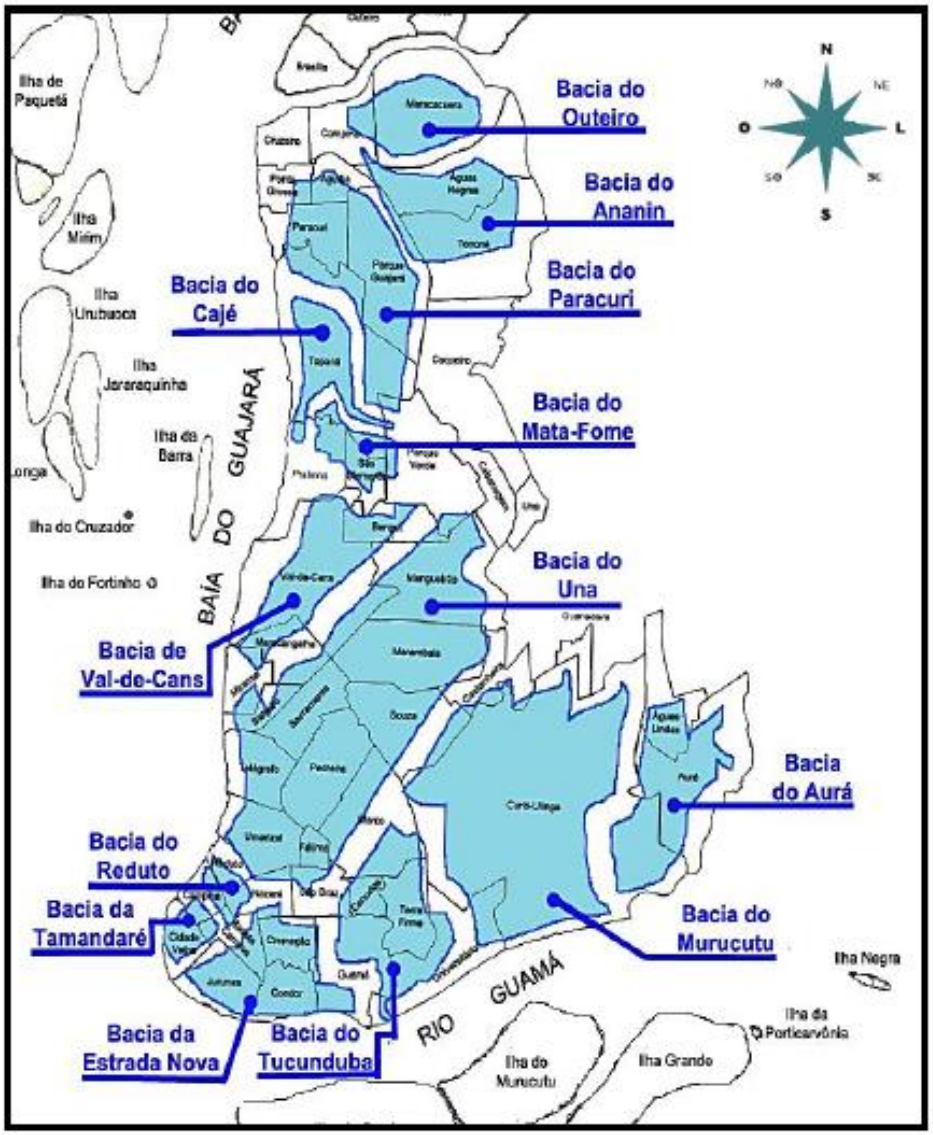
A ocupação efetiva da área onde fica situada a bacia da Estrada Nova ocorreu após a construção do dique, que inicia no campus básico da Universidade Federal do Pará (UFPA) no bairro universitário até o Hospital da Marinha no bairro da Cidade Velha. As obras de aterramento e contenção possibilitaram a construção da avenida Bernardo Sayão, que possui sistema de comporta automáticas para conter a oscilação da maré (LUZ *et al.*, 2015). Além disso, Santos (2002) acredita que a obra do Dique Estrada Nova proporcionou melhorias na qualidade de vida da população de Belém, uma vez que o sistema de drenagem, as comportas e canais de acumulação ajudaram a combater a proliferação de insetos e consequentemente a transmissão de doenças geradas pelas águas paradas nas áreas com topografia mais baixas, aquelas situadas abaixo da cota altimétrica de 4 metros (SUDAM, 1976).

A bacia da Estrada Nova é uma área precária de grande adensamento populacional, caracterizada por aglomerados subnormais com 60% de sua ocupação composta por palafitas, pontes e estivas (LUZ *et al.*, 2015). A fim de melhorar as condições da bacia, a PMB criou em 2005 o Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova (PROMABEN) com o objetivo de minimizar a problemática socioambiental que afeta a população da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN). É um programa de obras e ações com recursos públicos da PMB e

financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID (PMB, 2015). Hoje, o PROMABEN continua atuando na BHEN, especificamente nas sub-bacias I e II (PMB, 2019).

Belém possui treze bacias hidrográficas (Figura 1), a da Estrada Nova está entre as cinco mais críticas em termos de alagamento, uma vez que as inundações frequentes alagam mais de 35% da área. Além disso, é a mais povoada com cerca de 228.000 habitantes, dentre eles, 5 mil famílias estão situadas em áreas de inundação (PMB, 2019; SESAN, 2019).

Figura 1 – Bacias hidrográficas de Belém.



Fonte: Sousa (2015).

Diante da precária situação de saneamento, em que as águas servidas e os resíduos sólidos são despejados diretamente nos canais, observa-se a necessidade de investir em obras de infraestrutura na BHEN, a fim de minimizar os problemas que perduram há anos.

3.2 MARCOS LEGAIS DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O marco da política de saneamento básico no Brasil ocorreu na década de 70 com o PLANASA (Plano Nacional de Saneamento), maior programa de investimento e financiamento do setor (GALVÃO JÚNIOR *et al.*, 2009). Segundo Cardoso *et al.* (2015), tal plano foi criado com a finalidade de expandir a oferta de água e esgotamento sanitário em todo o território nacional. Segundo Nozaki (2007), o PLANASA realmente trouxe crescimento na cobertura de água e coleta de esgoto nas décadas de 70 e 80. Entretanto, as exigências para se obter recursos, como por exemplo ter o Estado como intermediador, fez com que alguns municípios não aderissem ao plano, mesmo sendo do próprio município o poder concedente. Caso não concedesse o serviço de saneamento as Companhias Estaduais de Saneamento Básico, os municípios teriam que manter a prestação de serviços através de recursos próprios, implicando, portanto, em dificuldades para usufruir do plano (ARREETCHE, 2004).

Nos anos 90, o foco dos programas federais voltados ao saneamento era destinado a população de baixa renda. Nessa época houve maior descentralização das decisões e maior participação do poder privado na área de infraestrutura (NOZAKI, 2007; SAIANI & TONETO JÚNIOR, 2010). Outro avanço importante no setor foi a criação da Lei nº 11.445 em 2007, que estabelece as diretrizes para o saneamento básico, sendo este constituído por um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

A Lei institui ainda a universalização do acesso a esses serviços, bem como gestão associada de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público, conforme disposto no art. 241 da Constituição Federal, definindo, portanto, uma Política Federal de Saneamento Básico. A lei avalia as entidades reguladoras como essenciais na avaliação e no monitoramento da prestação dos serviços de saneamento, incluindo aspectos que tangem o estabelecimento de padrões e indicadores de qualidade dos serviços prestados (BRASIL, 2007). Esses indicadores servem de suporte para retratar uma realidade e auxiliar na elaboração das políticas públicas, bem como nas tomadas de decisão.

Além do mais, a Lei prevê ainda a criação de sistemas municipais (locais) de informações de saneamento básico integrados ao sistema nacional, a fim de favorecer a elaboração dos planos municipais, regionais e nacional de Saneamento Básico, que deverão abranger desde o diagnóstico da situação até como proceder para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas para o plano (BRASIL, 2007). É uma maneira de

conhecer a realidade de um dado lugar para traçar os planos de ação e, consequentemente, atender às demandas da sociedade na busca pela melhoria da qualidade de vida.

Em julho de 2020 foi sancionado o novo marco legal do saneamento básico, isto é, Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020) que prevê a expansão dos serviços de saneamento no Brasil, além de facilitar a privatização dos serviços no setor, atraindo, assim, novos investimentos. De acordo com Lei, a ANA amplia as suas funções, uma vez que passa a estabelecer normas de referência para a regulação dos serviços de saneamento básico, preconizando diretrizes que deverão ser seguidas pelas agências reguladoras. Dessa forma, o novo marco legal "estimula a livre concorrência, a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços" e "buscar a universalização e a modicidade tarifária" (BRASIL, 2020).

Além do mais, a nova Lei prevê a "padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário, os quais contemplarão metas de qualidade, eficiência e ampliação da cobertura dos serviços, bem como especificação da matriz de riscos e dos mecanismos de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro das atividades" (BRASIL, 2020).

Entretanto, segundo Vasques (2020), questiona-se as elevadas metas de universalização a serem cumpridas até o ano de 2033 (99% para abastecimento de água e 90% para coleta e tratamento de esgoto), uma vez que os índices de saneamento no Brasil são baixos, cerca de 100 milhões de pessoas, por exemplo, não tem acesso a esgoto tratado, isto é, aproximadamente metade da população brasileira. Na região norte do país, a situação é ainda pior. Em Belém/PA, 71% da população é atendida com água e menos de 13% com esgotamento sanitário. Mudar a realidade do país em apenas 13 anos é bastante desafiador, porém, espera-se que o maior investimento no setor impulsione o desenvolvimento do saneamento básico no país.

3.3 INDICADORES E ÍNDICES

Em alguns casos, os termos indicadores e índices são usados, equivocadamente, como sinônimos (SICHE *et al.*, 2007). Indicador é um valor derivado de um parâmetro, enquanto índice consiste em um grupo de indicadores que promove uma síntese de informações em uma única expressão (BRANCO & MIRANDA, 2003). Nesse sentido, a fim de auxiliar na clareza e entendimento, Hammond *et al.* (1995), Tomasoni (2006) e Neves (2010) representaram em forma de pirâmide como se dá a construção de indicadores e índices (Figura 2).

Figura 2 – Pirâmide para a construção de índice.

Fonte: adaptado de Hammond *et al.* (1995); Tomasoni (2006) e Neves (2010).

Observa-se que a base da pirâmide é representada pelos dados, que, na maioria das vezes, são oriundos de órgãos ou entidades responsáveis pelo monitoramento das informações ou coletados pelo próprio pesquisador em campo. Sob o ponto de vista da administração pública, o monitoramento desses dados é importante e necessário para acompanhar o progresso das ações, melhorar a transparência na prestação de contas e demonstrar os impactos das ações, além de orientar a formulação de políticas públicas (SCHWEMLEIN, CRONK & BARTRAM, 2016; GUZM'N *et al.*, 2017).

Segundo Rego (2009) e Neves (2010), antes de utilizar os dados para compor os indicadores é recomendado uma análise estatística para que tenham suas imprecisões e incoerências minimizadas, uma vez que os indicadores servem de instrumentos para identificar e medir aspectos relacionados a um determinado conceito, fenômeno, problema ou resultado de

uma intervenção na realidade. Assim, tem como finalidade traduzir, de forma mensurável, determinado aspecto de uma realidade ou acerca dos fenômenos que estão sendo monitorados (BRASIL, 2010; KITCHIN *et al.*, 2015).

Bollmann (2001) utiliza o termo de indicadores finais aqueles formados por agregação de dados primários; de dados analisados ou de indicadores primários, cujo objetivo principal é possibilitar a comparação entre informações em um dado intervalo de tempo (HOLDEN, 2006), sendo os mais confiáveis, segundo Hammond *et al.* (1995) aqueles que resumem ou simplifiquem as informações relevantes e buscam agregar e quantificar informações de modo que sua significância se torne visível. Além disso, os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a um dado objetivo ou ainda serem entendidos como um recurso que deixa mais perceptível um fenômeno que não seja imediatamente detectável.

Para Deakin *et al.* (2007) é importante que os indicadores proporcionem comparação entre lugares e situações, onde bons indicadores devem, entre outros aspectos, possuir ampla base de dados com fácil acesso, devem ser claros nos valores e em seu conteúdo, devem ser relevantes politicamente e suficientes para uma ação política. Dessa forma, a escolha dos indicadores não é tão simples devido a complexidade dos assuntos que abordam, normalmente é necessária uma lista ampla e abrangente de indicadores, uma vez que tentam integrar diferentes dimensões (MILANEZ, 2002).

Como os indicadores configuram uma ferramenta de gestão em empresas privadas e públicas, objetivando atingir maior eficiência e eficácia de metas para a melhoria de um dado serviço, o seu uso se tornou bastante amplo. Além disso, há a exigência de órgãos internacionais financiadores de projetos que necessitam medir o desempenho dos investimentos, além da necessidade de se legitimarem e se democratizar a informação, viabilizando a participação popular e, consequentemente, o controle social (BRANCO & MIRANDA, 2003).

O Decreto nº 7.217 (BRASIL, 2010), que regulamenta a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) sistematiza indicadores como uma ferramenta de grande importância para o diagnóstico do saneamento dos municípios, para o controle do padrão de qualidade dos gestores do saneamento básico e para as revisões periódicas dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), sendo ainda uma das diretrizes da Política Federal de Saneamento Básico.

Nesse contexto, os indicadores permitem identificar variações, comportamentos, processos e tendências, além de permitir estabelecer comparações entre países e regiões a fim de reportar fenômenos de curto, médio e longo prazo em diferentes dimensões e de diversas complexidades. É importante ainda para indicar necessidades e prioridades para a formulação,

monitoramento e avaliação de políticas públicas. Devido a sua capacidade de síntese facilitam o entendimento ao público envolvido com o tema (SANTOS, 2004; IBGE, 2015).

Quanto a elaboração do índice, os indicadores são agregados, geralmente de forma ponderada, e como resultado tem-se valores adimensionais que conseguem expressar uma situação complexa de maneira compacta e objetiva (OGATA, 2014; OCED, 2008; SUTADIAN *et al.*, 2017). Assim, Juwana *et. al* (2012) sugerem que primeiramente sejam escolhidas as variáveis, seguido pela normalização das mesmas, ponderação, agregação e análise dos resultados para validação do índice, sendo que princípio para sua construção ocorre por meio da investigação de um fenômeno e o máximo de suas particularidades, já que devem retratar as características da área estudada e os problemas a ela relacionados (LOPES *et al.*, 2016).

Segundo Derísio (2000) os índices desenvolvidos, aplicados e aprimorados passam a servir como ferramentas convenientes para avaliar tendências, realçar condições ambientais específicas e auxiliar os tomadores de decisão na avaliação da efetividade de programas do governo, fornecendo informações importantes para o planejamento estratégico de maneira simplificada. Marangon (2004) defende que um bom índice alerta sobre os problemas antes que eles se agravem indicando o que precisa ser feito para resolvê-los.

3.4 INDICADOR DE DESEMPENHO

O indicador de desempenho é uma medida quantitativa da eficiência de uma entidade gestora, no que diz respeito aos aspectos de uma atividade desenvolvida (VON SPERLING, 2010). Esses indicadores, em geral, são calculados pela razão entre duas variáveis da mesma natureza ou de natureza distinta, sendo assim, adimensionais, expressos em razão ou percentagem (STAHRE e ADAMSSON, 2004; ALEGRE *et al.*, 2006). Sendo assim, precisam reunir uma série de condições básicas que expressam de maneira clara e objetiva o indicador avaliado. Segundo Meadows (1998), Malheiros *et al.* (2006) e Molinari (2006) precisa-se atentar a algumas características a fim de se obter um bom indicador, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Características de um bom indicador de desempenho

Característica	Explicação
1. Claro, compreensível e de interesse	Evitar incertezas em relação ao que é bom ou ruim, fácil de entender, com unidades que tenham sentido, e sugestivos para possível utilização
2. Relevante e representativo	Politicamente relevante para todos os participantes do sistema
3. Viável	Custo adequado de aquisição e processamento de dados e comunicação
4. Suficiente	Fornecer a medida certa da informação
5. Fidedigno	Deve representar os aspectos de maneira fidedigna a fim de evitar distorções
6. Temporal	Oportuno temporalmente, integrado com planejamento
7. Apropriado na escala	Apropriado aos diferentes usuários potenciais
8. Democrático	Não devem ser determinados apenas por um pequeno grupo de especialistas e sim por lideranças políticas e por pessoas da comunidade
9. Medida física	Balancear unidades físicas e monetárias
10. Preventivo e proativo	Deve conduzir para a mudança, fornecendo informação em tempo para a tomada de decisão
11. Não deve ser estanque	Deve estar inserido em um processo de melhoria contínua, passível de discussão, aprendizado e mudança

Fonte: Meadows (1998), Malheiros *et al.* (2006) e Molinari (2006)

Batista & Silva (2006) desenvolveram o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) de João Pessoa, a fim de avaliar o serviço e desempenho dos sistemas de saneamento ambiental urbano nos bairros costeiros da cidade de João Pessoa, incorporando, para isso, um subindicador de drenagem urbana ao Indicador de Salubridade Ambiental, desenvolvido pela Câmara de Planejamento do Conselho Estadual de Saneamento (CONESAN) do estado de São Paulo.

Colina (2018) também utilizou o ISA de forma adaptada. A autora aplicou o indicador a cidade de Belém/PA, adotando banco de dados secundários em um período de 5 anos. O ISA/Belém demonstrou ser um método viável e de fácil aplicação para auxiliar no planejamento urbano.

3.4.1 ENTIDADES E ORGANIZAÇÕES NO ÂMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL QUE UTILIZAM INDICADORES DE DESEMPENHO NO SANEAMENTO BÁSICO

No âmbito internacional, a utilização de indicadores de desempenho no setor de saneamento para monitorar a prestação, a regulação e o planejamento dos serviços são crescentes (SPERLING & SPERLING, 2013). De acordo com Von Sperling (2010), pode-se destacar como importantes entidades e organizações, os indicadores de desempenho apresentados na *International Water Association* (IWA), no Instituto Regulador de Águas e Resíduos de Portugal (IRAR), no *Associación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas*, no *The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET), *no Water Service Association of Australia* (WSAA) e no *American Water Works Association* (AWWA).

No Brasil, destaca-se o indicador de desempenho do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) e do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS). Assim, vale ressaltar que para essa pesquisa será abordado os indicadores de desempenho de importantes entidades e organizações nas últimas décadas, como é o caso do SNIS e da ABAR no âmbito nacional, e do IWA no âmbito internacional, apresentando suas principais características e usos.

- Sistema Nacional de Informações

Criado em 1996, o SNIS possui uma base de dados que contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos, de Manejo de Resíduos Sólidos e Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Todas as informações do SNIS são fornecidas anualmente pelos prestadores de serviços de água, esgotos, resíduos sólidos urbanos e águas pluviais urbanas. Esse sistema apresenta um banco de dados de esfera federal de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de saneamento.

Os dados de cada ano são publicados nos respectivos diagnósticos dos serviços. Os textos contidos nos diagnósticos apresentam uma análise dos dados do respectivo ano de referência, segundo cada tipo de serviço. Junto a esta publicação são disponibilizadas também as tabelas contendo todas as informações dadas pelos prestadores de serviços naquele ano de referência. Com as informações coletadas, os indicadores são calculados e disponibilizados no site do SNIS junto com o glossário de informações, a relação de indicadores e as respectivas metodologias empregadas. O acesso à informação é gratuito.

- Associação Brasileira de Agências de Regulação

A Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) é uma entidade de direito privado, criada em 1999, sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos, cujos associados são as agências de regulação existentes no Brasil, em nível federal, estadual e municipal. Em 2006, a ABAR, em parceria com o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), realizou uma oficina internacional de indicadores para regulação dos serviços de água e de esgotos. Estiveram presentes 14 agências estaduais e municipais, além de representantes do ente regulador de água de Buenos Aires, do Sistema de Informação em Água e Saneamento da Bolívia e da Associação de Entes Reguladores de Água Potável e Saneamento das Américas (XIMENES, 2006).

Como resultado da oficina, foi proposto um conjunto de indicadores para regulação do saneamento a ser utilizado por todas as agências reguladoras. Deve-se atentar que se trata de uma recomendação da oficina internacional de indicadores e da ABAR, embora cada agência reguladora esteja livre para determinar os próprios indicadores e metodologias. Segundo Ximenes (2006), outra recomendação foi a padronização da linguagem, dos conceitos e da definição dos indicadores. Dessa forma, a ABAR serve como instrumento de organização e de articulação entre as agências para a construção dos indicadores (XIMENES, 2006). A Tabela 2 apresenta a relação de indicadores de abastecimento de água esgotamento sanitário levantados.

Tabela 2 - Indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário propostos na oficina da ABAR.

Indicador	Título	Aplicação	Unidade	Referência
Operacionais	Perdas de faturamento	Água	%	SNIS - 1013
	Índice de atendimento urbano	Água	%	SNIS - 1033
	Índice de hidrometração	Água	%	SNIS - 1009
	Densidade de vazamentos	Água	Vazam./1000 lig.	-
	Densidade de obstruções	Esgoto	Obstr./Km	Aderasa - ICC02
	Atendimento Urbano	Esgoto	%	SNIS - 1024
Qualidade	Descontinuidade dos serviços	Água	%	Aderasa - ICA01
	Interrupções dos serviços	Água	%	Aderasa - ICA02
	Conformidade geral das análises (coliformes totais, turbidez e cloro residual livre)	Água	%	SNIS - 1075, 1076, 1084, 1079, 1080, 1085
	Cumprimento da quantidade de análises exigidas pela norma (coliformes totais, turbidez e cloro residual livre)	Água	%	
	Cumprimento da quantidade de análises exigidas pela norma	Esgoto	%	Aderasa - ICC03
	Conformidade das análises das águas residuárias	Esgoto	%	Aderasa - ICC04
	Densidade de reclamações de água e esgoto	Água e esgoto	Reclam./1000 lig.	-
	Quantidade de solicitações de serviço de água e esgoto por ligação	Água e esgoto	%	-
	Atendimento em tempo às reclamações	Água e esgoto	%	-

Fonte: ABAR (2006).

- International Water Association

Em 1997 foi formado o primeiro grupo de trabalho com a participação de importantes reguladores de diversos países. No ano de 2000 o IWA desenvolveu o primeiro manual de indicadores de desempenho para sistemas de abastecimento de água, intitulado de *Performance indicators for water suplly services*, que além do manual contempla ainda o software *Sigma Lite*. Esse manual tinha como principais objetivos fornecer um quadro de referências de indicadores de desempenho; permitir futuras comparações entre prestadoras de

serviço no âmbito de iniciativa de benchmarking métrico; e disponibilizar subconjuntos de indicadores para uso de agências reguladora (ALEGRE *et al.*; 2004).

Desde a data de publicação surgiram várias outras colaborações, além de testes pilotos desenvolvidos por diversos envolvidos com o sistema de abastecimento de água, convergindo, então, na publicação da segunda edição, no ano de 2006 (ALEGRE *et al.*, 2000; BOAVENTURA, 2013). Em 2003, após a primeira publicação, foi elaborado o manual de indicadores de desempenho para sistemas de esgotamento sanitário, seguindo a mesma linha metodológica do manual de abastecimento de água. A Tabela 3 apresenta os indicadores propostos pela IWA e na Tabela 4 os de esgotamento sanitário.

Tabela 3 – Indicadores de abastecimento de água propostos pela IWA.

Indicadores – Sistema de Abastecimento de Água			
Indicadores	**Código**	**Serviço**	**UNIDADE**
Indicadores de Qualidade do Serviço	QS18	Qualidade da água fornecida	%
	QS19	Qualidade da água microbiológica	%
	QS20	Qualidade da água físico-química	%
	QS21	População servida	%
	QS22	População servida por ramais	%
	QS23	População servida por outros pontos de consumo público	%

Fonte: adaptado de Boaventura (2013).

Tabela 4- Indicadores operacionais e de qualidade de serviço propostos pela IWA para sistema de esgotamento sanitário.

Indicadores - Sistema de Esgotamento Sanitário			
Indicadores	**Código**	**Serviço**	**UNIDADE**
Indicadores Operacionais	wOp1	Índice de inspeção nas tubulações	%/ano
	wOp18	Consumo de energia nas ETEs	kWh/p.e/ano
	wOp19	Aproveitamento energético nas ETEs	%
	wOp20	Consumo de energia padrão	kWh/m³/m
	wOp21	Reabilitação de redes coletoras	%/ano
	wOp22	Renovação de redes coletoras	%/ano
	wOp23	Trocas de redes coletoras	%/ano
	wOp24	Reparo de redes e conexões	nº/100 km/ano
	wOp34	Entupimentos de rede	nº/100 km/ano
	wOp35	Entupimentos de rede pontuais	nº/100 km/ano
	wOp36	Entupimentos de estações elevatórias	nº/EE/ano
	wOp44	Testes de qualidade de esgotos realizados	/ano
	wOp45	Teste de DBO	/ano
	wOp46	Teste de DQO	/ano
	wOp47	Teste de SST	/ano
	wOp48	Teste de P total	/ano
	wOp49	Teste de Nitrogênio	/ano

Indicadores - Sistema de Esgotamento Sanitário			
Indicadores	**Código**	**Serviço**	**UNIDADE**
Indicadores de Qualidade do Serviço	wOp50	Teste de *E.Coli*	/ano
	wQS1	População residente conectada a rede coletora	%
	wQS2	População residente servida por ETE	%
	wQS3	População residente servida por sistema individual	%
	wQS4	População residente não atendida	%
	wQS5	Esgoto tratado na ETE	%
	wQS15	Interrupção na coleta de esgotos	%
	wQS16	Eficiência de instalação de novas conexões	dias/conexões
	wQS17	Tempo de reparo de conexões	dias/conexões
	wQS18	Tempo de resposta médio de limpeza de fossas	dias/pedido

Fonte: adaptado de MATOS *et al.* (2003).

De acordo com Matos *et al.* (2003), os indicadores operacionais destinam-se a avaliar o desempenho da prestadora de serviço no que diz respeito ao funcionamento e à manutenção do sistema. São considerados os coletores, acessórios, estações elevatórias, inspeção de equipamentos elétricos, consumo de energia, manutenção, entre outros. Quanto aos indicadores da qualidade do serviço, segundo o mesmo autor, é medido o nível do serviço fornecido aos usuários do sistema. Estão incluídos nessa dimensão a cobertura do serviço, a relação dos prestadores de serviço com os usuários, as respostas às reclamações, danos a terceiros e impactos ao trânsito local.

Molinari (2006) afirma que os manuais da IWA se converteram em uma referência mundial para a definição de indicadores, por isso que no momento de definir novos indicadores, é recomendável utilizar esses manuais a fim de adotar definições padronizadas e já utilizadas por muitos empresas em todo o mundo de forma a facilitar e tornar mais compatíveis e comparáveis os estudos em todo o mundo.

Nesse contexto, em Portugal, Freitas *et al.* (2018), realizaram uma análise dos indicadores de avaliação do desempenho utilizados na gestão da área de Segurança e Saúde do Trabalho (SST) das empresas dos setores de abastecimento de água e saneamento de águas residuais. Da análise realizada os indicadores utilizados foram: viabilidade técnica, custo, liberdade de ação para intervenção e risco de comportamento disfuncionais, a fim de traçar estratégias para melhor gerenciamento das empresas.

Ainda nesse sentido, Costa (2019) analisou os serviços de saneamento básico na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró com aplicação do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para realização da análise utilizou indicadores de desempenho tanto para água quanto para esgoto. Os indicadores utilizados de água foram o índice de atendimento total de água, de

perdas na distribuição, de hidrometração e o de macromedição. Já os indicadores de esgoto foram o índice de coleta de esgoto e o de tratamento de esgoto.

3.4.2 INDICADOR AMBIENTAL

Os indicadores ambientais tiveram maior visibilidade na década de 80. Com o relatório de *Brundtland* (Relatório Nosso Futuro Comum), a temática ganhou reconhecimento internacional e viabilizou a necessidade de criação de indicadores ambientais (MEBRATU, 1998). A Agenda 21 foi um importante documento fruto da conferência da ONU sobre o meio ambiente e desenvolvimento formulado na década de 90 que chamou a atenção para a importância dos indicadores como instrumentos do processo da sustentabilidade ambiental. Segundo a Agenda, é "preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam a uma sustentabilidade auto regulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento" (BORJA, 1997).

Assim, muitos modelos foram propostos. Dentre eles destacam-se o modelo Pressão – Estado – Resposta (PER), desenvolvido e adotado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE); modelo Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR), empregado pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas e Meio Ambiente (PNUMA); modelo Força Motriz – Estado – Resposta (FER), utilizado pela Comissão de Desenvolvimento das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (SOUZA & SILVA, 2014).

Nesse sentido, Dutra *et.al.* (2018) utilizaram em sua pesquisa o modelo PEIR, aplicado no canal da Tamandaré em Belém/PA para avaliar os indicadores de saneamento e coleta de resíduos sólidos. O modelo PEIR obteve 14 indicadores que permitiram uma visualização ampla dos problemas ambientais relativos ao canal. Os resultados demonstraram pressão elevada advinda do crescimento populacional sobre a área de estudo, principalmente com acúmulo de resíduos e esgotamento sanitário ineficiente. Apresentaram uma relação positiva entre nível de escolaridade e o conhecimento dos entrevistados a respeito da responsabilidade compartilhada sobre o meio ambiente. Os dados obtidos sobre indicadores ambientais visaram auxiliar os gestores municipais na tomada de decisão para mudanças nas políticas públicas e nas práticas de gestão para desenvolvimento de programas em prol da sustentabilidade.

Além disso, na linha de sustentabilidade ambiental há um importante indicador denominado de *ISO37120 Sustainable Development Of Communities - Indicators For City Services And Quality Of Life* cujo objetivo é definir requisitos, orientações, técnicas e ferramentas para a busca do desenvolvimento sustentável em comunidades. A *ISO37120* teve influência dos trabalhos do programa "*Global City Indicators Facility"* – GCIF (criado pelo Instituto "Global Cities" da Universidade de Toronto), que desde 2008 conduziu um projeto global de seleção e teste de indicadores relacionados aos serviços e qualidade de vida urbanos, contando inicialmente com a participação de 9 cidades, incluindo São Paulo, Porto Alegre e Belo Horizonte (MCCARNEY, 2015).

No caso da sustentabilidade, auxiliam na tomada de decisão de políticos, bem como do público, sobre o estado atual do ambiente, suas fraquezas e pontos fortes, a fim de destacar as áreas prioritárias, visto que os dados produzidos simplificam o processo de decisão e podem auxiliar para medir o desempenho de políticas direcionadas para a sustentabilidade (PUPPHACHAI E ZUIDEMA, 2017; FRAINER *et al.* 2017; KOURTIT & NIJKAMP, 2018).

Segundo Gan *et al.* (2017), para construir Indicadores de Sustentabilidade eficazes, é necessário que não selecione apenas métodos apropriados de ponderação e agregação, mas também aborde vários outros desafios, incluindo a disponibilidade de dados e o contexto sócio-ecológico particular em que os indicadores serão implementados. De acordo com os estudos de Ramos *et al*. (2018) os indicadores ambientais dão suporte para a tomada de decisão e de elaboração de políticas públicas mais sustentáveis. Para isso, é necessário que os indicadores sejam claros e compreensíveis pela sociedade (VERMA & RAGHUBANSHI, 2018).

Miranda e Teixeira (2004) fundamentaram-se em alguns aspectos para a proposição de indicadores voltados ao monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário sendo eles: acessibilidade dos dados, clareza na comunicação, relevância, amplitude geográfica, padronização, preditividade, proatividade, sensibilidade temporal, definição de metas, confiabilidade da fonte e capacidade de síntese, levados em consideração no estudo de Pereira *et al.* (2015), que objetivaram elaborar um Indicador de Qualidade do Saneamento Básico Urbano (IQSBU) e aplicá-lo às cidades paranaenses com mais de 100.000 habitantes, nos anos de 2000 a 2008.

No referido estudo proposto por Pereira *et al.* (2015) foram utilizados quatro "subindicadores" nomeados como: indicador de qualidade de abastecimento de água, indicador de qualidade de esgotamento sanitário, indicador de qualidade de coleta e disposição de resíduos sólidos e indicador de qualidade de drenagem de águas pluviais. O método utilizado para formulação do IQSBU consiste em uma média aritmética simples destes subindicadores.

Os resultados deste estudo apontaram para uma falta de informações sobre o saneamento básico urbano, principalmente no tocante à drenagem e resíduos sólidos. Já em relação ao desempenho das cidades, foi constatado que, em geral, as cidades paranaenses analisadas apresentaram qualidade no saneamento básico ao menos em um ano analisado, embora nenhuma delas tenha atingido ótima qualidade nos serviços referentes ao saneamento básico.

Além do mais, um importante indicador desenvolvido pela Câmara Técnica de Planejamento do Conselho Estadual de Saneamento (Conesan) do Estado de São Paulo, na década de 90, foi o Indicador de Salubridade Ambiental (ISA), cujo objetivo foi representar o nível de salubridade ambiental dos municípios paulistas por meio de um valor numérico. O ISA foi criado para cumprir as exigências da Política Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo (Lei Estadual nº. 7.750/1992), a qual estabelecia como um de seus instrumentos a elaboração do Plano Estadual de Saneamento que teria eficácia avaliada por meio de relatórios de salubridade ambiental das regiões do Estado.

3.4.3 INDICADOR SOCIAL

Os indicadores sociais têm um papel fundamental no desenho, na implementação e na avaliação de políticas públicas e podem ser definidos como componentes do sistema social que descrevem o funcionamento do próprio sistema. Os indicadores atuam como estimativas das condições sociais que podem variar no tempo e no espaço, podendo ser taxas, razões, índices, escalas etc. Um indicador útil em determinado lugar e época pode não ser proveitoso para outra região. (LAND, 1971; WILCOX & BROOKS, 1971; JANNUZZI, 2005; SOLIGO, 2012).

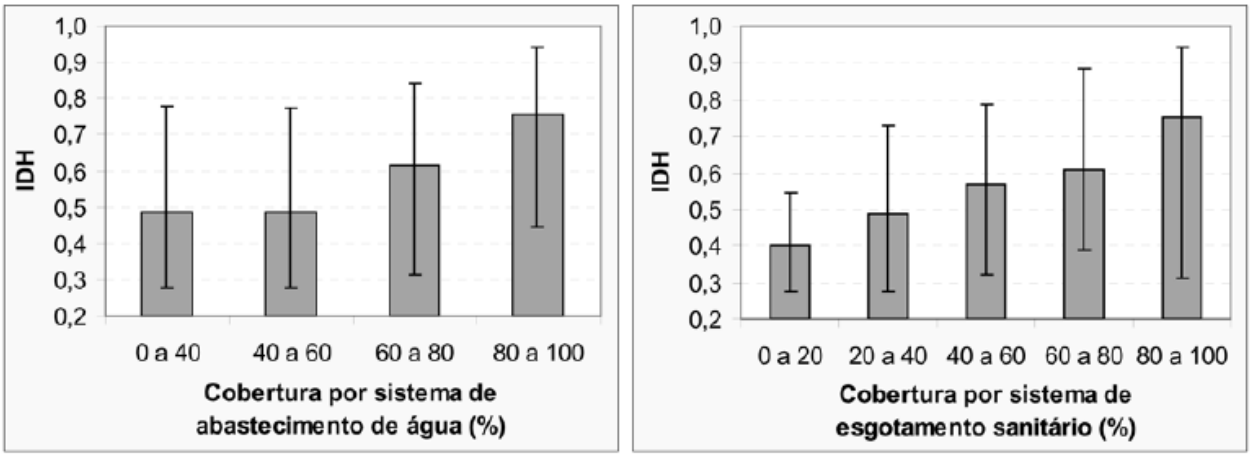
Alguns critérios são apresentados por Jannuzzi (2002) para se empregar um indicador na pesquisa acadêmica ou nas formulações de políticas públicas, sendo eles:

1) Ter um grau de cobertura populacional adequado aos propósitos a que se presta;
2) Ser sensível a políticas públicas implementadas;
3) Ser específico a efeitos de programas setoriais;
4) Ser inteligível para os agentes e públicos-alvo das políticas;
5) Ser atualizável periodicamente, a custos razoáveis;
6) Ser amplamente desagregável em termos geográficos, sociodemográficos e socioeconômicos;
7) Gozar de certa historicidade para possibilitar comparações no tempo.

Além do mais, os procedimentos para a construção dos indicadores sociais devem ser claros, a fim de que se obtenha legitimidade política e social. Para isto, Jannuzzi (2005) recomenda que as decisões metodológicas sejam justificadas e que as escolhas subjetivas sejam explicitadas de forma transparente e objetiva.

Quanto a relação da questão social com o saneamento, observa-se através do estudo conduzido por Libânio et. al. (2019) que as ações de saneamento ambiental e a adequação de sua prática à realidade social e econômica tem correlação direta ao desenvolvimento humano, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – índice de Desenvolvimento Humano em 127 países agrupados segundo os níveis de atendimento por sistemas de água e esgotos expressos em valores médios, mínimos e máximos.



Fonte: Libânio *et al* (2019)

A correlação entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e a abrangência dos serviços de saneamento básico nesse conjunto de países pode ser explicada, segundo os autores, pelo o fato do cálculo do índice levar e consideração, além de estatísticas de renda e de educação da população, a expectativa de vida ao nascer. Dessa forma, percebe-se a importância de se levar em consideração o seguimento social para a construção de índices de saneamento, uma vez que ambos estão relacionados.

3.5 ÍNDICES APLICADOS NO SANEAMENTO BÁSICO

Na área do saneamento, alguns autores propuseram a criação de índices com diferentes finalidades. Tripathi & Singal (2019) criaram um índice cujo objetivo era avaliar a qualidade da água de um rio na Índia, onde os dados inicialmente disponíveis foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP) e levou à redução do número de parâmetros, a fim de tornar o processo mais viável e econômico, pois reduziria drasticamente o tempo, o esforço e o custo necessários para monitorar as amostras para um grande número de parâmetros, enquanto Khalid (2018) e Lakishimi (2017) utilizaram o índice de qualidade da água para verificar a potabilidade da água subterrânea em províncias do Paquistão e do sudeste da Índia, respectivamente.

Já Nunes *et al*. (2018), propuseram mensurar um Índice de Desempenho da provisão dos serviços de Saneamento Básico (IDSB) no estado do Ceará comparando os municípios cearenses antes e após a vigência da Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB).A pesquisa mostrou que, apesar da predominância do IDSB, uma parcela majoritária dos municípios cearenses registraram uma melhoria no desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico após a implementação da LNSB, uma vez que cerca de 39% dos municípios analisados passaram do nível baixo para intermediário.

Enquanto Lopes *et al.* (2016) determinaram um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário na cidade de Campina Grande, Paraíba. Para o desenvolvimento do índice foram obtidos indicadores relacionados à qualidade e à operação e manutenção dos serviços de esgotamento, selecionados a partir de metodologias já existentes. Os indicadores escolhidos foram calculados, normalizados e ponderados para a determinação do índice. A partir de uma escala nominal, foi avaliada a situação do serviço de esgotamento da cidade.

Com relação a questão regulatória do saneamento, Carvalho & Sampaio (2015) analisaram o desempenho das autoridades reguladoras na promoção da eficiência. Para isso, utilizaram o *Malmquist Index* para medir a produtividade nos anos de 2006 a 2011, constatando que a análise dos resultados mostra que o desempenho regulatório não garantiu que os fornecedores obtenham um melhor desempenho.

Ainda sobre o uso do Índice *Malmquist*, Diniz (2016) utilizou os indicadores presentes no SNIS, que expressam o uso dos recursos, a abrangência dos serviços e a situação financeira dos prestadores de serviço de saneamento básico, para fazer uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012. Para isso, empregou os métodos de Análise Envoltória de Dado (DEA) e do Índice de

Malmquist. Os resultados indicaram que houve melhoria na produtividade em todos os períodos analisados, embora o avanço tenha sido menor no período posterior à LNSB com relação ao período anterior analisado.

Já Silva *et al.* (2015) elaboraram um índice de desempenho no setor público, mais especificamente, o Índice de Desempenho Social dos Estados e do Distrito Federal com base nas funções sociais, saúde, educação, cultura, direitos de cidadania, urbanismo, habitação, saneamento e lazer. Para isso, utilizaram o método empírico-analítico (arquivo/empirista – banco de dados) que corresponde à utilização de técnica de coleta, tratamento e análise de dados através da ACP. Na Tabela 5 pode-se observar uma tabela resumo que aborda alguns exemplos de índices estudados mundialmente.

Tabela 5- Exemplos de alguns índices desenvolvidos a nível mundial.

Local	Índice	Finalidade do índice	Método de escolha dos indicadores	Método de escolha dos pesos	Faixas utilizadas	Referência
Java-Indonesia	*Watershed suistanability index*	Determinar o nível de cooperação entre trabalhadores de gestão de bacias hidrográficas com base no Modelo de Bacias Hidrográficas da Vila (VWM), especificamente águas superficiais.	Arbitrário	Likert	≥25 e <40: muito ruim ≥40 e <55: ruim ≥55 e <70: moderado ≥70 e <85: bom ≥85 e <100: muito bom	Sriryana et al., 2020.
Minas Gerais-Brasil	Índice de Salubridade Ambiental para comunidades rurais	Analisar as condições de salubridade ambiental em comunidades rurais por meio do ISA. Foi desenvolvido um novo modelo matemático de ISA voltado para comunidades rurais, utilizando a metodologia Delphi, alterando o peso de alguns parâmetros e incorporando indicadores e subindicadores diferentes daqueles estudados na zona urbana.	*Delphi*	*Delphi*	0-100	Costa, 2010.
Ceará - Brasil	Índice de desenvolvimento sustentável	Construir o indice de desenvolvimento sustentavel (IDS) e modelagem econométrica espacial para representacao das desigualdades no mapa dos municipios cearenses.	Revisão de literatura	Análise Fatorial	0-1	Silva et al., 2017.
Paraíba - Brasil	Índice de Desempenho do Serviço de Esgotamento Sanitário	Foi desenvolvido um estudo detalhado para os indicadores de qualidade do serviço, com o objetivo de identificar as áreas mais problemáticas do sistema de esgotamento sanitário. A partir de uma escala nominal, foi avaliada a situação do serviço de esgotamento da cidade	Revisão de literatura	Von Sperling (2010)	0 - 100	Lopes et al., 2016.

Fonte: autora (2020).

Além dos exemplos de índices que foram abordados, uma outra maneira utilizada para avaliar o setor de saneamento é através de Rankings. O Instituto Trata Brasil avalia a situação do saneamento básico nos cem maiores municípios brasileiros, considerando várias informações fornecidas pelas operadoras de saneamento presentes em cada um destes municípios. Os dados são retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), concebido pelo Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) e após a extinção em 2010 passou a ser desenvolvido e administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (BRASIL, 2019).

As variáveis utilizadas para compor o Ranking são: população, fornecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, investimentos e perdas de água. A metodologia é dividida em duas etapas. A primeira consiste na coleta e tabulação dos dados do SNIS e a segunda na preparação do Ranking com base na metodologia proposta e nos dados obtidos na primeira etapa. Os indicadores são separados em três grupos distintos, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Grupos e indicadores utilizados na metodologia do Trata Brasil.

Grupo	Indicador	Descrição
Nível de cobertura	Água total	População urbana e rural atendida por abastecimento de água
	Água urbana	População urbana atendida por água
	Coleta total	População urbana e rural atendida por coleta de esgoto
	Coleta urbana	População urbana atendida por coleta de esgoto
	Tratamento	Volume de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido controlado pelos índices de coleta
Melhora da cobertura	Investimento/Arrecadação	Porcentagem de arrecadação do município investida no sistema
	Novas ligações de água/ Ligações faltantes	Porcentagem realizada do número de ligação faltantes para a universalização do serviço de água
	Novas ligações de esgoto/ Ligações faltantes	Porcentagem de realizada do número de ligação faltantes para a universalização do serviço de esgoto
Nível de eficiência	Perdas na distribuição	Água consumida medida em porcentagem da água produzida
	Perdas no faturamento	Água faturada medida em porcentagem da água produzida
	Evolução perdas de faturamento	Evolução das perdas de faturamento dos municípios
	Evolução perdas de distribuição	Evolução das perdas nas distribuições dos municípios

Fonte: adaptado do relatório do Trata Brasil (2019).

Além disso, foram definidos pesos para cada grupo e indicador, totalizando 100% (Tabela 7), isto é, cada indicador corresponde a uma dada porcentagem do Ranking.

Tabela 7 – Indicadores e ponderações do ranking.

Grupo	Indicador	Ponderação	
Nível de cobertura	**Água**	**10%**	**60%**
	Indicador total	5%	
	Indicador urbano	5%	
	Esgoto	**25%**	
	Indicador total	12,5%	
	Indicador urbano	12,5%	
	Tratamento	**25%**	
Melhora da cobertura	**Investimentos/ Arrecadações**	**10%**	**25%**
	Novas ligações de água/ Ligações faltantes*	**5%**	
	Novas ligações de esgoto/ Ligações faltantes*	**10%**	
Nível de eficiência	**Perdas**	**10%**	**15%**
	Perdas na distribuição	5%	
	Perdas de faturamento	5%	
	Evolução das perdas	**5%**	
	Evolução perdas na distribuição	2,5%	
	Evolução perdas de faturamento	2,5%	
TOTAL		**100%**	**100%**

*Ligações faltantes para a universalização do serviço.
Fonte: adaptado do relatório do Trata Brasil (2019).

Segundo a metodologia do Instituto Trata Brasil (2019), são determinadas duas notas para cada um dos indicadores, a Nota Parcial (NP), que pode variar de zero a dez e a Nota Final (NF), que consiste na ponderação das NPs definida na Tabela 6. O Ranking é composto pela soma das NFs de cada um dos indicadores. Por exemplo, para o índice de atendimento urbano de água o cálculo é realizado de acordo com a equação (1).

$$NP = \frac{\frac{\text{População urbana atendida}}{\text{População urbana}}}{100} \text{ x } 10 \qquad (1)$$

Convencionou-se que para cobertura de água urbana, receberiam nota máxima aqueles municípios que apresentassem 100% de atendimento. Os municípios cuja cobertura é inferior ao valor máximo receberão nota diretamente proporcional. Como esse indicador corresponde a 5% do Ranking, a nota do município pode variar entre 0 e 0,5. Assim, a Nota Final (NF) ponderada é calculada da seguinte maneira:

$$NF = \frac{\frac{\text{População urbana atendida}}{\text{População urbana}}}{100} \text{ x } 10 \text{ x } 5 \qquad (2)$$

Entretanto, se ocorrer uma variação muito grande nos dados dos municípios e o desvio padrão for maior do que a média é admitido nota 10 ao município, caso contrário a NP

seguirá a equação 3. Além disso, foram definidas algumas convenções. Para a cobertura total de água, por exemplo, é dada a nota máxima aos municípios com 100% de atendimento.

$$NP = \frac{Nota}{\bar{X}} . 5 \qquad (3)$$

Seguindo uma linha de raciocínio similar ao do Trata Brasil, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), desenvolveu o Ranking ABES da Universalização do Saneamento, o qual apresenta o percentual da população dos municípios brasileiros com acesso aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos. Assim, permite identificar o quão próximo as cidades brasileiras estão da universalização do saneamento (ABES, 2019). Para isso, foram utilizados os indicadores do SNIS, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Indicadores utilizados para compor o Ranking da ABES.

Indicador	Descrição	Fórmula do indicador
Abastecimento de água	Índice de atendimento da população total com rede de água	(população total atendida com abastecimento de água/ população total residente dos municípios com abastecimento de água, segundo o IBGE) x 100
Coleta de esgoto	Índice de atendimento da população total com rede de esgoto	(população total atendida com esgotamento sanitário/ população total residente dos municípios com abastecimento de água, segundo o IBGE) x 100
Tratamento de esgoto	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	{[(volume de esgoto tratado + volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador/ (volume de água consumido - volume de água tratada exportada)] x 100/80}x100
Coleta de resíduos sólidos	Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares em relação à população total do município	(população total atendida no município/ população total do município, segundo o IBGE) x 100
Destinação adequada de resíduos sólidos	Percentual de resíduos sólidos gerados pelo município destinados adequadamente	(total de resíduos sólidos destinados para unidades de processamento consideradas adequadas/ total de resíduos sólidos produzidos pelo município de origem) x 100

Fonte: adaptado de ABES (2019).

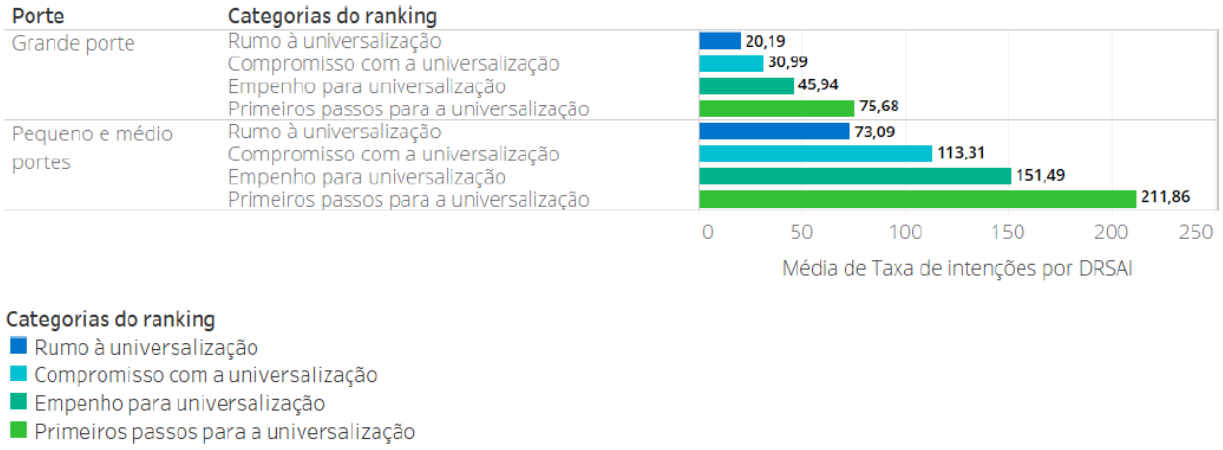
O Ranking é composto por 1868 municípios brasileiros e um dos pré-requisitos para serem inseridos no estudo é ter dados para calcular os indicadores selecionados. Vale frisar que os demais municípios do país não entraram no estudo devido não apresentarem todos os indicadores e, dentre esses municípios, mais da metade não apresentam dados de coleta e/ou

tratamento de esgoto. Dessa forma, a região Sudeste liderou a representatividade de municípios brasileiros no ranking com 66,37%, considerando todas as cidades, enquanto a região Norte do país alcançou apenas 8,67%, seguido do Nordeste com 16,61% (ABES, 2019).

Assim, todos os municípios foram divididos em quatro categorias (rumo a universalização, compromisso com a universalização, empenho para universalização, primeiros passos para a universalização). Essa classificação ocorreu de acordo com a pontuação total obtida pela soma do desempenho de cada indicador. A pontuação máxima foi de 500 pontos, atingida quando o município alcançasse 100% em todos os cinco indicadores. Os resultados são apresentados em dois grandes blocos que agrupam os municípios segundo o porte populacional disponibilizado pelo IBGE. O ranking mostrou que 70% dos municípios estudados pertence a categoria "empenho para a universalização" e 87% deles são de pequeno e médio porte. A capital Belém se enquadra nessa estatística.

Além do mais, o ranking foi aplicado a saúde e a correlação "saúde x saneamento" mostrou que quanto maior o acesso ao saneamento menor a incidência de internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Em municípios de menor porte, essa relação fica ainda maior. No gráfico da Figura 4 pode-se observar a diferença em relação as médias obtidas entre municípios de grande e de pequeno/médio portes em todas as categorias do ranking.

Figura 4 – Média de taxa de internação por DRSAI.



Fonte: ABES (2019).

As cidades de pequeno e médio portes enquadrados na categoria "primeiros passos para a universalização" apresentam as maiores taxas de internações por DRSAI, devido a

qualidade do saneamento ser mais precário. Dessa forma, observa-se uma forte correlação do saneamento com a saúde da população.

3.6 MÉTODOS DE NORMALIZAÇÃO, PONDERAÇÃO E AGREGAÇÃO DE ÍNDICES

A normalização é aplicada a um conjunto de dados que apresenta unidades de medidas diferentes, a fim de torná-los adimensionais, evitando a dominação de valores extremos (mais afastados da média) ou atípicos. Permite, então, que seja feita comparações entre eles (FREUDENBERG, 2003; REISI et al., 2014). Entretanto, é necessário que se identifique o procedimento de normalização apropriado para a série de dados em análise, considerando as unidades de medidas e os possíveis valores extremos. Os principais métodos de normalização utilizados em pesquisas relacionada a temática da sustentabilidade pode ser notada na Tabela 9

Tabela 9 – Método de normalização, conceitos e referências.

Método de normalização	Conceitos	Referência
Ranking	Consiste em ranquear os indicadores em posições ordinais, e sua principal desvantagem é a perda da informação em nível absoluto.	JACOBS et al., 2004.
Padronização do *z-score*	Consiste em converter todos os indicadores para uma escala comum, assumindo uma distribuição normal, quando todos os indicadores terão uma média zero e um desvio padrão 1.	JACOBS et al., 2004.
Re-scaled values	Assegura que os indicadores normalizados tenham um valor relativo em relação aos valores máximos e mínimos, compreendendo entre 0 (pior) e 1 (melhor). Nesse método, a normalização tem como base a gama (máxima e mínima)	ZHENG et al., 2013; MAZZIOTTA & PARETO, 2018
Escalas Categóricas	Para cada indicador é atribuída uma pontuação, numérica ou qualitativa. Dependem dos limites que podem ser selecionados de forma abitrária, sendo, portanto, altamente subjetivo	FREUDENBERG, 2003; JACOBS et al., 2004
Número de indicadores acima e abaixo da média	Esse método pontua os indicadores que estão acima (1) e abaixo (-1), com base em um limite arbitrário definido em torno da média (0)	NARDO et al., 2005
Transformação logarítmica	Consiste na aplicação logarítmica nas unidades de medidas, ou seja, a utilidade marginal da melhoria de um indicador diminui à medida que o desempenho melhora	JACOBS et al.,2004

Fonte: adaptado de Feil & Schreiber (2017).

Observa-se que o processo de normalização se atém a ajustar as escalas, principalmente relacionados aos valores extremos existentes. Nessa perspectiva, é necessário minimizar que os dados normalizados transmitam os reflexos dos valores extremos ao índice.

Ressalta-se que dentre os métodos, o *re-scaled values* tem sido amplamente utilizado por pesquisadores para o desenvolvimento de vários índices de sustentabilidade, como o Índice Canadense de Sustentabilidade da Água (*POLICY RESEARCH INITIATIVE*, 2007), Índice de Pobreza da Água (LAWRENCE et al., 2003), Índice de Desenvolvimento Humano (RODRÍGUEZ, 2011), Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESTY et al., 2005) e West Java Water Sustainability Index (JUWANA et al., 2011) (JUWANA et al., 2012)

Após normalizar, os dados passam pelo o processo de ponderação. Muitos são os métodos utilizados para ponderar as variáveis, cuja finalidade é obter pesos que representem a importância de cada uma delas. Na análise estatística, costuma-se utilizar a variância para traduzir as informações contidas nas variáveis. Assim, a Análise de Componentes Principais cria combinações lineares com a máxima variância para representar as informações fornecidas pelo conjunto de variáveis selecionadas (KUBRUSLY, 2001).

Outro método utilizado com o mesmo objetivo é o de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) que analisa a importância de cada critério pré-estabelecido através de pesos, principalmente quando a pesquisa é baseada em julgamentos subjetivos (BECKER, 2004). O método é, inclusive, utilizado para consolidar um indicador geral. Francischini (2003) usou em sua pesquisa a determinação de pesos através do AHP para viabilizar a redução do número de fatores e agregação das variáveis.

Além das técnicas abordadas, tem-se o método *Delphi*, difundido desde a década de 60, e utilizado para busca de consenso entre os especialistas com critérios de avaliação que sejam adequados para averiguar a qualidade de um dado serviço (ZHAO *et al.*, 2015). Para isso, são selecionados especialistas da área em que se deseja estudar com o objetivo de responder rodadas de questionários em busca de consenso sobre eventos futuros (SANTOS *et. al*, 2005). Esses profissionais selecionados são denominados de painelistas e ao responderem os questionários tornam-se respondentes. A maioria dos estudos usa painéis de 15 a 35 pessoas, cuja taxa de aceitação por parte dos especialistas é em torno de 35 a 75% (ALMEIDA, 2007).

Após a seleção dos panelistas, todas as pessoas devem ser contatadas individualmente, informando-as sobre a descrição do projeto, seus objetivos, o número de rodadas ou o tempo disponível necessário à participação. Deve-se ressaltar ainda o compromisso com o anonimato, e se for apropriado uma confirmação de aceite da parte panelista (GORDON, 1994).

Neste sentido, o método é usado para estabelecer consenso formal entre o painel de especialistas na seleção de indicadores subjetivos robustos baseados em evidências por meio de consenso de especialistas para garantir que eles se apliquem a políticas e práticas na tomada de

decisões (LOWE *et al.*, 2015). Além disso, de todos os métodos para gerar, desenvolver o consenso e entender a opinião do grupo, o *Delphi* é afirmado ser o mais confiável (MOYNIHAN *et al.*, 2015; KEENEY *et al.*, 2011). Dez etapas para a aplicação do procedimento devem ser observadas, sendo elas (FOWELS, 1978):

1) Formação de uma equipe para empreender e monitorar um painel Delphi em um determinado assunto;
2) Seleção de um ou mais grupos de especialistas que participarão do exercício. Habitualmente, os painelistas são peritos na área a ser investigada;
3) Desenvolvimento da primeira etapa do questionário de Delphi. O problema é esclarecido e são apresentadas questões abertas;
4) Testes do questionário para adequar a formulação apropriada (por exemplo, ambiguidade, incertezas);
5) Transmissão dos primeiros questionários aos painelistas;
6) Análise das respostas da primeira etapa;
7) Preparação de questionários da segunda etapa (round);
8) Transmissão dos questionários da segunda etapa dos painelistas;
9) Análise das respostas dos questionários da segunda etapa (as etapas 7 e 8 serão repetidas como desejado ou conforme necessidade para conseguir a estabilidade nos resultados);
10) Preparação pela equipe, de um relatório de análise para apresentar as conclusões do exercício.

É importante ainda que se analise as características, vantagens e desvantagens do método antes da sua aplicação, confirme foi estudado por Oliveira *et al.* (2008). A Tabela 10 expõe a ideia do autor.

Tabela 10 - Características do método *Delphi* e suas vantagens e desvantagens.

Características	Vantagens	Desvantagens
Anonimato	Igualdade de expressão de ideias. O anonimato faz com que a interatividade aconteça com maior espontaneidade e que assuntos críticos ou polêmicos possam ser mais bem discutidos e apresentados pelos participantes.	Ao responder um questionário sozinho, o respondente pode não se lembrar de tudo que pensa sobre o assunto ou pode não se ater a pontos sobre os quais ainda não refletiu.
Feedback	Redução de ruídos. Evita desvios no objetivo do estudo. Fixação no grupo das metas propostas. Possibilidade de revisão de opiniões pelos participantes.	Pode determinar o sucesso ou o insucesso do método. Risco de excluir da análise pontos de discordância.
Flexibilidade	No decorrer das discussões os participantes recebem opiniões, comentários e argumentações dos outros especialistas, podendo, assim, rever suas posições diante do assunto pesquisado. As barreiras comunicacionais são superadas.	Dependendo de como serão apresentados os resultados e feedback, é possível que se criem consensos, forçados ou artificiais, em que os respondentes podem aceitar de forma passiva a opinião de outros especialistas e passar a defendê-las.
Uso de especialistas	São formados conceitos, julgamentos, apreciações e opiniões confiáveis a respeito do assunto.	Possibilidade de obter consenso de forma rápida.
Consenso	Sinergia de opinião entre os especialistas. Identificação do motivo de divergência de opinião.	Risco de criar um consenso artificial.

Fonte: Oliveira *et al.* (2008).

O *feedback* dos participantes é extremamente importante para o sucesso ou insucesso da pesquisa, como o autor mencionou. Estudos realizados por Gordon (1994) afirma que a taxa de abstenção dos participantes pode variar de 25 a 60%. Na etapa de estimativa de pesos, esses são dispostos de forma que é possível rastrear as variáveis, permitindo que uma decisão seja tomada com base em sua quantificação (SCHOUBROECK *et al.*, 2019). Dessa forma, a metodologia *Delphi* é apropriada para o desenvolvimento de indicadores (YIGITCANLAR & DIZDAROGLU, 2015; YIGITCANLAR & TERIMAN, 2015; BOULKEDID *et al.*, 2011; WARNER, 2013).

Face ao exposto, alguns estudos foram desenvolvidos a fim de validar matriz de indicadores, como é o estudo *Delphi* apresentado por Musa *et al.* (2018) que buscou consenso de especialistas para validar indicadores que poderiam ser usados para no planejamento urbano estratégico no contexto do desenvolvimento sustentável. Para isso, foi elaborada uma lista de indicadores pré-definidos, extraídos da literatura, para avaliação dos especialistas. Já na pesquisa realizada por Kamali *et al.* (2019), foi utilizado o método fuzzy-*Delphi*, a fim de determinar os critérios de sustentabilidade para as tecnologias convencionais e inovadoras para o tratamento de efluentes industriais. Dessa forma, observa-se que o método *Delphi* é utilizado nas pesquisas científicas como ferramenta para formulação de indicadores no ramo do saneamento ambiental.

Além disso, Meijering *et al.* (2018) utilizaram o método *Delphi* em sua pesquisa para definir o conceito de sustentabilidade urbana, baseado nas seguintes componentes: qualidade do ar, governança, consumo de energia, infraestrutura de transporte (sem carro), espaços verdes, desigualdade e emissões de CO_2. O método se mostrou útil para identificar os sete componentes mais relevantes para definir e medir a sustentabilidade urbana no contexto europeu.

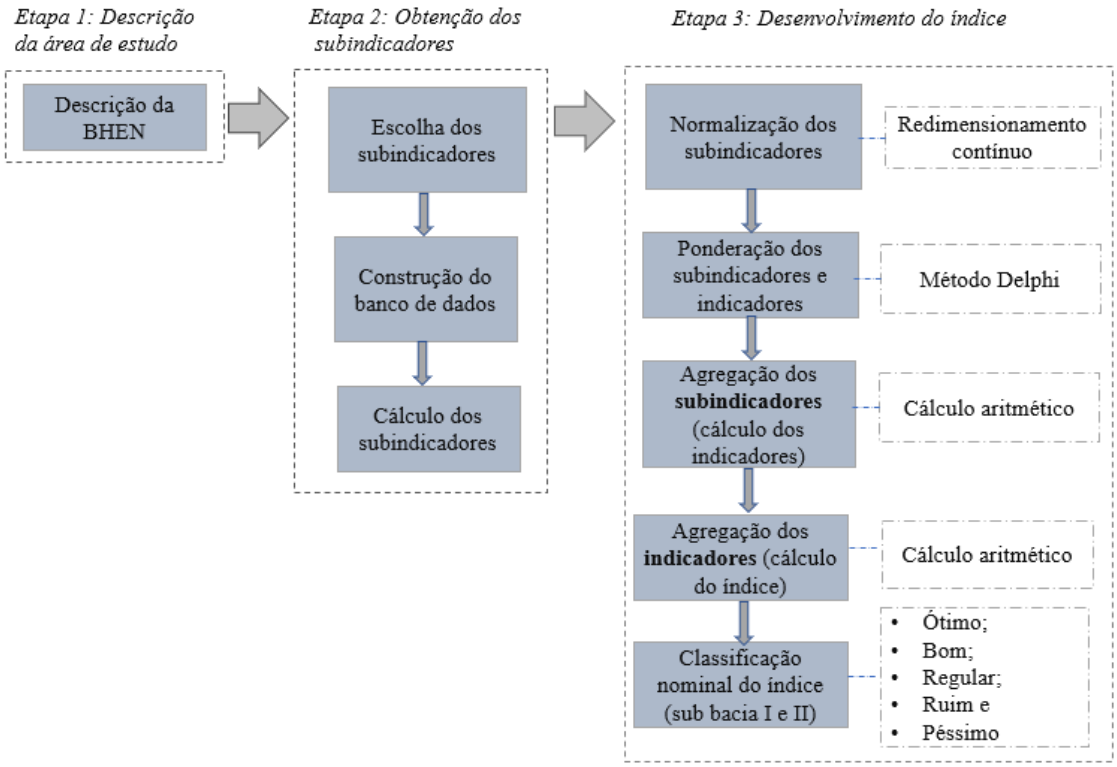
No que se refere à construção de índices, os métodos de agregação para a obtenção de um valor final, podem ser aritméticos (linear, geométrico, mínimo, máximo, aditivo) ou heurísticos (regras de decisão). O método aritmético é amplamente utilizado devido a facilidade de aplicação e por atender o objetivo de sintetizar o conjunto de informações contidas nos sistemas de indicadores (NAHAS, 2006).

Assim, para a pesquisa será adotado o método aritmético devido a finalidade de se construir um índice municipal que seja de fácil aplicação e monitoramento por parte do gestor, uma vez que a metodologia empregada na construção do índice é acessível e os resultados gerados podem ser lidos inclusive pela população leiga ao ser divulgado em uma consulta pública, por exemplo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este item descreve os procedimentos, técnicas e protocolos delineados para a obtenção do IMSB aplicado nas sub-bacias I e II da Estrada Nova que permitam o acompanhamento das condições de saneamento básico do local e que seja de fácil aplicação, reprodução e repetibilidade, proporcionando a avaliação contínua de intervenções em saneamento básico para a melhoria da qualidade de vida da população do entorno. Para isso, três etapas metodológicas foram realizadas, conforme esquema da Figura 5.

Figura 5 – Esquema das etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte: autora (2020).

4.1 ETAPA 1: DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Etapa 1 inicia com o levantamento de informações da 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 Km^2 com 72,7% de área alagável (BELÉM, 2013), abrangendo

parcialmente os bairros do Guamá, Nazaré, Batista Campos, São Braz, Cidade Velha, e, integralmente, os bairros do Jurunas, Condor e Cremação, conforme pode-se observar na Figura 6.

Figura 6 – Abrangência dos bairros na BHEN.

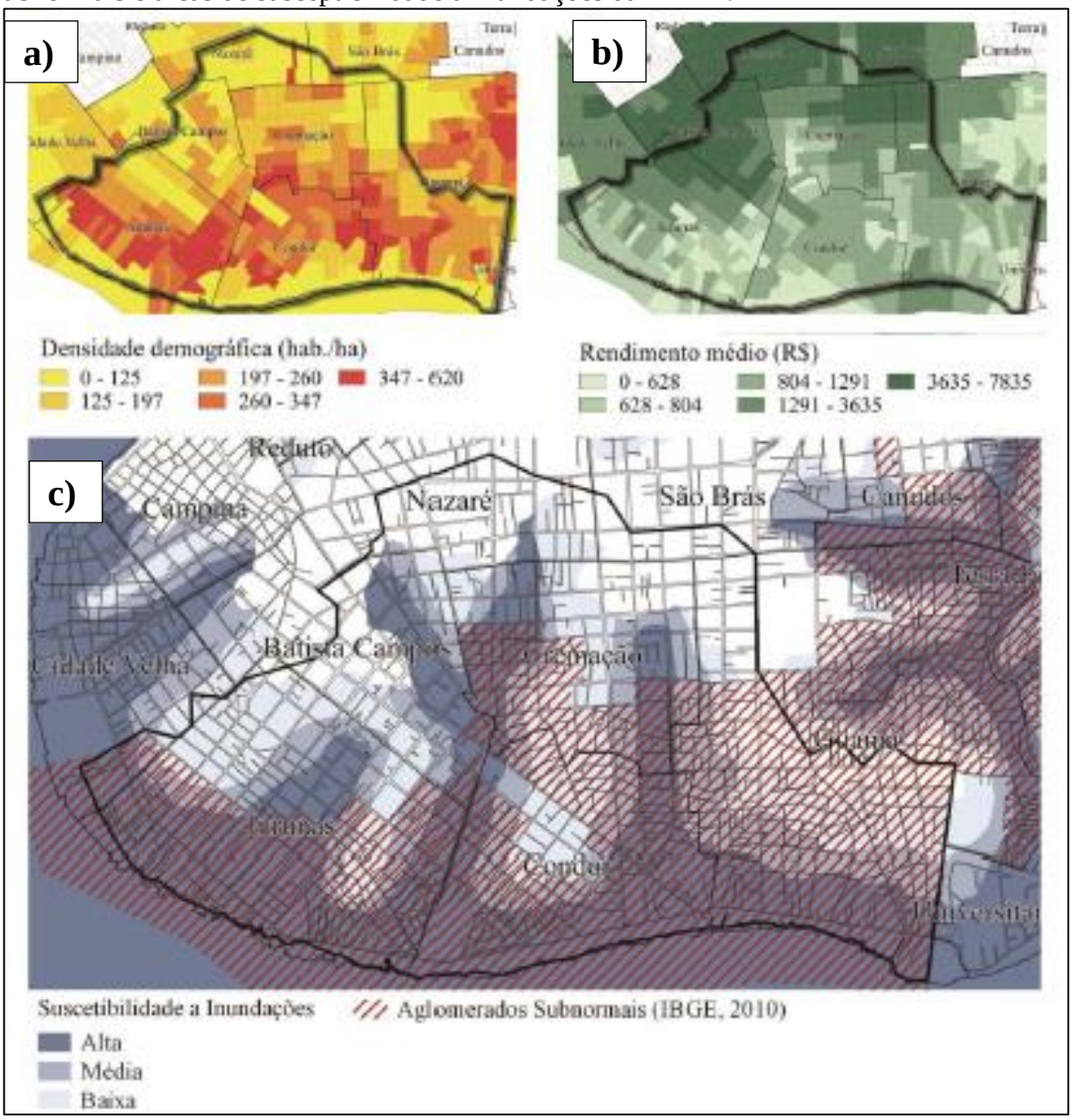
Fonte: CODEN (2015).

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).

De acordo com o IBGE grande parte da BHEN é considerada como “Baixadas do Rio Guamá”, área em que prevalece a existência de aglomerados tipo subnormais com alta densidade populacional e baixos rendimentos. Inclusive, a BHEN é composta por bairros heterogêneos, conforme pode-se observar na Figura 8 em que são retratadas as condições da bacia em termos de densidade demográfica, rendimento médio dos moradores, aglomerados subnormais e áreas de susceptibilidade a inundações (IBGE, 2010).

Vale ressaltar que segundo o IBGE o termo aglomerados subnormais faz referência a “ocupação ilegal da terra, ou seja, construção em terrenos de propriedade alheia (pública ou privada) no momento atual ou em período recente (obtenção de título de propriedade do terreno há dez anos ou menos) ou possuir pelo o menos uma das seguintes características: urbanização fora dos padrões vigentes – refletido por vias de circulação estreitas e de alinhamento irregular, lotes de tamanhos e formas desiguais e construções não regularizadas por órgãos públicos; ou precariedade de serviços públicos essenciais, tais quais energia elétrica, coleta de lixo e redes de água e esgoto”, são conhecidos também como invasão, favela, baixadas, palafitas entre outros termos (IBGE, 2010).

Figura 7 – Figura de: a) densidade demográfica; b) rendimento médio; c) aglomerados subnormais e áreas de susceptibilidade a inundações da BHEN.



Fonte: adaptado de Brandão (2016).

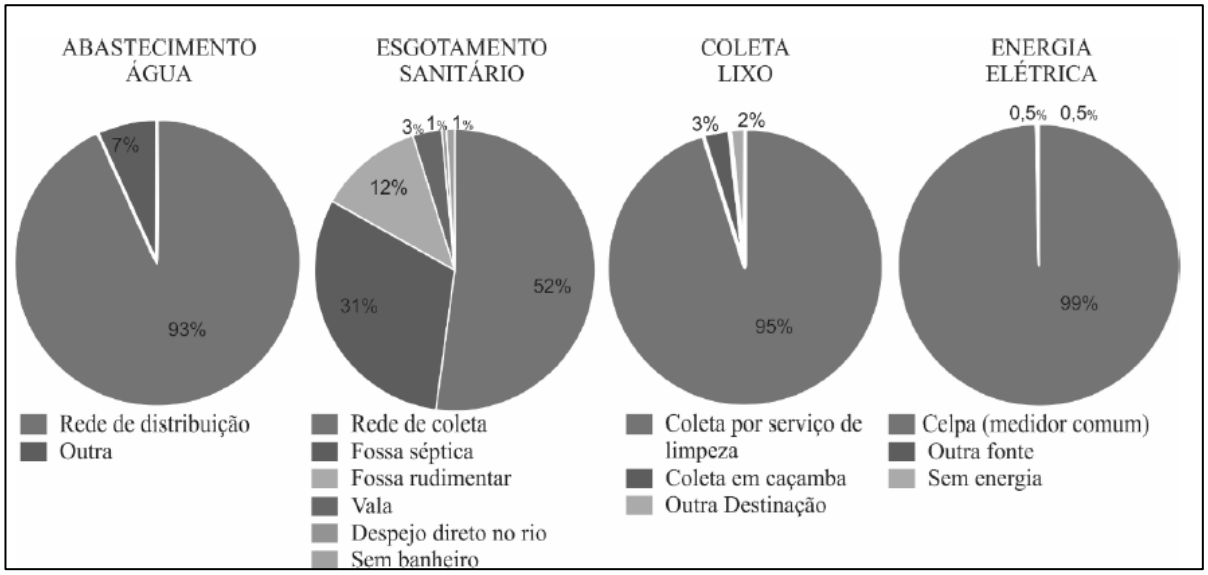
Observa-se na Figura 7a que a área mais densa do bairro do Jurunas, por exemplo, está concentrada na porção sul, na área do "miolo do jurunas" (como é normalmente denominado). Essa área apresenta baixa verticalização, porém, a densidade demográfica chega a até 600 hab/ha. Nota-se o oposto nas áreas mais verticalizadas, como é o caso dos bairros de Nazaré e Batista Campos, em que a densidade demográfica é de no máximo 260 hab/ha.

Com relação a renda, os bairros de Nazaré e Batista Campos apresentam um rendimento médio acima de R$ 3635,00, enquanto o miolo do jurunas se mantém em uma renda de no máximo R$ 804,00. No que tange a aglomerados subnormais, observa-se que em tais áreas há

de forma mais acentuada suscetibilidade à inundação. Segundo Brandão (2016) isso acontece porque além das características naturais do sítio, os eventos de inundação e alagamento foram intensificados pela urbanização, bem como pela impermeabilidade à montante da BHEN, acelerando, assim, o pico de cheias à jusante.

Ainda de acordo com estudo realizado por Brandão (2016) e seguindo o censo (IBGE, 2010) os gráficos elaborados por tal autor, presentes na Figura 8, configuram a situação da BHEN em termos de atendimento aos serviços públicos, entretanto, as informações são possivelmente superdimensionadas, um vez que os próprios relatórios técnicos provenientes dos órgãos públicos abordam a questão de incidência de vias não atendidas por rede de abastecimento de água, inexistência de rede coletora de esgoto e ausência de serviços de coleta e varrição de lixo, entretanto, não há dados quantitativos (oficiais) para expressar de forma mais fidedigna a realidade.

Figura 8 – Quantidade de domicílios servidos com sistemas públicos, segundo censo do IBGE de 2010.



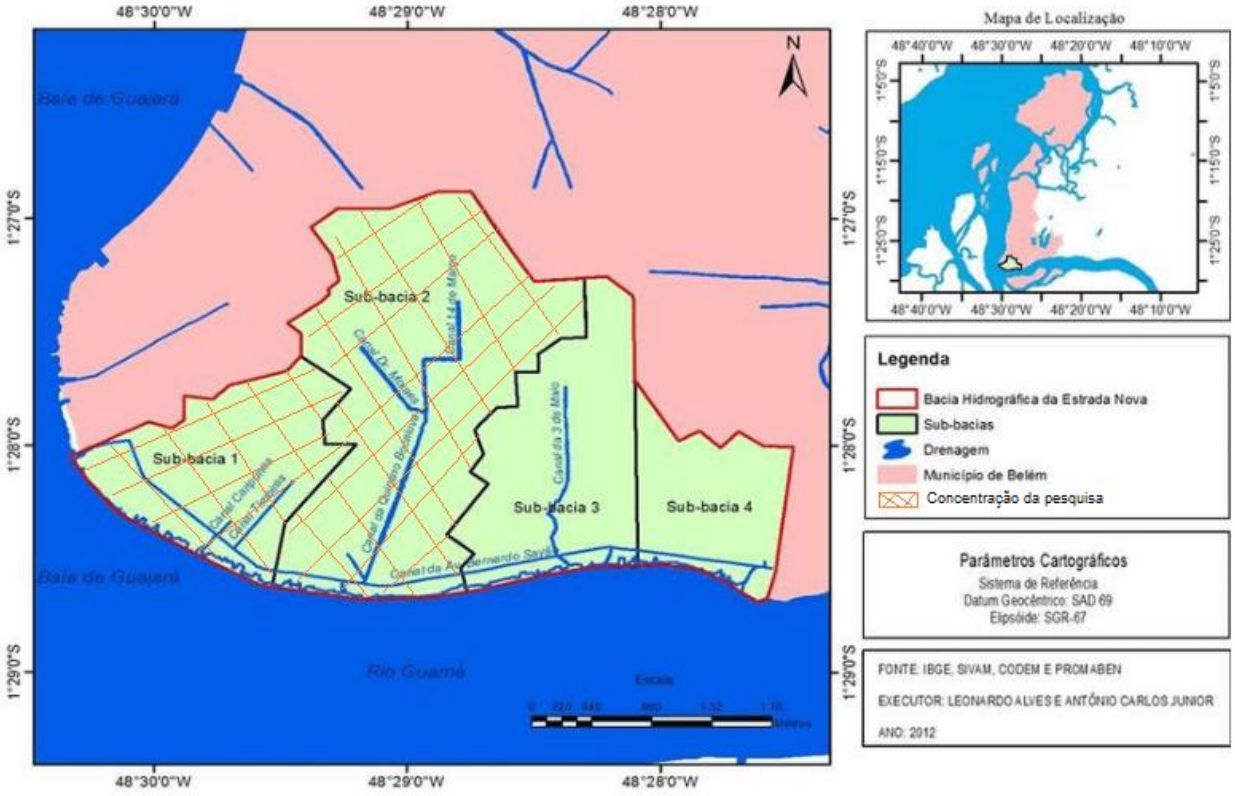
Fonte: Brandão (2016).

Em 2013, segundo estudo de Magno (2016), cerca de 15% das vias da BHEN eram pavimentadas e apenas 1,33% não pavimentadas. 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 9 retrata a subdivisão a que foi submetida a BHEN.

Figura 9 – Subdivisão da Bacia da Estrada Nova e concentração da pesquisa.



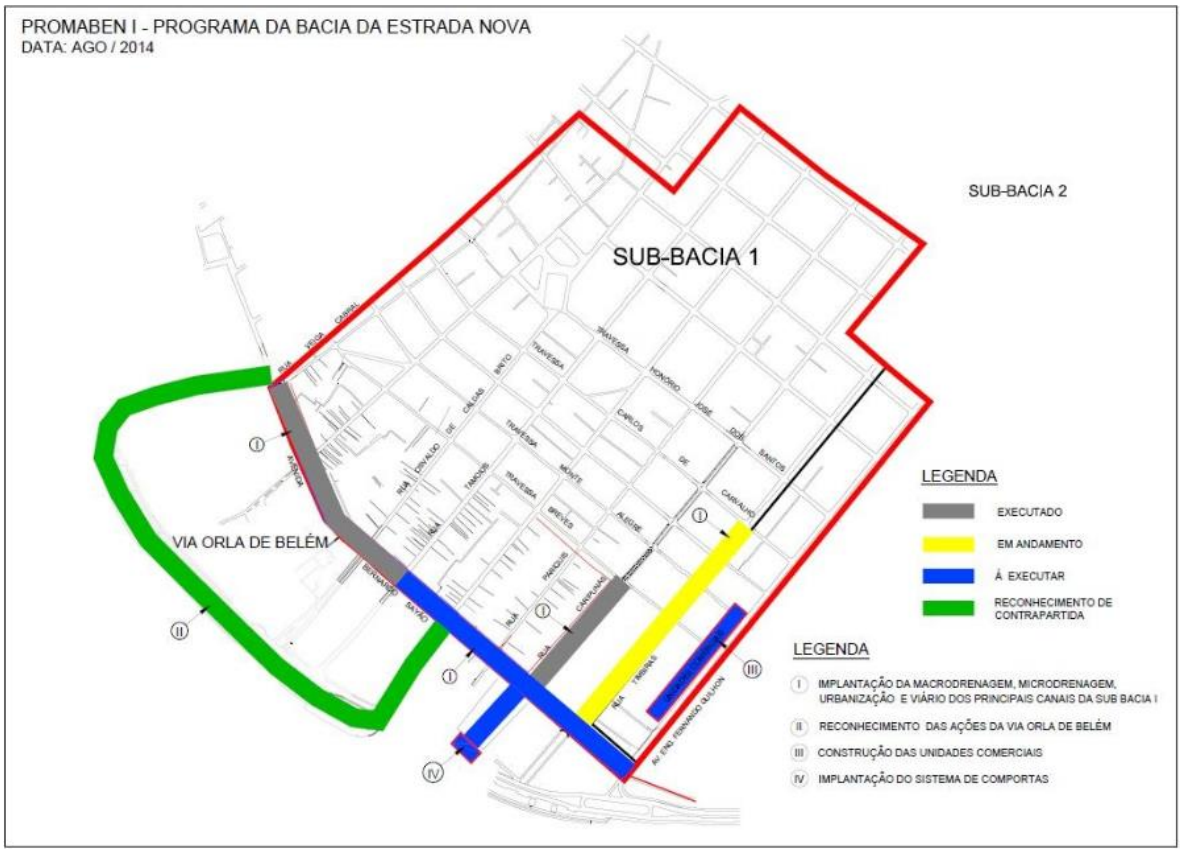
Fonte: adaptado de Antônio Júnior (2016).

Para fins operacionais o PROMABEN foi dividido em duas vertentes: PROMABEN I e PROMABEN II, que em conjunto visa realizar obras e ações como: melhoria na drenagem urbana, infraestrutura viária, infraestrutura sanitária e sustentabilidade social e institucional (Contrato empréstimo Nº 1998/OC-BR, 2008). Financiado por recursos públicos da Prefeitura Municipal de Belém e, parcialmente, pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID. O programa está avaliado em US$ 533.371.000, sendo US$ 262.500.000 financiado pelo BID e US$ 270.871.000 custeado pela PMB (PMB, 2014).

O PROMABEN I é responsável pelas ações e obras nos canais principais das quatro sub-bacias da BHEN. Como são de caráter repetitivo, o PROMABEN foi concebido a partir de uma amostra de projetos de intervenções nos canais Caripunas, Timbiras e Bernardo Sayão, apresentando os seguintes objetivos específicos: Implementação da macrodrenagem e microdrenagem, urbanização e sistema viário dos principais canais da Sub-bacia I(I),

reconhecimento das ações da via orla de Belém (II), construção das unidades comerciais (III) e implementação do sistema de comportas (IV) (PMB, 2019), conforme Figura 10.

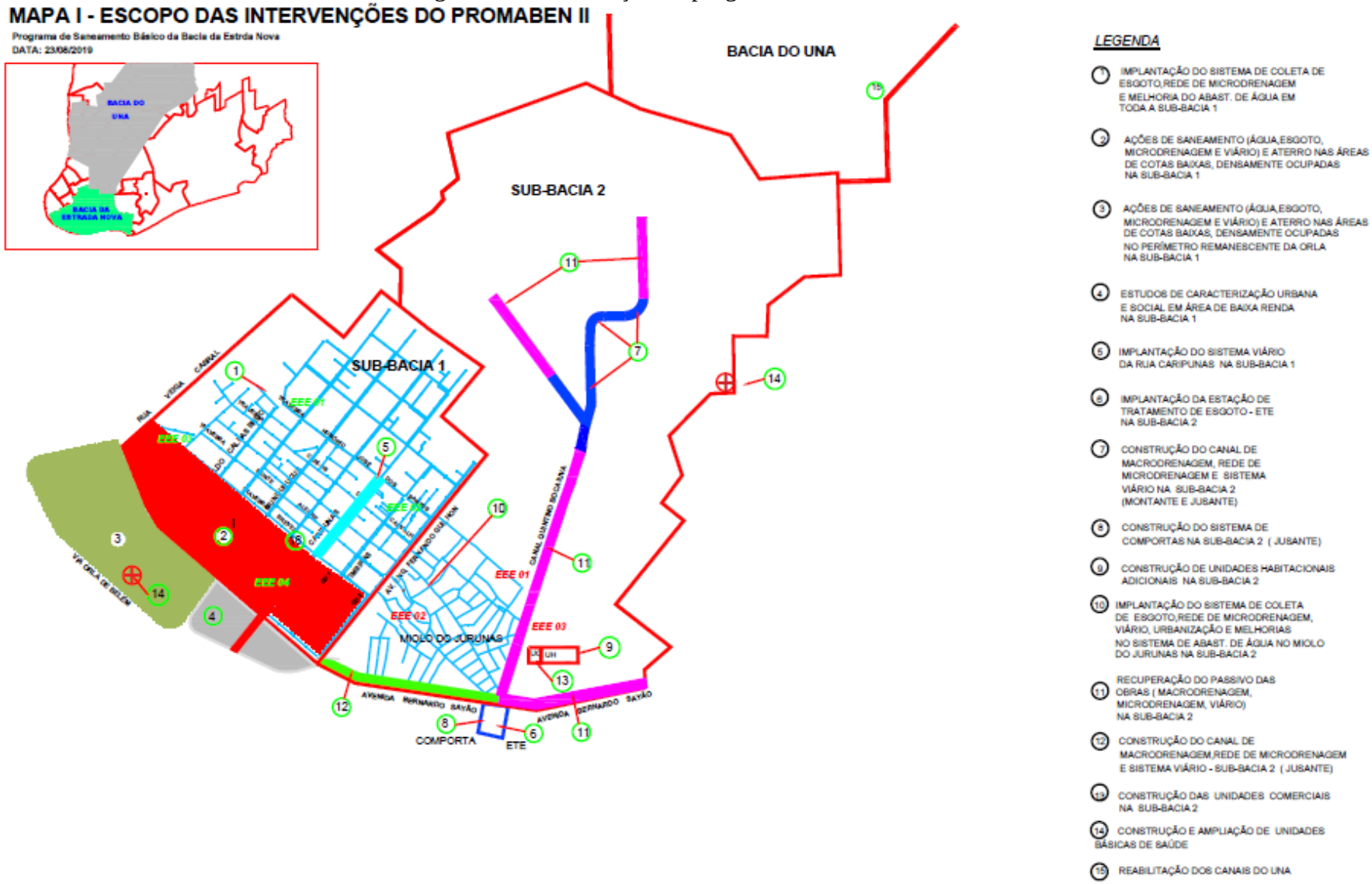
Figura 10 – Localização do programa PROMABEN I.



Fonte: PROMABEN (2014).

Quanto ao PROMABEN II, a área de intervenção do projeto contempla as sub-bacias I e II da BHEN, bem como parte da bacia do UNA. Na Figura 11 pode-se observar as intervenções propostas.

Figura 11 – Localização do programa PROMABEN II.



Fonte: PROMABEN (2019).

Como o acordo firmado entre a PMB e a FADESP para o desenvolvimento da pesquisa diz respeito às sub-bacias I e II da Estrada Nova, aprofundou-se o estudo nestas subdivisões da BHEN. Por meio de inspeção in loco, pode-se constatar algumas inadequações dos serviços de saneamento básico. Com relação aos resíduos sólidos, observou-se disposição inadequada dos mesmos, inclusive, o descarte inapropriado de rejeitos de açaí por parte dos comerciantes locais ao longo do canal da av. Bernardo Sayão (Figura 12a). Além do mais, notou-se acúmulo de resíduos na área desapropriada para a realização da macrodrenagem da Estrada Nova. Segundo a população do entorno, carroceiros descartam no local, de forma frequente, diferentes tipos de materiais (Figura 12b).

Figura 12 – Disposição de resíduos sólidos nas sub-bacias I e II da Estrada Nova.

Fonte: autora (2020).

Em visita de campo rua dos Caripunas, próximo a travessa Quintino Bocaiúva no período do ano em que houve concomitantemente maré alta e elevada precipitação pluviométrica, notou-se diversos pontos de alagamento ao longo das sub-bacias, dificultando o ir e vir da população, além da exposição as doenças de veiculação hídrica. Na Figura 13, pode-se observar tal situação. A Figura 13a é na avenida Engenheiro Fernando Guilhon, próximo a travessa Carlos de Carvalho e a Figura 13b é na rua dos Caripunas, próximo a travessa Quintino Bocaiúva, ambas situadas na sub-bacia II.

Figura 13 – Áreas alagadas em período de maré alta e elevada precipitação pluviométrica.

Fonte: autora (2020).

Quanto as condições das moradias, várias habitações se encontram ao longo de canais de drenagem, como é o caso da situação retratada na Figura 14, na avenida Generalíssimo Deodoro próximo a avenida Engenheiro Fernando Guilhon. O rápido crescimento populacional não foi acompanhado pelo controle sobre uso e ocupação do solo, que combinado com a falta de alternativas de habitação acessível provocou o aparecimento de assentamentos informais, sujeitos a enfermidades de veiculação hídrica, ambientalmente vulneráveis, compondo um cenário de precariedade.

Figura 14 – Condições de moradia ao longo do canal da avenida Generalíssimo Deodoro.

Fonte: autora (2020).

Além do mais, observou-se que a maioria das residências localizadas na área de maior adensamento populacional (bairro do Jurunas) não tem hidrometração. Vale ressaltar que em entrevista com os moradores, houve diversas reclamações a respeito da qualidade da água e da frequência com que faltava naquela região. Quanto ao esgotamento sanitário, os moradores da av. Bernardo Sayão relataram que há o despejo do esgoto in natura no canal.

Dessa forma, observa-se a necessidade de melhoria do sistema de água potável, esgotamento sanitário, tratamento de efluentes, drenagem urbana e limpeza pública, a fim de garantir uma reabilitação urbana e ambiental da BHEN e, consequentemente, resolver os problemas socioambientais, promovendo, assim, qualidade de vida para a população.

4.2 ETAPA 2: OBTENÇÃO DOS SUBINDICADORES

Primeiramente 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, conforme abordado na revisão de literatura do item 3.

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 na Tabela 11, dividida em quatro indicadores do setor do saneamento e um social com seus respectivos subindicadores, que foram utilizados no desenvolvimento do IMSB.

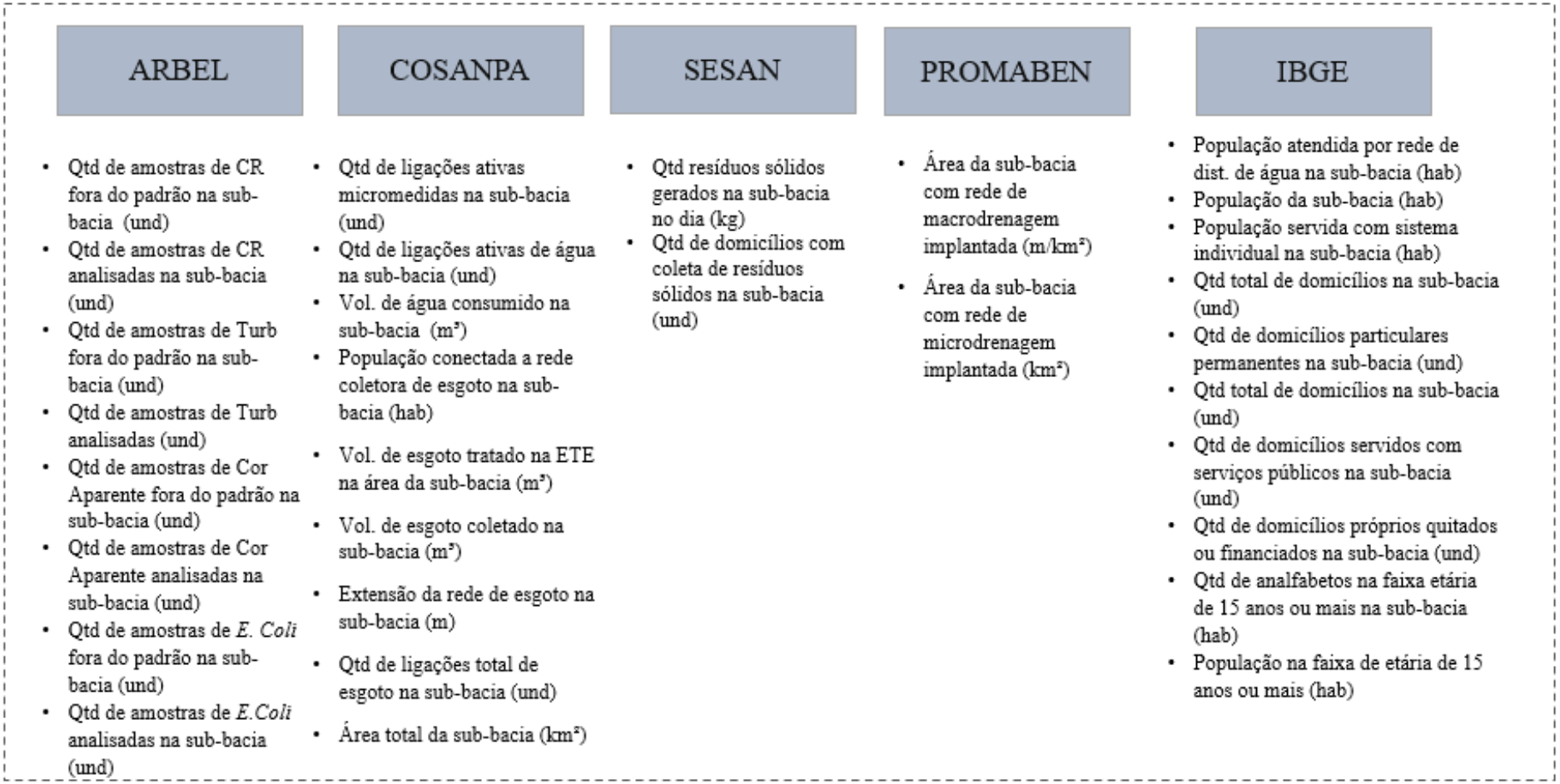
Tabela 11 – Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social com seus respectivos subindicadores.

INDICADOR	SUBINDICADOR
Indicador de Abastecimento de Água	Hidrometração
	Consumo médio per capita
	Atendimento urbano
	Incidência das análises de Cloro Residual fora do padrão
	Incidência das análises de Turbidez fora do padrão
	Incidência das análises de Cor Aparente fora do padrão
	Incidência das análises de *E. Coli* fora do padrão
Indicador de Esgotamento Sanitário	População residente conectada à rede coletora de esgoto
	População residente servida por sistema individual
	Tratamento de esgoto
	Extensão da rede de esgoto por ligação
Indicador de Drenagem Urbana	Inundação/Alagamento
	Abrangência da rede de macrodrenagem implantada
	Abrangência da rede de microdrenagem implantada
Indicador de Resíduos Sólidos	Geração per capta de resíduos sólidos
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos
Indicador Social	Residência fixa
	Condições de moradia
	Domicílios próprios quitados ou financiados
	Nível de analfabetismo

Fonte: autora (2020).

Após a seleção dos subindicadores e a consulta prévia aos órgãos e entidades, foi realizado o levantamento das variáveis que compõe 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. O fluxograma da Figura 15 apresenta as variáveis utilizadas na pesquisa e os seus respectivos órgãos de origem.

Figura 15 – Fluxograma das variáveis e os seus respectivos órgãos.



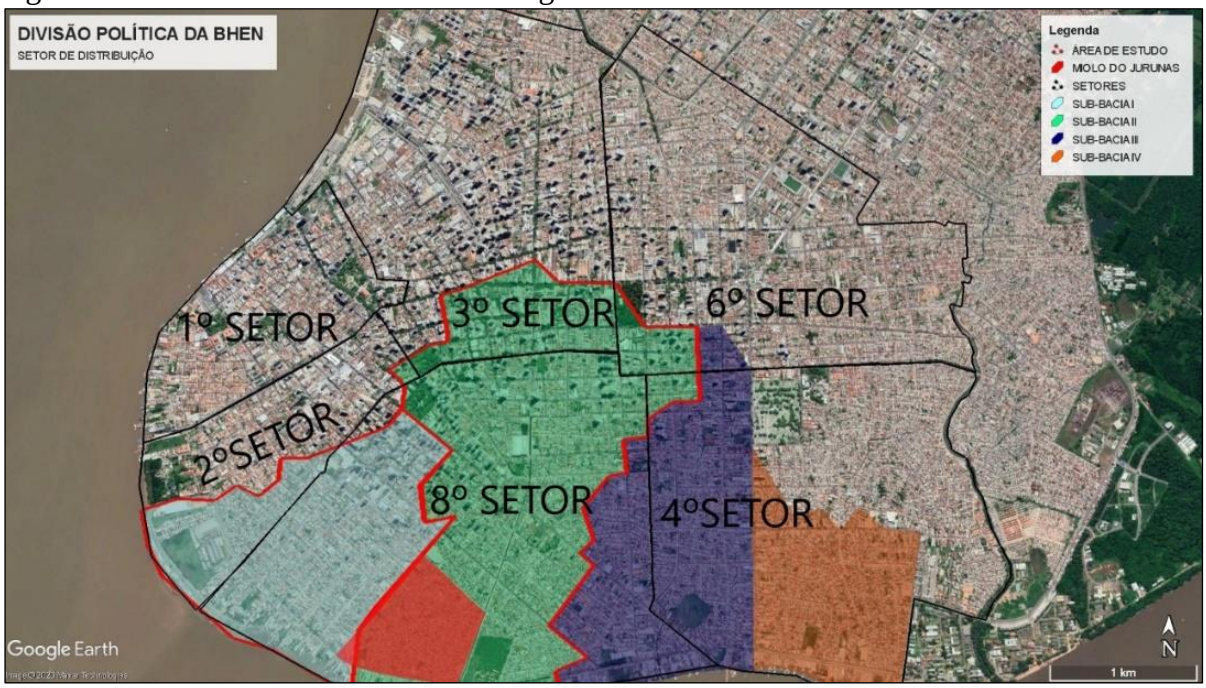
Fonte: autora (2020).

Conforme Figura 15, as variáveis relacionadas a qualidade da água foram fornecidas pela ARBEL através de um relatório técnico do controle físico-químico e bacteriológico de reservatório e rede – São Brás e Bolonha, que especifica a quantidade de amostra de água para determinação das variáveis monitoradas, ruas, bairros e setor de distribuição, no período de 12 meses (janeiro a dezembro) para o ano de 2018.

Primeiramente identificou-se os bairros e ruas pertencentes a sub-bacia I e II da Estrada Nova, pois o documento fornecido pela ARBEL não era dividido por sub-bacia. Após isso, consultou-se a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017), a fim de verificar se há conformidade ou não das variáveis de acordo com o que preconiza a legislação vigente. Assim, todas as amostras com os resultados diferentes do recomendado foram consideradas fora do padrão. Por fim foi quantificado o resultado das amostras fora do padrão.

Quanto a COSANPA, a prestadora de serviços também não detinha a informação referente apenas as sub-bacias I e II, somente do sistema inteiro, fez-se, então, um estudo no setor de cadastro da companhia a fim de entender a dinâmica de obtenção das informações. Na Figura 16 são mostrados os setores de abastecimento de água pertencentes a BHEN.

Figura 16 – Setores de abastecimento de água da COSANPA na BHEN.



Fonte: autora (2020).

Além da divisão por setores de abastecimento, a prestadora trabalha com recortes menores das áreas, denominados rotas comerciais, que leva em consideração os quarteirões das ruas. Assim, a fim de aumentar a precisão da informação, solicitou-se as plantas da UNISUL (unidade de negócios responsável pelas informações dos setores que atendem a área da BHEN) e fez-se o levantamento das rotas comerciais do 2º, 3º, 4º, 6º e 8º setor pertencentes a área de estudo. A partir disso, a COSANPA reuniu-se os dados solicitados e encaminhou uma planilha em *Excel* com os dados requeridos por rotas comerciais. Dessa forma, fez-se o somatório dos dados referentes as variáveis de interesse para a pesquisa por rotas pertencentes a área de abrangência das sub-bacias. Quanto a extensão da rede coletora de esgoto e área da sub-bacia, tais informações foram extraídas das próprias plantas fornecidas pela prestadora.

Além do mais, foi feito um levantamento de campo a fim de confirmar tais informações, especialmente a existência de rede coletora de esgoto nas ruas pertencentes as sub-bacias, atrelando ainda à percepção dos moradores. As visitas *in loco* aconteceram no período de 22/10/2019 ao 01/11/2019 em 19 perímetros (bairros de Nazaré e Batista Campos). Observou-se a falta de esclarecimento das informações relacionadas ao esgotamento sanitário por parte dos usuários, uma vez que muitos não tinham certeza se estavam conectados a rede ou não e até mesmo se havia rede naquela área. A fim de verificar a existência de rede, buscou-se a informação através da conta de água do próprio usuário, analisando, para isso, a cobrança de taxa.

No que se refere a SESAN, foi fornecido um documento relacionado a produção de lixo por bairros para o ano de 2018 onde especifica a quantidade de resíduos gerados no dia e mês em cada bairro de Belém-PA. A partir disso foi realizada uma estimativa dos resíduos sólidos gerados por bairro dentro da área de abrangência da sub-bacia I e II, levando em consideração a produção per capta (kg/ha.dia) por bairro informado no documento da SESAN e a população correspondente a área de abrangência. O mesmo procedimento foi realizado para todos os bairros pertencentes as sub-bacias. Vale ressaltar que a secretaria não detinha de informações das variáveis relacionadas a drenagem urbana para o ano de 2018, apenas de dados antigos. Por esse motivo, solicitou-se ao PROMABEN, o qual forneceu o dado por sub-bacia hidrográfica. Quanto ao dado relacionado a alagamento, optou-se por levantar em campo, assim como abrangência de rede de microdrenagem, uma vez que a secretaria não possui sistema de cadastro com tais informações.

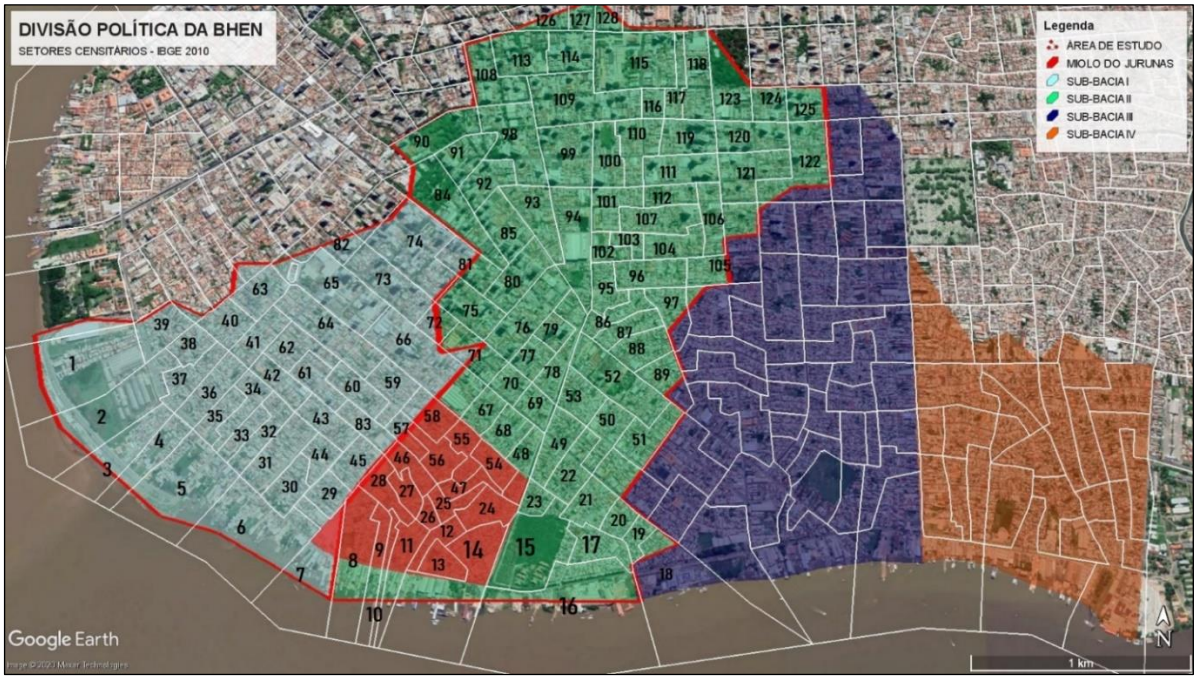
Para isso, fez-se, primeiramente, o levantamento de todas as ruas pertencentes as sub-bacias 1 e 2 através de uma planta georreferenciada fornecida pela coordenadoria técnica UNISUL da COSANPA (planta baixa do sistema de abastecimento de água do segundo,

quarto e oitavo setor). A visita de campo foi realizada no período do ano em que houve concomitantemente maré alta e elevada precipitação pluviométrica (mês de março de 2019). Notou-se diversos pontos de alagamento ao longo das sub-bacias. Tais pontos foram mapeados *in loco* e foram geradas figuras para cada sub-bacia com a utilização do software Autocad 2018 e, a partir daí, quantificados. A fim de aumentar a confiabilidade dos dados, fez-se entrevista com os moradores do local, indagando sobre a frequência com que ocorriam tais alagamentos.

Para obter o subindicador "abrangência da rede de microdrenagem implantada", fez-se o levantamento das ruas sem pavimentação, delimitadas no *Google Earth Pro* e confirmadas *in loco*. Tomou-se como referência que toda via pavimentada possuía microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo e outros dispositivos), logo, as sem pavimentação eram áreas não contempladas com o sistema de microdrenagem. Vale ressaltar que não foi avaliada a eficiência do sistema, apenas contabilizada a existência. Para extrair a área sem pavimentação, foi delimitado, primeiramente, um polígono que abrange a área da rua e de metade dos telhados das casas do lado esquerdo e direito da via. A partir da contabilização das áreas sem pavimentação, subtraiu da área total da sub-bacia e, assim, obteve-se o subindicador.

Com relação as variáveis extraídas do IBGE foi feito, primeiramente, o levantamento de todos os setores censitários pertencentes a área de estudo referente ao último censo (IBGE, 2010), onde cada setor censitário – representado por polígonos – foi numerado de modo a abranger a totalidade das duas sub-bacias, de acordo com a Figura 17.

Figura 17 – Setores censitários nas sub-bacias I e II.



Fonte: autora (2020).

Assim, de posse dos dados por setores censitários (IBGE, 2010), precisou-se realizar uma segunda etapa, isto é, os dados foram estimados para o ano de 2018. Exemplificando através da variável população, extraiu-se, primeiramente, do site do IBGE a população de Belém para o ano de 2010 com o objetivo de saber a porcentagem dessa população nas áreas de abrangência das sub-bacias em relação a Belém. Manteve-se o percentual para 2018, porém, utilizando a população de Belém atualizada para o ano de 2018, conforme equações 4 e 5.

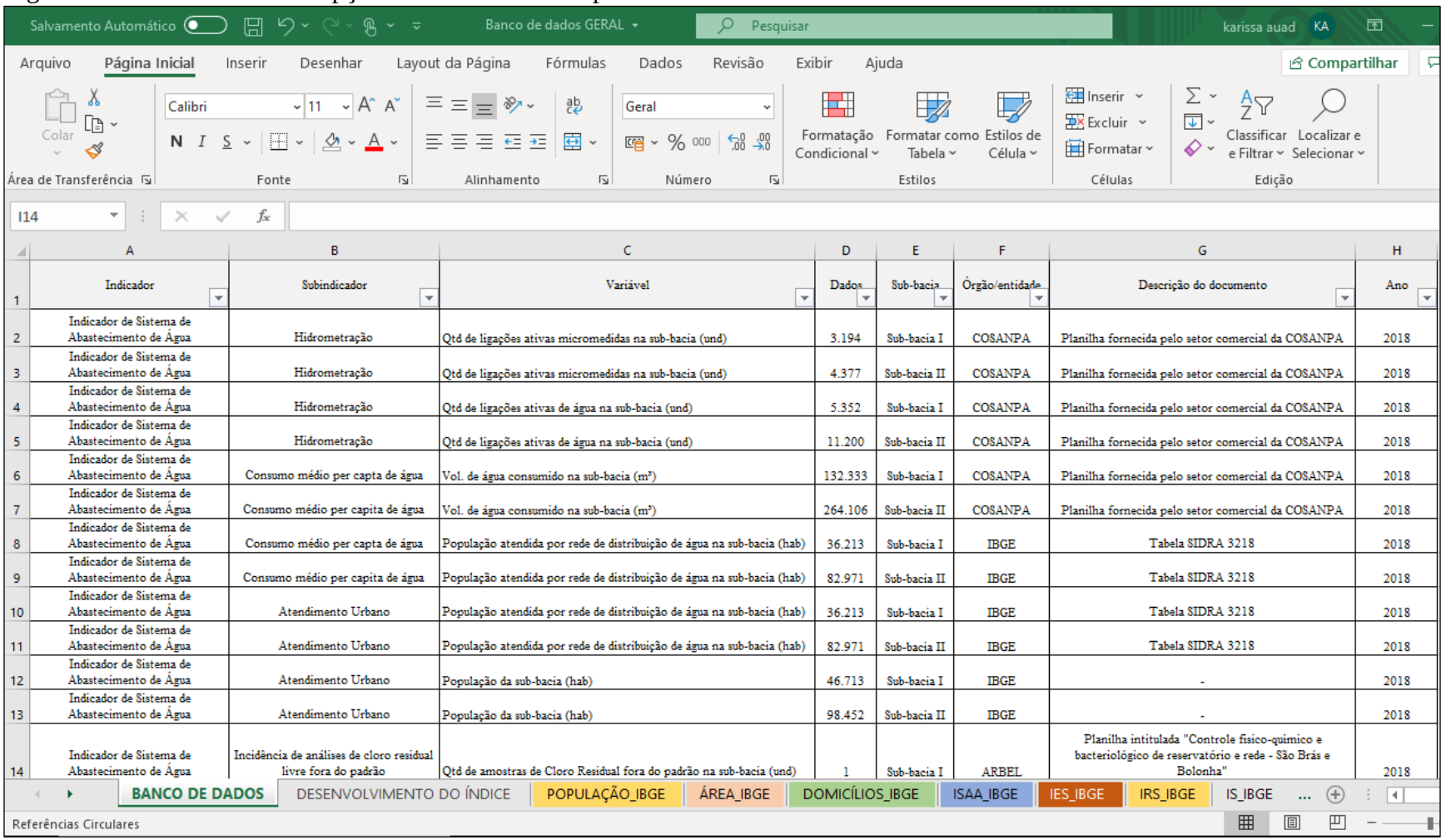
$$\%\ \text{População da sub-bacia em relação ao município (ano 2010)} = \frac{\text{Pop.residente na sub}-\text{bacia (ano 2010).}}{\text{Pop. total de Belém (ano 2010)}} \quad (4)$$

$$\text{Pop.da sub-bacia (ano 2018)} = (\text{Pop. total de Belém (ano 2018)} * \%\ \text{Pop. da sub bacia em relação ao município} \quad (5)$$

O mesmo procedimento se deu para as demais variáveis. Ressalta-se ainda que foi realizada inspeção *in loco* conforme descrito na Etapa 1 não só para caracterização da área de estudo como também para obtenção de algumas variáveis que não foram fornecidas pelos órgãos para o ano da pesquisa.

Quanto a concepção do banco de dados, pode-se observar na Figura 18 a forma que foi estruturado.

Figura 18 – Estrutura da concepção do banco de dados para o cálculo dos subindicadores.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Indicador	Subindicador	Variável	Dados	Sub-bacia	Órgão/entidade	Descrição do documento	Ano
2	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas micromedidas na sub-bacia (und)	3.194	Sub-bacia I	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
3	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas micromedidas na sub-bacia (und)	4.377	Sub-bacia II	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
4	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas de água na sub-bacia (und)	5.352	Sub-bacia I	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
5	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas de água na sub-bacia (und)	11.200	Sub-bacia II	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
6	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Consumo médio per capta de água	Vol. de água consumido na sub-bacia (m³)	132.333	Sub-bacia I	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
7	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Consumo médio per capita de água	Vol. de água consumido na sub-bacia (m³)	264.106	Sub-bacia II	COSANPA	Planilha fornecida pelo setor comercial da COSANPA	2018
8	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Consumo médio per capta de água	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	36.213	Sub-bacia I	IBGE	Tabela SIDRA 3218	2018
9	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Consumo médio per capita de água	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	82.971	Sub-bacia II	IBGE	Tabela SIDRA 3218	2018
10	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Atendimento Urbano	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	36.213	Sub-bacia I	IBGE	Tabela SIDRA 3218	2018
11	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Atendimento Urbano	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	82.971	Sub-bacia II	IBGE	Tabela SIDRA 3218	2018
12	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Atendimento Urbano	População da sub-bacia (hab)	46.713	Sub-bacia I	IBGE	-	2018
13	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Atendimento Urbano	População da sub-bacia (hab)	98.452	Sub-bacia II	IBGE	-	2018
14	Indicador de Sistema de Abastecimento de Água	Incidência de análises de cloro residual livre fora do padrão	Qtd de amostras de Cloro Residual fora do padrão na sub-bacia (und)	1	Sub-bacia I	ARBEL	Planilha intitulada "Controle físico-químico e bacteriológico de reservatório e rede - São Brás e Bolonha"	2018

Fonte: autor (2020).

Conforme pode ser observado na Figura 18, o banco de dados foi estruturado em uma planilha *Excel* dividida em 8 colunas que promove ao usuário facilidade ao filtrar as informações requeridas, seja por indicador, subindicador, variável, dado bruto, sub-bacia, órgão/entidade, nome do documento ou ano. Dessa forma, o banco de dados apresenta uma visualização macro das informações, bem como especificadas, se assim desejar, abrangendo os dados referentes as variáveis que compõe os subindicadores para os cinco indicadores da pesquisa para o ano base de 2018. Esta planilha em *Excel* foi vinculada a uma outra intitulada de desenvolvimento do índice, onde foram realizados os cálculos dos subindicadores, de acordo com a metodologia de cálculo apresentada no apêndice A, bem como indicadores e do índice propriamente dito.

4.3 ETAPA 3: DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE

A Etapa 3 da pesquisa consiste na elaboração do índice. Como os subindicadores possuem diferentes unidades, eles 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 (6).

$$Si = \frac{Xi - Xinf.}{Xsup. - Xinf.} \qquad (6)$$

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 17). Esses pesos foram denominados de pesos genéricos, uma vez que dependeram da disponibilidade dos dados do IBGE para serem obtidos, seguindo o exemplo expresso na equação 7.

$$\text{Peso}_{\text{Pop. residente "n"}} = \text{Pessoas residentes}_{\text{setor censitário "n"}} / \text{População residente total da sub-bacia} \quad (7)$$

De posse dos pesos genéricos, pode-se estratificar os valores das variáveis das sub-bacias em valores menores (setor censitário), conforme a equação 8.

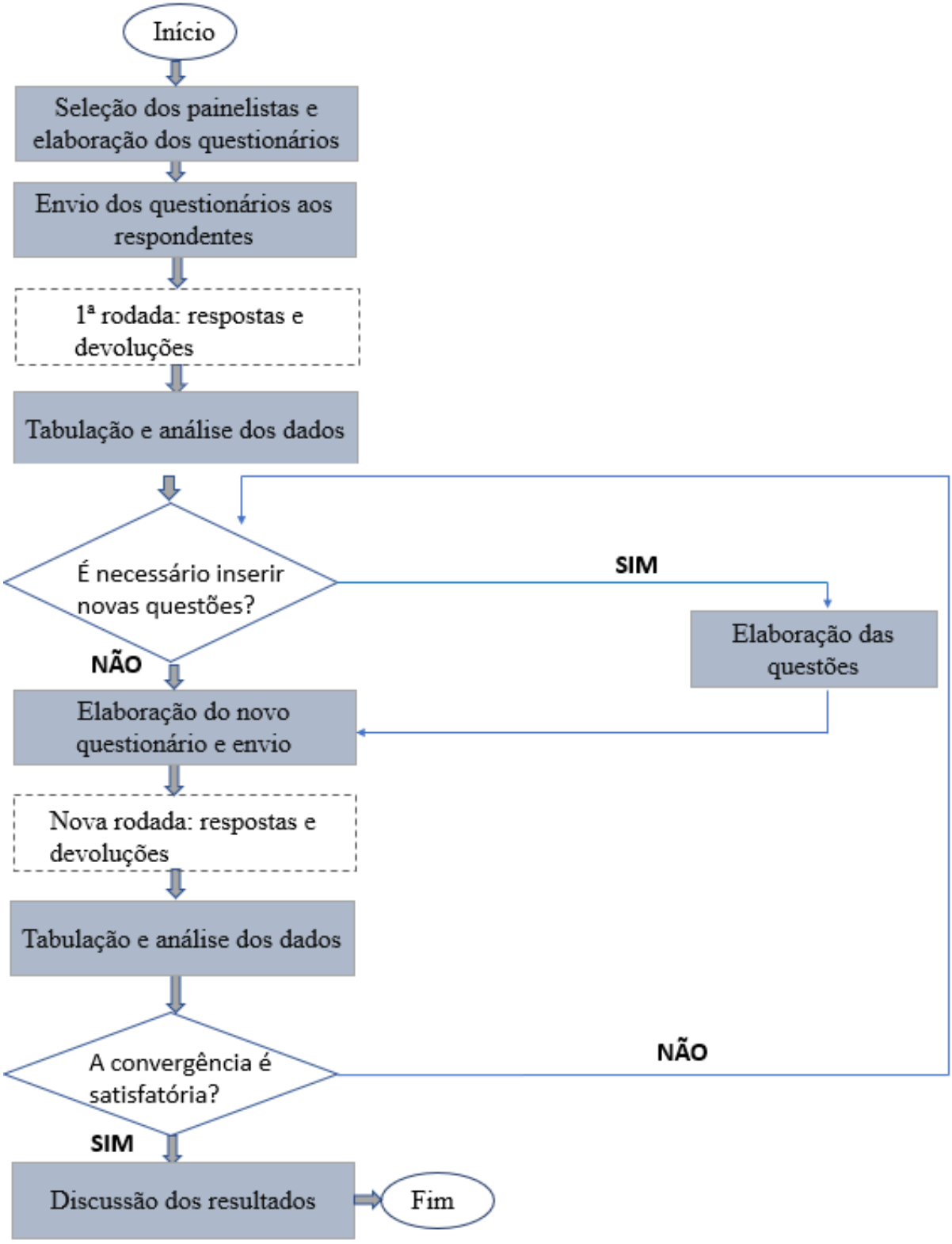
$$\text{Variável}_{\text{setor censitário "n"}} = \text{Valor obtido para a sub-bacia} * \text{peso genérico} \quad (8)$$

Vale ressaltar que foi analisado 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.

Vale salientar que para as variáveis que tem a interpretação de quanto mais próximo de zero, melhor o indicador, como é o caso das variáveis de monitoramento da qualidade da água, optou-se por inverter os limites, isto é, para um indicador que segue o raciocínio de que quanto mais próximo de 100, melhor, o limite inferior é o valor mínimo e o superior é o máximo. No caso do exemplo citado, admitiu-se o raciocínio inverso.

Após serem normalizados, tanto os indicadores quanto os subindicadores foram ponderados através do método Delphi (ítem 3.6). 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 (AMBIONI, 2011). Além do mais, o método Delphi foi escolhido para a pesquisa devido as 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. A execução da metodologia segue o fluxograma apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Fluxograma da execução da metodologia Delphi.



Fonte: autora (2020).

A seleção dos painelistas é determinante para o sucesso da pesquisa, por isso, o painel foi proposto de forma a abranger representativamente os profissionais da área do

saneamento. A Tabela 12 apresenta a descrição dos profissionais que se almejou ter na pesquisa, bem como as entidades a que pertencem e o quantitativo de especialistas que convidados a participar do estudo.

Tabela 12 – Painel de seleção dos especialistas do setor de saneamento.

Seleção dos especialistas		
Profissionais	**Entidades/órgãos**	**Quantitativo de profissionais que serão convidados a participar da pesquisa**
Engenheiros e diretores	Companhia de saneamento	5
	Agência Reguladora	5
	Empresa projetista	5
Professores do meio acadêmico	Universidade	5
TOTAL		**20**

Fonte: autora (2020).

A maioria dos estudos usa painéis de 15 a 35 pessoas, cuja taxa de aceitação por parte dos especialistas é em torno de 35 a 75% (ALMEIDA, 2007). Os especialistas selecionados foram convidados individualmente de forma presencial – a fim de atingir uma maior taxa de aceitação – após o aceite em participar da pesquisa, foi entregue uma carta de apresentação com os objetivos da pesquisa, o compromisso com o anonimato e o número de rodadas, que sucedeu até atingir um nível satisfatório de convergência (na pesquisa foi adotado 50%). Assim, os questionários foram entregues para cada participante. No questionário havia um campo de texto livre para os participantes sugerirem ou comentarem os indicadores.

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.

Gil & Saura (2001) apontam como vantagem a escala ser de fácil administração. A utilização de uma escala deste tipo facilita ao participante da pesquisa seu posicionamento perante uma determinada questão, permitindo ao pesquisador, posteriormente, atribuir e apresentar suas conclusões segundo os graus de importância (hierarquizações) definidos pelo participante.

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. O modelo do questionário está no apêndice B. Depois de normalizar e ponderar, os subindicadores foram agregados através da aplicação de um cálculo aritmético, a fim de compor os indicadores, seguindo equação 9.

$$\mathrm{IND} = \sum_{i=0}^{N} \mathrm{Wi}.\,\mathrm{Si} \qquad (9)$$

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 por meio da equação 10 e, assim, elaborar o IMSB, aplicado nas sub-bacias I e II da Estrada Nova seguindo a metodologia de cálculo da equação 10.

$$\mathrm{IMSB} = \mathrm{IAA}.\,\mathrm{p1} + \mathrm{IES}.\,\mathrm{p2} + \mathrm{IDU}.\,\mathrm{p3} + \mathrm{IRS}.\,\mathrm{p4} + \mathrm{IS}.\,\mathrm{p5} \qquad (10)$$

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 que variou de péssimo a ótimo (Tabela 13). Esta metodologia é a recomendada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

- PNUD, tendo como referência o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, juntamente com a metodologia desenvolvida pelo Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais (SOUTO *et al.*, 1995) e utilizada no estudo de Oliveira (2014).

Tabela 13 – 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 chegado 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 OBTENÇÃO DOS SUBINDICADORES

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-bacia hidrográficas da Estrada Nova, já que a delimitação geográfica dos bairros não coincide com a das sub-bacias.

Além do mais, alguns ofícios não foram respondidos pelos órgãos competentes, mesmo ressaltando a importância dessa interação para o sucesso do estudo. Notou-se que importantes variáveis para a gestão municipal não apresentam monitoramento contínuo por meio de um banco de dados consolidado ou sistema de cadastro, uma vez que alguns dados são ainda obsoletos, além do que foram constatadas algumas divergências de informações entre os próprios órgãos.

Diante do exposto, optou-se por utilizar fontes secundárias – IBGE – e levantamentos *in loco* para confirmação e/ou obtenção deste tipo de variável. Vale ressaltar que os dados extraídos do IBGE foram estimados para o ano de 2018 a fim de respeitar a temporalidade das demais variáveis, uma vez que o último censo é do ano de 2010. Diante do exposto, na Tabela 14, pode-se observar a matriz de indicadores subdivida em subindicadores e suas respectivas variáveis, valores obtidos, bem como o órgão ou entidade correspondente.

Tabela 14– Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social da Sub-bacia I com seus respectivos subindicadores.

continua

INDICADOR	SUBINDICADOR	VARIÁVEIS	DADO	ÓRGÃO/ENTIDADE
Indicador de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas micromedidas na sub-bacia (und)	3.194	COSANPA
		Qtd de ligações ativas de água na sub-bacia (und)	5.352	COSANPA
	Consumo médio per capita	Vol. de água consumido na sub-bacia (m³)	132.333	COSANPA
		População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	36.213	IBGE*
	Atendimento urbano	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	36.213	IBGE*
		População total da sub-bacia (hab)	46.713	IBGE*
	Incidência das análises de Cloro Residual fora do padrão	Qtd de amostras de Cloro Residual fora do padrão na sub-bacia (und)	1	ARBEL
		Qtd de amostras de Cloro Residual analisadas na sub-bacia (und)	42	ARBEL
	Indicador de Incidência das análises de Turbidez fora do padrão	Qtd de amostras de Turbidez fora do padrão na sub-bacia (und)	4	ARBEL
		Qtd de amostras de Turbidez analisadas na sub-bacia (und)	42	ARBEL
	Indicador de Incidência das análises de Cor Aparente fora do padrão	Qtd de amostras de Cor Aparente fora do padrão na sub-bacia (und)	7	ARBEL
		Qtd de amostras de Cor Aparente analisadas na sub-bacia (und)	42	ARBEL
	Incidência das análises de *E. Coli* fora do padrão	Qtd de amostras de *E. Coli* fora do padrão na sub-bacia (und)	0	ARBEL
		Qtd de amostras de *E.Coli* analisadas na sub-bacia (und)	10	ARBEL
Indicador de Esgotamento Sanitário	População residente conectada a rede coletora de esgoto	População conectada a rede coletora de esgoto na sub-bacia (hab)	0	COSANPA
		População total da sub-bacia (hab)	46.713	IBGE*
	População residente servida por sistema individual	População servida por sistema individual na sub-bacia (hab)	20.262	IBGE*
		População total da sub-bacia (hab)	46.713	IBGE*
	Tratamento de esgoto	Vol. de esgoto tratado na ETE na área da sub-bacia (m³)	0	COSANPA
		Vol. de esgoto coletado na sub-bacia (m³)	0	COSANPA
	Extensão da rede de esgoto por ligação	Extensão da rede de esgoto na sub-bacia (m)	0	COSANPA
		Qtd de ligações total de esgoto na sub-bacia (und)	0	COSANPA/VISITA *in loco*

INDICADOR	SUBINDICADOR	VARIÁVEIS	DADO	ÓRGÃO/ENTIDADE
Indicador de Drenagem Urbana	Inundação/Alagamento	Qtd de pontos susceptíveis a alagamento na sub-bacia (und)	50	VISITA *in loco*
		Área total da sub-bacia (km²)	1,96	IBGE*
	Abrangência da rede de macrodrenagem implantada	Abrangência da sub-bacia com rede de macrodrenagem implantada (m/km²)	62	PROMABEM
		Área total da sub-bacia (km²)	1,96	IBGE*
	Abrangência da rede de microdrenagem implantada	Área da sub-bacia com rede de microdrenagem implantada (km²)	1,91	ESTIMADO
		Área total da sub-bacia (km²)	1,96	IBGE*
Indicador de Resíduos Sólidos	Geração per capita de resíduos sólidos	Qtd de resíduos sólidos gerados na sub-bacia no dia (kg)	34.848	SESAN
		População total da sub-bacia (hab)	46.713	IBGE*
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	Qtd de domicílios com coleta de resíduos sólidos na sub-bacia (und)	12.721	SESAN
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	13.074	IBGE*
Indicador Social	Residência fixa	Qtd de domicílios particulares permanentes na sub-bacia (und)	13.024	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	13.074	IBGE*
	Condições de moradia	Qtd de domicílios servidos com serviços públicos na sub-bacia (und)	12.527	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	13.074	IBGE*
	Domicílios próprios quitados ou financiados	Qtd de domicílios próprios quitados ou financiados na sub-bacia (und)	9.954	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	13.074	COSANPA
	Nível analfabetismo	Qtd de analfabetos na faixa etária de 15 anos ou mais na sub-bacia (hab)	1.648	IBGE*
		População na faixa de etária de 15 anos ou mais na sub-bacia (hab)	44.039	IBGE*

*Foram utilizados os dados do censo do IBGE (2010) como base para as estimativas do ano de 2018.

Fonte: autora (2020).

Tabela 15– Matriz de indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social da sub-bacia II com seus respectivos subindicadores.

continua

INDICADOR	SUBINDICADOR	VARIÁVEIS	VALOR	ÓRGÃO/ENTIDADE
Indicador de Abastecimento de Água	Hidrometração	Qtd de ligações ativas micromedidas na sub-bacia (und)	4.377	COSANPA
		Qtd de ligações ativas de água na sub-bacia (und)	11.200	COSANPA
	Consumo médio per capita	Vol. de água consumido na sub-bacia (m³)	264.106	COSANPA
		População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	82.971	IBGE*
	Atendimento urbano	População atendida por rede de distribuição de água na sub-bacia (hab)	82.971	IBGE*
		População total da sub-bacia (hab)	98.452	IBGE*
	Incidência das análises de Cloro Residual fora do padrão	Qtd de amostras de Cloro Residual fora do padrão na sub-bacia (und)	5	ARBEL
		Qtd de amostras de Cloro Residual analisadas na sub-bacia (und)	221	ARBEL
	Indicador de Incidência das análises de Turbidez fora do padrão	Qtd de amostras de Turbidez fora do padrão na sub-bacia (und)	3	ARBEL
		Qtd de amostras de Turbidez analisadas na sub-bacia (und)	221	ARBEL
	Indicador de Incidência das análises de Cor Aparente fora do padrão	Qtd de amostras de Cor Aparente fora do padrão na sub-bacia (und)	53	ARBEL
		Qtd de amostras de Cor Aparente analisadas na sub-bacia (und)	221	ARBEL
	Incidência das análises de *E. Coli* fora do padrão	Qtd de amostras de *E. Coli* fora do padrão na sub-bacia (und)	0	ARBEL
		Qtd de amostras de *E.Coli* analisadas na sub-bacia (und)	65	ARBEL
Indicador de Esgotamento Sanitário	População residente conectada a rede coletora de esgoto	População conectada a rede coletora de esgoto na sub-bacia (hab)	11.696	COSANPA
		População total da sub-bacia (hab)	98.452	IBGE*
	População residente servida por sistema individual	População servida por sistema individual na sub-bacia (hab)	58.576	IBGE*
		População total da sub-bacia (hab)	98.452	IBGE*
	Tratamento de esgoto	Vol. de esgoto tratado na ETE na área da sub-bacia (m³)	0	COSANPA
		Vol. de esgoto coletado na sub-bacia (m³)	22.936	COSANPA
	Extensão da rede de esgoto por ligação	Extensão da rede de esgoto na sub-bacia (m)	4.933	COSANPA
		Qtd de ligações total de esgoto na sub-bacia (und)	2.924	COSANPA/VISITA *in loco*

INDICADOR	SUBINDICADOR	VARIÁVEIS	VALOR	ÓRGÃO/ENTIDADE
Indicador de Drenagem Urbana	Inundação/Alagamento	Qtd de pontos susceptíveis a alagamento na sub-bacia (und)	59	VISITA *in loco*
		Área total da sub-bacia (km²)	4,00	IBGE*
	Abrangência da rede de macrodrenagem implantada	Área da sub-bacia com rede de macrodrenagem implantada (m/km²)	87	PROMABEM
		Área total da sub-bacia (km²)	4,00	IBGE*
	Abrangência da rede de microdrenagem implantada	Área da sub-bacia com rede de microdrenagem implantada (km²)	3,93	ESTIMADO
		Área total da sub-bacia (km²)	4,00	IBGE*
Indicador de Resíduos Sólidos	Geração per capta de resíduos sólidos	Qtd de resíduos sólidos gerados na sub-bacia no dia (kg)	72.460	SESAN
		População total da sub-bacia (hab)	98.452	IBGE*
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	Qtd de domicílios com coleta de resíduos sólidos na sub-bacia (und)	27.999	SESAN
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	29.427	IBGE*
Indicador Social	Residência fixa	Qtd de domicílios particulares permanentes na sub-bacia (und)	21.903	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	29.427	IBGE*
	Condições de moradia	Qtd de domicílios servidos com serviços públicos na sub-bacia (und)	19.272	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	29.427	IBGE*
	Domicílios próprios quitados ou financiados	Qtd de domicílios próprios quitados ou financiados na sub-bacia (und)	16.601	IBGE*
		Qtd total de domicílios na sub-bacia (und)	29.427	IBGE
	Nível de analfabetismo	Qtd de analfabetos na faixa etária de 15 anos ou mais na sub-bacia (hab)	1.674	IBGE*
		População na faixa de etária de 15 anos ou mais na sub-bacia (hab)	71.508	IBGE*

*Foram utilizados os dados do censo do IBGE (2010) como base para as estimativas do ano de 2018.

Fonte: autora (2020).

Chama-se atenção nas Tabelas 14 e 15 para as variáveis que compõe o indicador de esgotamento sanitário. Observa-se que na sub-bacia I não há rede de esgoto, enquanto na sub-bacia II há algumas poucas intervenções. Além disso, ressaltam-se os resultados obtidos para drenagem urbana, uma vez que a área de ambas as sub-bacias são contempladas com rede de microdrenagem, porém, há muitos pontos de alagamento Possivelmente, apesar de haver rede, a deficiência ou ausência de manutenção adequada do sistema permite a ocorrência de alagamentos e inundações, que, junto com a impermeabilização do solo oriundo da urbanização e ocupação das áreas de várzea, tendem a aumentar a magnitude desses fenômenos. Dessa forma, a eficiência do sistema de microdrenagem é necessária para criar condições razoáveis de circulação de veículos e pedestres na área urbana por ocasião de chuvas recorrentes.

Ainda com relação as Tabelas 14 e 15, observa-se que a variável população se repete em vários subindicadores. Assim, como não se obteve tal variável através dos órgãos públicos, optou-se por calculá-la, conforme descrito no item 1.2 do material e métodos. A Tabela 16 apresenta a abrangência, área de contribuição e população dos bairros que compõe as sub-bacias I e II da Estrada Nova para o ano base da pesquisa.

Tabela 16– Abrangência, área de contribuição e população dos bairros que compõe as sub-bacias I e II da Estrada Nova.

SUB-BACIA I			
Bairros	**Área de contribuição (km²)**	**% contribuição**	**População 2018 (hab)**
Cidade velha	0,16	12,72%	2.606
Jurunas	1,68	71,24%	39.084
Batista campos	0,15	10,51%	5.023
Total	**1,99**	-	**46.713**
SUB-BACIA II			
Jurunas	0,67	28,41%	29.941
Batista campos	0,78	54,66%	13.400
Condor	0,66	44,74%	21.141
Cremação	1,05	64,56%	24.411
Nazaré	0,62	40,97%	8.127
São Brás	0,13	7,61%	111
Total	**3,91**	**-**	**97.130**

Fonte: autora (2020).

Nota-se na Tabela 16 que as sub-bacias I e II são extensas territorialmente, além de populosas, uma vez que juntas correspondem a uma população na ordem de 143.843 habitantes. Como foi observado em visitas *in loco* (descrito na Etapa 1 do material e métodos), a área da BHEN é carente de saneamento básico, principalmente nos bairros periféricos (jurunas, condor e cremação). Na sub-bacia I, por exemplo, mais de 70% da área tem como contribuição o bairro

do jurunas, região de grande adensamento populacional. Observou-se *in loco* que várias famílias dividem a mesma casa, situação recorrente no bairro.

A sub-bacia II é maior territorialmente e tem o bairro da cremação como o de maior contribuição, porém, apesar do bairro do jurunas contribuir com apenas 28,41%, sua população de 29.941 é a que mais contribui na sub-bacia. Além do mais, há também a interferência de bairros nobres, como é o caso de batista campos e nazaré, que juntos são responsáveis por cerca de 36% da área da sub-bacia.

Assim, por meio de um sistema de indicadores para melhor visualização macro da problemática, a gestão municipal terá meios de realizar de forma mais assertiva suas intervenções na área. De posse do banco de dados foram calculados os subindicadores. Na Tabela 17 observa-se o resultado dos subindicadores de abastecimento de água das Sub-bacia Ie II da Estrada Nova.

Tabela 17– Resultado dos subindicadores de abastecimento de água das Sub-bacia Ie II da Estrada Nova.

INDICADOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
SUB-BACIA I		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Hidrometração	59,68	%
Consumo médio per capita	121,81	L/hab.dia
Atendimento urbano	77,52	%
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	2,38	%
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	9,52	%
Incidência das análises de cor aparente fora do padrão	16,67	%
Incidência das análises de *E.Coli* fora do padrão	0	%
SUB-BACIA II		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Hidrometração	39,08	%
Consumo médio per capita	106,10	L/hab.dia
Atendimento urbano	84,28	%
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	2,26	%
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	1,36	%
Incidência das análises de cor aparente fora do padrão	23,98	%
Incidência das análises de *E.Coli* fora do padrão	0	%

Fonte: autora (2020).

De acordo com a Tabela 17, observa-se que o subindicador de hidrometração nas sub-bacias varia entre 39 e 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 estudas 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 o fato de o Norte ser economicamente mais desfavorecido. Quanto as perdas na distribuição, Belém apresentou um valor elevado, de aproximadamente 40% (BRASIL, 2018).

Quanto ao atendimento urbano, 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 a 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, respectivamente.

Na Tabela 18 pode-se observar a quantidade de análises exigidas pela portaria, as realizadas e a porcentagem de atendimento das análises realizadas para ambas as sub-bacias.

Tabela 18– Quantidade de análises físico-químicas e bacteriológicas exigidas e realizadas, bem como o % de conformidade com a legislação vigente para os sistemas que abastecem as áreas das sub-bacias.

SISTEMA SÃO BRAS - REDE E RESERVATÓRIO															
MESES	**Nº ANÁLISES EXIGIDAS_PC05**					**Nº ANÁLISES REALIZADAS**					**% CONFORMIDADE_PC05**				
	CA	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***	**CA**	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***	**CA**	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***
JAN	32	109	109	109	109	11	11	11	0		34%	10%	10%	0%	0%
FEV	32	109	109	109	109	8	8	8	0	0	25%	7%	7%	0%	0%
MAR	32	109	109	109	109	10	10	10	0	0	31%	9%	9%	0%	0%
ABR	32	109	109	109	109	10	10	10	6	6	31%	9%	9%	6%	6%
MAI	32	109	109	109	109	9	9	9	0	0	28%	8%	8%	0%	0%
JUN	32	109	109	109	109	9	9	9	0	0	28%	8%	8%	0%	0%
JUL	32	109	109	109	109	11	11	11	0	0	34%	10%	10%	0%	0%
AGO	32	109	109	109	109	11	11	11	0	0	34%	10%	10%	0%	0%
SET	32	109	109	109	109	9	9	9	0	0	28%	8%	8%	0%	0%
OUT	32	109	109	109	109	12	12	12	2	2	38%	11%	11%	2%	2%
NOV	32	109	109	109	109	10	10	10	3	3	31%	9%	9%	3%	3%
DEZ	32	109	109	109	109	10	10	10	6	6	31%	9%	9%	6%	6%
MÉDIA 2018	**384**	**1308**	**1308**	**1308**	**1308**	**120**	**120**	**120**	**17**	**17**	**31%**	**9%**	**9%**	**1%**	**1%**
SISTEMA BOLONHA - REDE E RESERVATÓRIO															
MESES	**Nº ANÁLISES EXIGIDAS_PC05**					**Nº ANÁLISES REALIZADAS**					**% CONFORMIDADE_PC05**				
	CA	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***	**CA**	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***	**CA**	**TUR**	**CRL**	**CT**	***E.Coli***
JAN	71	258	258	258	258	5	5	5	0	0	7%	2%	2%	0%	0%
FEV	71	258	258	258	258	7	7	7	0	0	10%	3%	3%	0%	0%
MAR	71	258	258	258	258	5	5	5	5	5	7%	2%	2%	2%	2%
ABR	71	258	258	258	258	8	8	8	8	8	11%	3%	3%	3%	3%
MAI	71	258	258	258	258	11	11	11	4	4	15%	4%	4%	2%	2%
JUN	71	258	258	258	258	15	15	15	0	0	21%	6%	6%	0%	0%
JUL	71	258	258	258	258	8	8	8	0	0	11%	3%	3%	0%	0%
AGO	71	258	258	258	258	15	15	15	0	0	21%	6%	6%	0%	0%
SET	71	258	258	258	258	14	14	14	0	0	20%	5%	5%	0%	0%
OUT	71	258	258	258	258	23	23	23	22	22	32%	9%	9%	9%	9%
NOV	71	258	258	258	258	14	14	14	7	7	20%	5%	5%	3%	3%
DEZ	71	258	258	258	258	11	19	11	1	0	15%	7%	4%	0%	0%
MÉDIA 2018	**852**	**3096**	**3096**	**3096**	**3096**	**136**	**144**	**136**	**47**	**46**	**16%**	**5%**	**4%**	**2%**	**1%**

Nota: CA – Cor Aparente; TUR – Turbidez; CRL – Cloro Residual Livre; CT – Coliforme Total
Fonte: adaptado de ARBEL (2018)

Conforme pode-se observar na Tabela 18, os valores preconizados em Lei estão aquém do que de fato é realizado na prática. Segundo a concessionária, não há equipe nem recursos para um monitoramento mais próximo ao que prega a Portaria, atingindo, portanto, menos de 10% de atendimento para a sub-bacia I, com exceção de cor aparente que atingiu 39%, e conformidade entre 1% e 16% para sub-bacia II. Chama-se atenção para o fato de que a porcentagem de análises para monitoramento de *E.Coli* é muito baixa, uma vez que o atendimento é de apenas 1% do exigido.

Vale ressaltar que esse plano amostral realizado pela prestadora de serviços leva em consideração as populações dos sistemas de reservação e distribuição que abastecem as áreas em que as sub-bacias estão inseridas. A Portaria não define que seja realizado por bacia hidrográfica, porém, para um valor mais coerente com a realidade da pesquisa, teria que se levar em consideração a população das sub-bacias e realizar um plano amostral específico para essa área, a fim de realizar um controle mais efetivo.

Assim, quanto ao controle da qualidade da água, os valores fora do padrão para o ano de 2018 foram de 2,38%, 9,52%, 16,67% e 0% para cloro residual livre, turbidez, cor aparente e *E.Coli*, respectivamente, na sub-bacia I e 2,26%, 1,36%, 23,98% e 0% na sub-bacia II. A Portaria prevê que seja realizada recoleta em caso de resultados positivos para coliformes totais, em que ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

Para turbidez, a legislação traz metas progressivas para o atendimento do valor máximo permitido (VMP). Ao final do 4º ano após a publicação da Portaria, 95% das amostras coletadas devem atendem ao VMP. Entre os 5% (cinco por cento) das amostras que podem apresentar valores de turbidez superiores ao VMP estabelecido no art. 30, § 2º , o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser menor ou igual a 1,0 uT, para filtração rápida e menor ou igual a 2,0 uT para filtração lenta. Para o CRL, a meta é de 75% do número de análises obrigatórias. Observa-se, portanto, que os parâmetros obtidos para as sub-bacias não estão de acordo com a Portaria, uma vez que não atendem nem o requisito mínimo de amostras que devem ser coletadas.

A incidência de cor aparente e turbidez, confere a água uma estética desagradável, provavelmente as perdas no sistema de distribuição de água corrobora para tal incidência, uma vez que os vazamentos e ligações clandestinas, por exemplo, permitem que agentes externos entrem na rede de distribuição. Em Belém, o índice de perdas contabilizado é de aproximadamente 40% (COSANPA, 2018).

Quanto a esgotamento sanitário, os resultados estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19– Resultado dos subindicadores de esgotamento sanitário das sub-bacia I e II da Estrada Nova.

INDICADOR DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		
SUB-BACIA I		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
População residente conectada a rede coletora de esgoto	0	%
População residente servida por sistema individual	43,38	%
Tratamento de esgoto	0	%
Extensão da rede de esgoto por ligação	0	m/lig
SUB-BACIA II		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
População residente conectada a rede coletora de esgoto	11,9	%
População residente servida por sistema individual	59,50	%
Tratamento de esgoto	0	%
Extensão da rede de esgoto por ligação	1,69	m/lig

Fonte: autora (2020).

Segundo dados do SNIS (2018), 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%. Observa-se na Tabela 18 que 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 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 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, possivelmente explicado pelo o fato de quase 43% e 59,5% da população utilizar sistemas individuais (fossa séptica) no tratamento do efluente nas sub-bacia I e II, respectivamente. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – PNAD

(2019), a fossa séptica não ligada à rede geral alcançava 19,1% dos domicílios do País no ano de 2019, sendo que no Norte e Nordeste o percentual era de 42,9% e 30,7%, respectivamente. Para a capital Belém no ano de 2018, o valor é de 50% (IBGE 2018), ligeiramente inferior a sub-bacia I e superior a II.

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.

No que diz respeito aos subindicadores de resíduos sólidos, os resultados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20– Resultado dos subindicadores de resíduos sólidos das sub-bacia I e II da Estrada Nova.

INDICADOR DE RESÍDUO SÓLIDO		
SUB-BACIA I		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Geração per capita de resíduos sólidos	0,746	kg/hab.dia
Domicílios com coleta de resíduos sólidos	97,30	%
SUB-BACIA II		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Geração per capita de resíduos sólidos	0,736	kg/hab.dia
Domicílios com coleta de resíduos sólidos	95,15	%

Fonte: autora (2020).

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 20, 21, 22 e 23): 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.

Figura 20 – a) Disposição inadequada de resíduos sólidos na tv. Bom Jardim com a tv. Quintino Bocaiuva. b) Disposição inadequada de resíduos sólidos na Av. Generalissimo entre Fernando Guilhon e rua São Miguel.c) Disposição inadequada de resíduos sólidos na Av. Bernardo Sayão com rua dos Caripunas. d) Disposição inadequada de resíduos sólidos Av. Bernardo Sayão próximo a rua Fernando Guilhon.

Fonte: autora (2020).

Quanto ao subindicador "geração per capita de resíduos sólidos", obteve-se a quantidade média de resíduos gerados nas sub-bacia I e II por habitante no dia na ordem de 0,75 kg e 0,74 kg, respectivamente, o que implica em uma geração diária de 107, 89 toneladas de resíduos para duas áreas, valor bastante expressivo. Para atender a demanda da área, precisaria de uma abrangência efetiva de coleta dos resíduos, o que não se observou na prática.

Além do mais, segundo o Diagnóstico de Resíduos Sólidos do SNIS (BRASIL, 2018), Belém apresenta per capita na ordem de 1,32 kg/hab.dia, valor maior do que o obtido para as sub-bacias. Valores per capita de geração de RSU normalmente são menores em municípios de pequeno porte se comparados a grandes centros urbanos, o que se deve a essa produção ser comprovadamente dependente de condições demográficas e socioeconômicas (PISANI JUNIOR et al., 2018a). Apesar das sub-bacias pertencerem a capital Belém são locais com população de classe menos favorecida, o que pode explicar a geração per capita menor do que a média da capital.

Estudo realizado em Novo Horizonte no estado de São Paulo encontrou per capita na ordem de 0,70 kg/hab.dia ao realizar a caracterização dos resíduos sólidos urbanos da cidade. Foi realizado ainda uma avaliação socioeconômica do município (BRIGUENTI et al., 2017).

A gestão e o gerenciamento adequados dos resíduos produzidos pelas atividades antrópicas, merece especial destaque, uma vez que, estes, se não manejados de forma correta, constituem-se como agentes de potencial degradação para o funcionamento dos ecossistemas, devendo assim serem tratados com vistas à sustentabilidade ambiental (COSTA et al., 2017).

Quanto aos resultados dos subindicadores de drenagem urbana, observa-se os resultados obtidos na Tabela 21.

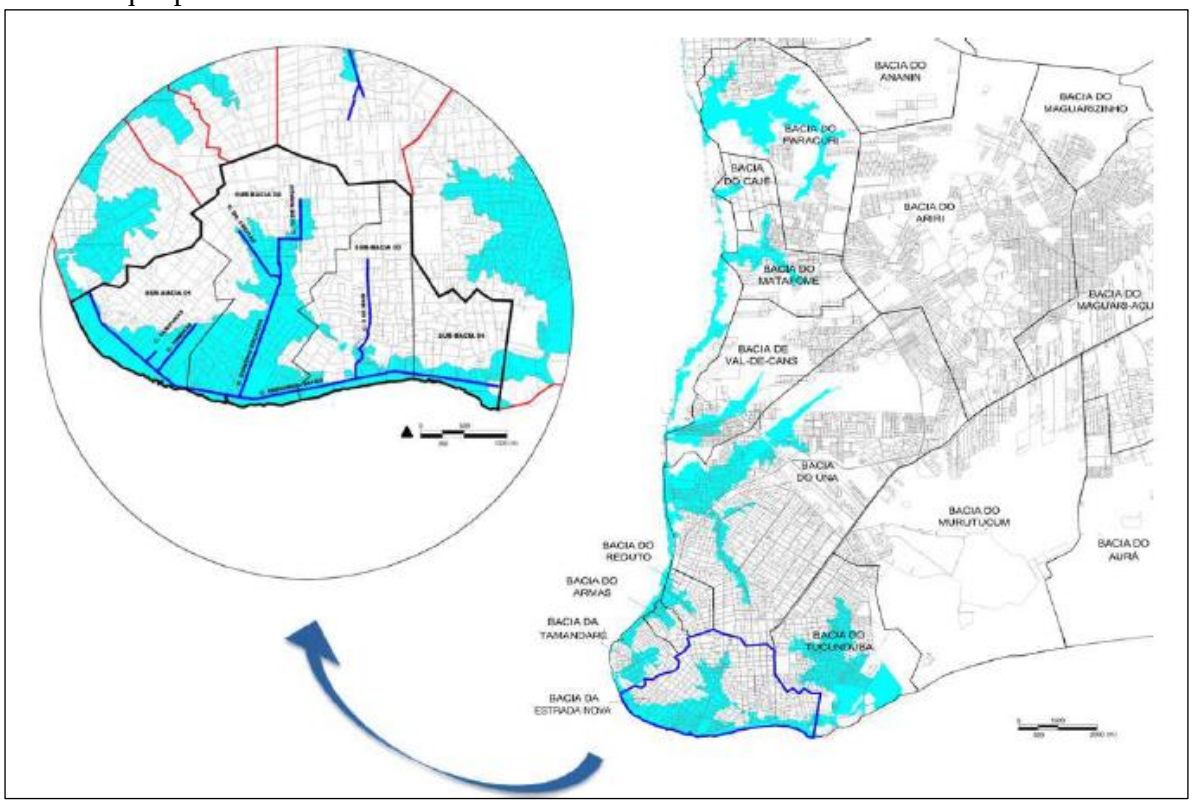
Tabela 21 – Resultado dos subindicadores de drenagem urbana das sub-bacias I e II da Estrada Nova.

INDICADOR DE DRENAGEM URBANA		
SUB-BACIA I		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Inundação/Alagamento	26	Pontos/km²
Abrangência da rede de macrodrenagem implantada	62	m/km²
Abrangência da rede de microdrenagem implantada	97	%
SUB-BACIA II		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Inundação/Alagamento	15	Pontos/km²
Abrangência da rede de macrodrenagem implantada	87	m/km²
Abrangência da rede de microdrenagem implantada	98	%

Fonte: autora (2020).

Grande parte das sub-bacias está localizada em área bastante susceptível a alagamento, uma vez que o local apresenta topografia com cota altimétrica inferior a 4m, conforme Figura 21, presente no estudo desenvolvido por Leão (2014) e confirmado *in loco.*

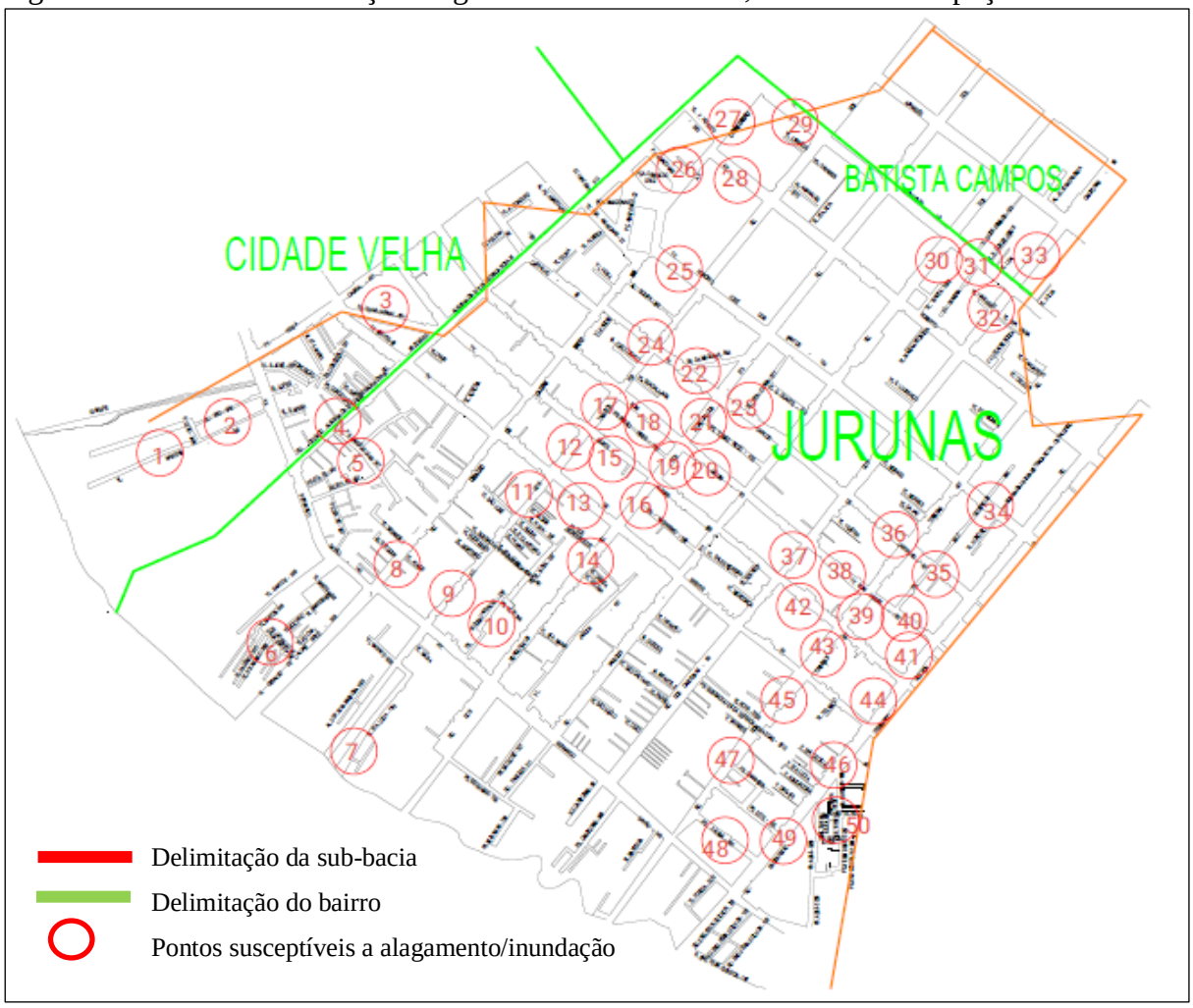
Figura 21 – Delimitação das bacias hidrográficas e áreas com cotas altimétricas abaixo de 4m com destaque para a Bacia da Estrada Nova.



Fonte: Leão (2014).

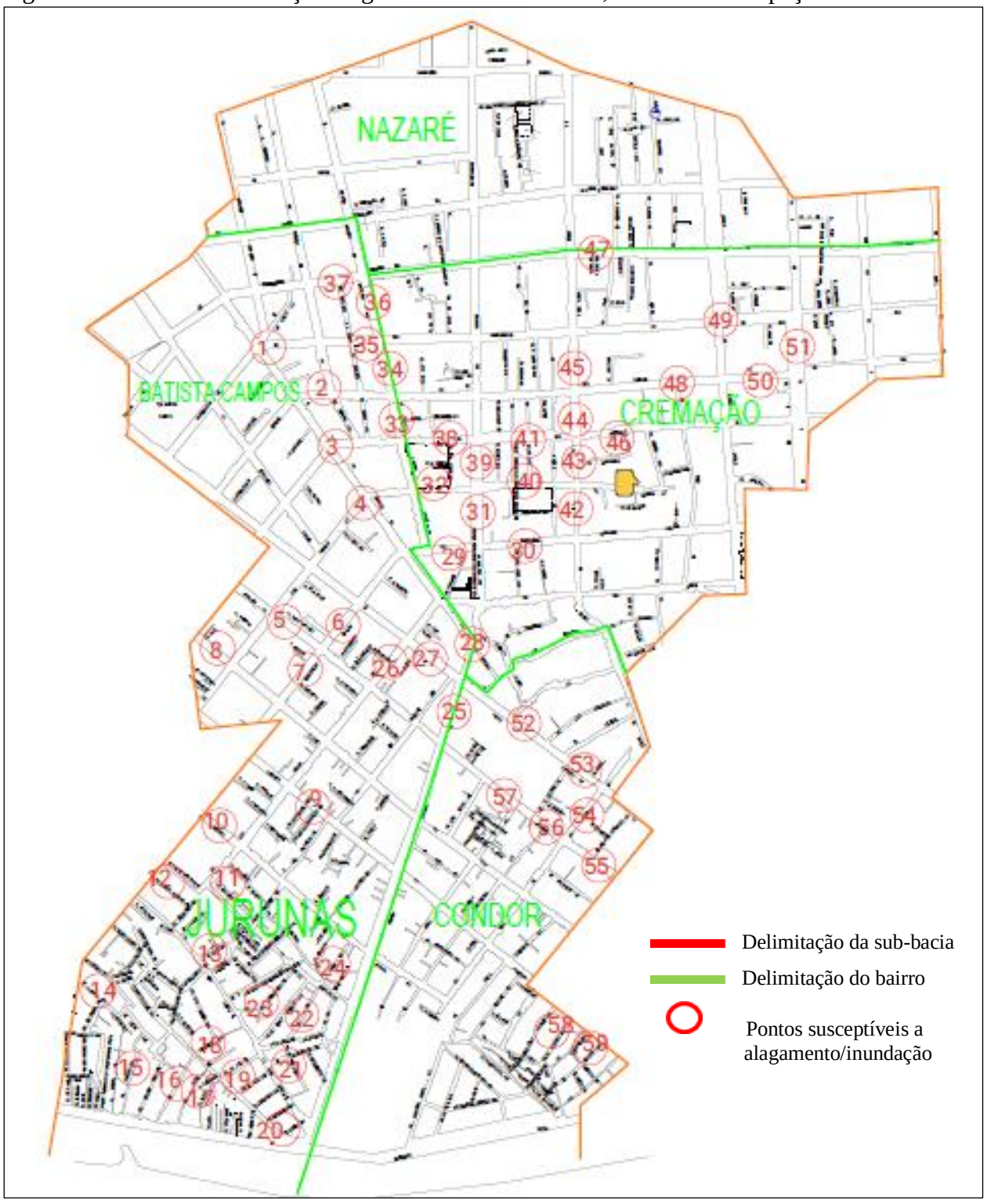
Além do mais, ambas as sub-bacias apresentam um sistema de drenagem ineficiente para a demanda da área e consequente transtorno para a população, principalmente nos meses em que as chuvas coincidem com maré alta, conforme observado também em visita *in loco*. As Figuras 22 e 23 apresentam os pontos de inundação/alagamento obtidos através de levantamento em campo (conforme detalhado no item 1.2 do material e métodos) nas sub-bacia I e II, respectivamente.

Figura 22– Pontos de inundação/alagamento na sub-bacia I, baseado em inspeção *in loco*.



Fonte: autora (2020).

Figura 23– Pontos de inundação/alagamento na sub-bacia II, baseado em inspeção *in loco.*



Fonte: autora (2020).

De acordo com as Figuras 21, 22 e 23 observa-se que 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 Ie 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 apresentada na Figura 21. 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 apresentadas na Figura 21. 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 chuvoso, conforme observa-se na Figura 24.

Figura 24 – a) Ponto de alagamento na tv. dos Tupinambás com rua dos Pariquis (Sub-bacia I) b)Tv. de Breves com rua dos Mundurucus (Sub-bacia I)

Fonte: autora (2020).

Figura 25 – Passagem Nazaré com rua dos pariquis (Sub-bacia II).b) Ponto de alagamento na Passagem Nazaré com rua dos Caripunas (Sub-bacia II)

Fonte: autora (2020).

Nota-se que a realidade que acomete as áreas das sub-bacias vai além de um transtorno ocasionado apenas por ineficiência do sistema de drenagem, uma vez que tal sistema está intimamente ligado ao sistema de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, sendo estes complementares e dependentes, já que o mau funcionamento de um pode gerar a ineficácia do outro, devido principalmente à má concepção e a falta de manutenção dos sistemas (CARNEIRO *et al.*, 2011).

Segundo estudo desenvolvido por Silva et al. (2016), a partir da análise da evolução do processo de uso e ocupação da BHEN, constatou que o adensamento urbano, principalmente nas margens dos canais, levou a alteração da sua fisionomia, uma vez que as medidas estruturais adotadas refletiram na mudança da forma e tamanho da seção transversal dos canais. Além disso, a canalização dos rios e impermeabilização da maior parte das vias resultou no redirecionamento dos fluxos hídricos da bacia, prejudicando o sistema hidrológico.

Nas Figuras 26 e 27 tem-se o resultado do levantamento das ruas sem pavimentação e, consequentemente, as áreas não contempladas com sistema de microdrenagem, uma vez que se tomou como referência que toda via pavimentada possuía microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo e outros dispositivos). Assim, ao extrair a área sem pavimentação e subtrair do todo, obteve-se a área de abrangência de microdrenagem de cada sub-bacia.

Figura 26 – Áreas sem microdrenagem na sub-bacia I.

Fonte: autora (2020).

Figura 27 – Áreas sem microdrenagem na sub-bacia II.

Fonte: autora (2020).

Observa-se que em ambas as sub-bacias as áreas sem pavimentação são poucas, conforme constatou-se também *in loco*. Entretanto, verificou-se que o desempenho dos sistemas de microdrenagem não cumpre de forma eficiente com o seu objetivo de escoar as águas pluviais, mostrando-se, em alguns casos, deteriorado. Observou-se problemas de manutenção nos dispositivos de drenagem e ainda que parte deles não foi projetada de maneira a atender a demanda da área. A ineficiência do sistema de microdrenagem na área das sub-bacias corrobora com o dado "pontos susceptíveis a inundação/alagamento" tanto para a sub-bacia I quanto para a II.

Quanto aos indicadores sociais, os resultados são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22– Resultado dos subindicadores sociais das sub-bacia I e II da Estrada Nova.

INDICADOR SOCIAL		
SUB-BACIA I		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Residência fixa	99,62	%
Condições de moradia	95,82	%
Domicílios próprios quitados ou financiados	76,14	%
Nível de analfabetismo	3,74	%
SUB-BACIA II		
Subindicador	**Valor Obtido**	**Unidade**
Residência fixa	74,43	%
Condições de moradia	65,49	%
Domicílios próprios quitados ou financiados	56,41	%
Nível de analfabetismo	2,34	%

Fonte: autora (2020).

Apesar do elevado percentual de residência fixa na sub-bacia I, a área revela grande adensamento horizontal de assentamentos precários, conforme Figura 28. A fragilidade das condições habitacionais também foi observada na área da sub-bacia II, onde as residências, principalmente na área periférica, não são salubres do ponto de vista sanitário.

Figura 28– Condições habitacionais de algumas residências localizadas na av. Bernardo Sayão.

Fonte: autora (2020).

Além disso, cerca de 52% das habitações do município de Belém são consideradas aglomerados subnormais (IPEA, 2015), 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 encontram-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. 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.

Quanto ao nível de analfabetismo dos moradores, notou-se um baixo percentual nas duas sub-bacias. Apesar de corresponder a menos de 4% em ambas, há a incidência de analfabetos entre a população acima de 15 anos.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE

5.2.1 NORMALIZAÇÃO E PONDERAÇÃO

Para normalizar os dados foi necessário, primeiramente, obter os limites inferiores e superiores de cada subindicador para posteriormente normaliza-los através da equação de *re-scaled value* apresentada no item 4.3 dos Materiais e Métodos. 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). Vale ressaltar que os valores extremos foram obtidos após a estratificação dos dados por setor censitário. Os resultados após a definição dos limites estão presentes na Tabela 23.

Tabela 23– Limite inferior e superior definido para as sub-bacias I e II.

INDICADOR	SUBINDICADOR	SUB-BACIA I		SUB-BACIA II		CRITÉRIO DE DELIMITAÇÃO
		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
IAA	Hidrometração	34%	100%	15%	100%	Estratificação; Dari (2015)
	Consumo médio per capita	110 L/hab.dia	254,9 L/hab.dia	110 L/hab.dia	254,9 L/hab.dia	ONU; SNIS (2018)
	Atendimento urbano	28%	100%	10%	100%	Estratificação; Dari (2015)
	Incidência de CRL fora do padrão	100%	0%	100%	0%	Portaria de consolidação nº 5 (2017)
	Incidência de turbidez fora do padrão	100%	0%	100%	0%	Portaria de consolidação nº 5 (2017)
	Incidência de cor aparente fora do padrão	100%	0%	100%	0%	Portaria de consolidação nº 5 (2017)
	Incidência de *E. Coli* fora do padrão	100%	0%	100%	0%	Portaria de consolidação nº 5 (2017)
IES	População residente conectada a rede coletora	0%	100%	0%	100%	Estratificação; PNQS (2012)
	População residente servida por sistema individual	16%	100%	45%	97%	Estratificação
	Tratamento de esgoto	0%	100%	0%	100%	Estratificação; PNQS (2012)
	Extensão da rede de esgoto por ligação	19,2 m/lig	5 m/lig	19,2 m/lig	5 m/lig	Lopes (2016).
IDU	Inundação/alagamento	50 pontos/km²	0 pontos/km²	25 pontos/km²	0 pontos/km²	Estratificação
	Abrangência da rede de macrodrenagem	0 m/km²	2.000 m/km²	0 m/km²	1.050 m/km²	Estratificação
	Abrangência da rede de microdrenagem	0%	100%	0%	100%	Estratificação
IRS	Geração per capita de resíduos sólidos	1,17 kg/hab.dia	0,27 kg/hab.dia	1,1 kg/hab.dia	0,24 kg/hab.dia	Estratificação
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	56%	100%	40%	100%	Estratificação
IS	Residência fixa	0%	98%	0%	92%	Estratificação
	Condições de moradia	0%	100%	0%	100%	Estratificação
	Domicílios próprios quitados ou financiados	0%	95%	1%	97%	Estratificação
	Nível de analfabetismo	8%	0%	6%	0%	Estratificação

Fonte: autora (2020).

Observa-se na Tabela 23 que, para a definição dos limites, levou-se em consideração tanto a análise baseada nos extremos obtidos pelo o conjunto dos dados, por meio da estratificação por setor censitário, como análise baseada em portarias e referências de literatura, obtendo, assim, as condições para normalização dos subindicadores através da metodologia de *re-scaled value*.

Para o subindicador hidrometração, utilizou-se como valor mínimo o obtido na estratificação das variáveis por setor censitário e para o valor máximo, considerou-se 100% (BRASIL, 2020), tendo em vista que este valor é estabelecido como meta aos prestadores de serviços, a fim de que atinjam a universalização do sistema.

Quanto ao consumo médio per capita, para valor mínimo foi utilizado o recomendado pela ONU, que estabelece a quantidade de água mínima para atender as necessidades básicas de uma pessoa, isto é, 110 L/hab.dia. Para valor máximo, foi utilizado o maior valor obtido para o ano de 2018 dentre as capitais do Brasil, que corresponde a um per capita de 254,9 L/hab.dia para o estado do Rio de Janeiro (SNIS, 2018).

Para o subindicador atendimento urbano, levou-se em consideração o valor mínimo obtido na estratificação dos dados para cada sub-bacia, valor obtido baseado na realidade da área no ano de 2018 e valor máximo o estabelecido como meta de universalização: 100%.

Quanto aos dados referentes a incidência de análises físico-químicas fora do padrão (Indicador de Abastecimento de Água), utilizou-se a referência de valor máximo e mínimo os preconizados pela a portaria de consolidação nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017). A Portaria de consolidação nº 5 do Ministério da Saúde preconiza que "é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)" e preconiza que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 5 mg/L.

Dessa forma, para a normalização desse subindicador, foi definido como limite inferior 100%, levando em consideração a hipótese de que todas as amostras analisadas apresentem resultados fora dos limites mínimo e máximo estabelecidos pela referida Portaria, e limite superior 0, considerando que todas as amostras analisadas apresentem resultados dentro dos limites mínimo e máximo estabelecidos pela Portaria. O mesmo raciocínio foi aplicado para as demais variáveis físico-químicas, ressaltando que o VMP para cor aparente é de 15 uC e 5uT para turbidez.

Quanto a incidência de *E.Coli* fora do padrão, a Portaria de Consolidação nº 5 (2017) apresenta uma tabela com o padrão microbiológico da água para consumo humano, em que para a água tratada e considerando pontos de coleta no sistema de distribuição, a norma recomenda ausência de coliformes totais em 100 mL em 95% das amostras analisadas no mês. Assim, considerou-se limite inferior igual a 100, considerando que todas as amostras analisadas no mês apresentem resultados positivos para presença de coliformes totais e, limite superior igual a 0, considerando que todas as amostras analisadas no mês apresentem resultados negativos para a presença de coliformes totais. Além do mais, admitiu-se como limite superior igual a 0, os casos

em que até 5% do total de amostras analisadas no mês apresentaram resultados positivos para *E.Coli*.

Tanto para o subindicador de população residente conectada a rede de esgoto, quanto para o tratamento de esgoto, levou-se em consideração o valor mínimo obtido no conjunto de dados de cada sub-bacia e valor máximo o considerado ideal estipulado na PNQS (BRASIL, 2012), valor de 100%. Já para o subindicador de população residente servida por um sistema individual, o limite inferior considerado foi obtido no conjunto de dados de cada sub-bacia, assim como o limite superior, enquanto que para o subindicador de extensão da rede de esgoto por ligação, considerou-se os limites proposto por Lopes (2016), 19,2 m/lig para limite inferior e 5 m/lig superior.

Para o subindicador de inundação/alagamento, considerou-se o valor mínimo e máximo obtido no conjunto de dados, já para abrangência de rede de microdrenagem, levou-se em consideração o mínimo obtido no conjunto de dados e o máximo o valor de 100%, levando em conta que o melhor cenário seria todas as ruas possuírem microdrenagem. Já para a abrangência da rede de macrodrenagem, obteve-se como valor mínimo e máximo o obtido no conjunto dos dados.

Quanto a geração per capita de resíduos sólidos, levou-se em consideração as faixas de valores máximos e mínimos obtidas na estratificação dos dados, uma vez que se mostraram congruentes, por isso adotou-se esse critério. Com relação aos domicílios com coleta de resíduos sólidos, utilizou-se também os valores extremos do conjunto de dados, bem como para os subindicadores do Indicador Social, uma vez que existem áreas pequenas do setor censitário que abrangem apenas alguns quarteirões e em algumas dessas áreas, não há incidência de residência fixa, por exemplo, ao passo que em outros setores censitários há em toda a abrangência da área.

Após a definição dos limites, os dados foram normalizados conforme equação apresentada no item 4.3, tornando-os adimensionais, dentro de uma escala de 0 a 100, ressaltando que quanto mais próximo de 100, melhor a situação do subindicador. Os resultados estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 24– Síntese dos valores normalizados de cada subindicador

INDICADOR	SUBINDICADOR	VALOR NORMALIZADO	
		SUB-BACIA I	SUB-BACIA II
IAA	Hidrometração	39	28
	Consumo médio per capita	8	3
	Atendimento urbano	69	83
	Incidência de CRL fora do padrão	98	98
	Incidência de turbidez fora do padrão	100	99
	Incidência de cor aparente fora do padrão	100	76
	Incidência de *E. Coli* fora do padrão	100	100
IES	População residente conectada a rede coletora	0	12
	População residente servida por sistema individual	33	28
	Tratamento de esgoto	0	0
	Extensão da rede de esgoto por ligação	0	100
IDU	Inundação/alagamento	49	41
	Abrangência da rede de macrodrenagem	62	87
	Abrangência da rede de microdrenagem	97	98
IRS	Geração per capita de resíduos sólidos	47	42
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	94	92
IS	Residência fixa	100	81
	Condições de moradia	100	65
	Domicílios próprios quitados ou financiados	80	58
	Nível de analfabetismo	53	61

Fonte: autora (2020).

Ressalta-se que os valores normalizados variaram em uma escala de 0 a 100, onde o máximo valor (cem) está vinculado ao melhor desempenho, enquanto o valor mínimo (zero) indica uma pior situação, seguindo o modelo proposto do *Environmental Performance Index* exposto no estudo de Böhringer & Jochem (2007).

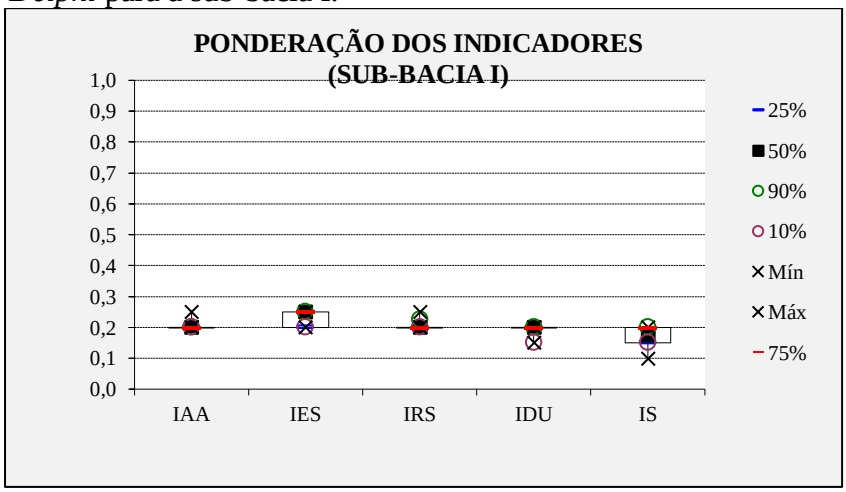
Na Tabela 24, chama-se atenção para o fato de que entre os resultados apresentados, os piores desempenhos, de maneira geral, foram dos subindicadores que compõe o IES, uma vez que todos os subindicadores da sub-bacia I atingiram o valor mínimo da escala, exceto "população residente servida por sistema individual". Com relação ao melhor desempenho, mais de 70% dos subindicadores que compõe o IAA de ambas as sub-bacias apresentaram resultados superiores a 50, entretanto, chama-se atenção para os valores dos subindicadores referentes a qualidade da água distribuída, uma vez que apesar dos resultados se mostrarem satisfatórios, a companhia não cumpre com o mínimo de amostras exigidas para a análise, logo, os resultados estão baseados nas poucas amostras realizadas.

Com relação ao IDU pode-se destacar que dentre os subindicadores, o de abrangência de microdrenagem apresentou o melhor desempenho para as duas sub-bacias, porém, o subindocador trata de abrangência do sistema e não de eficiência. Já com relação ao IRS, observa-

se um alto valor com relação aos domicílios com coleta de resíduos sólidos nas sub-bacias. Cabe a observação de que não foi levado em consideração a frequência da coleta. Com relação ao IS, os melhores desempenhos foram para os subindicadores “residência fixa” e “condições de moradia”, atingindo o valor máximo.

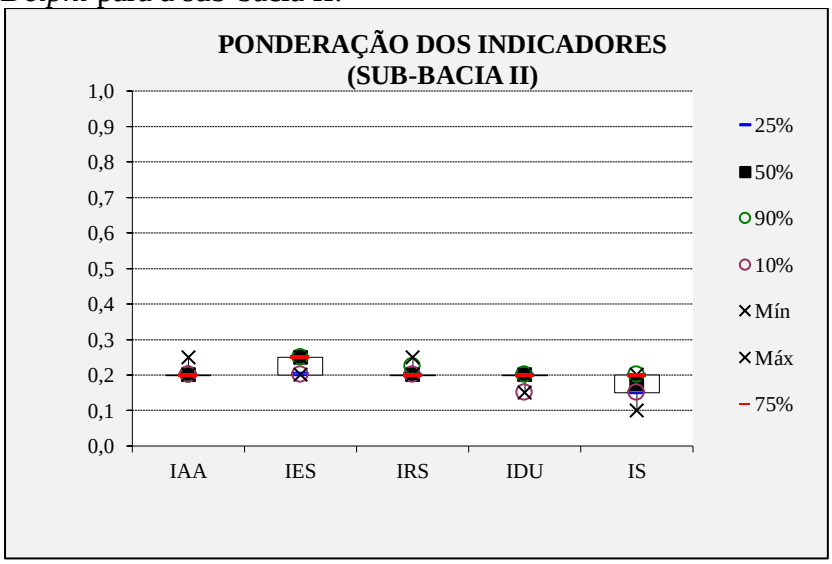
Quanto a ponderação, tanto os indicadores quanto os subindicadores foram ponderados através do método Delphi, que contou com o *feedback* de 80% dos especialistas na segunda rodada. O tipo de análise estatística realizada foi através de análise de mediana e quartis, uma vez recomendado na literatura (TEIXEIRA, 2017) para questões que utilizam escalas de valores.

Figura 29– Ponderação dos indicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia I.



Fonte: autora (2020).

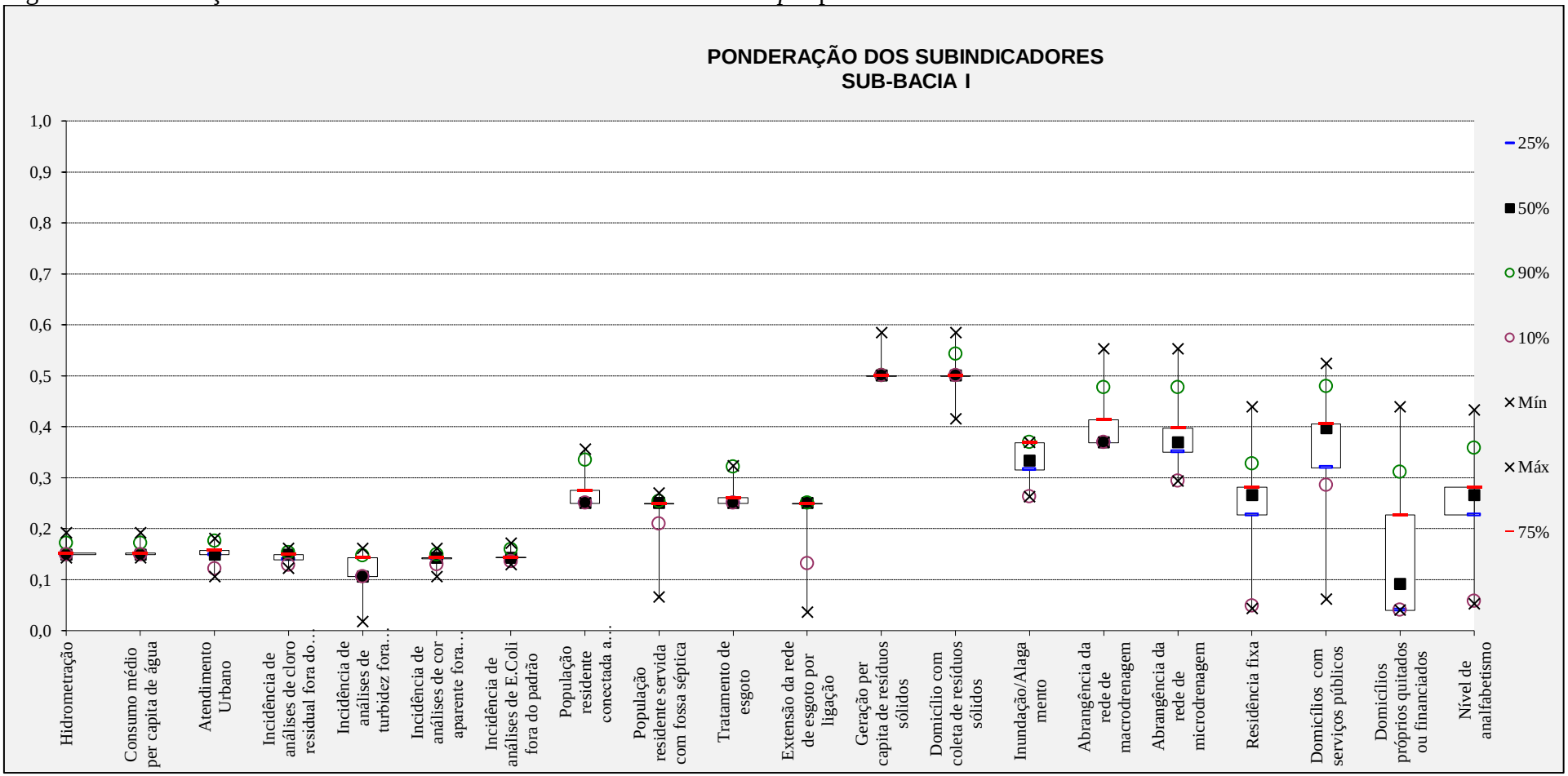
Figura 30– Ponderação dos indicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia II.



Fonte: autora (2020).

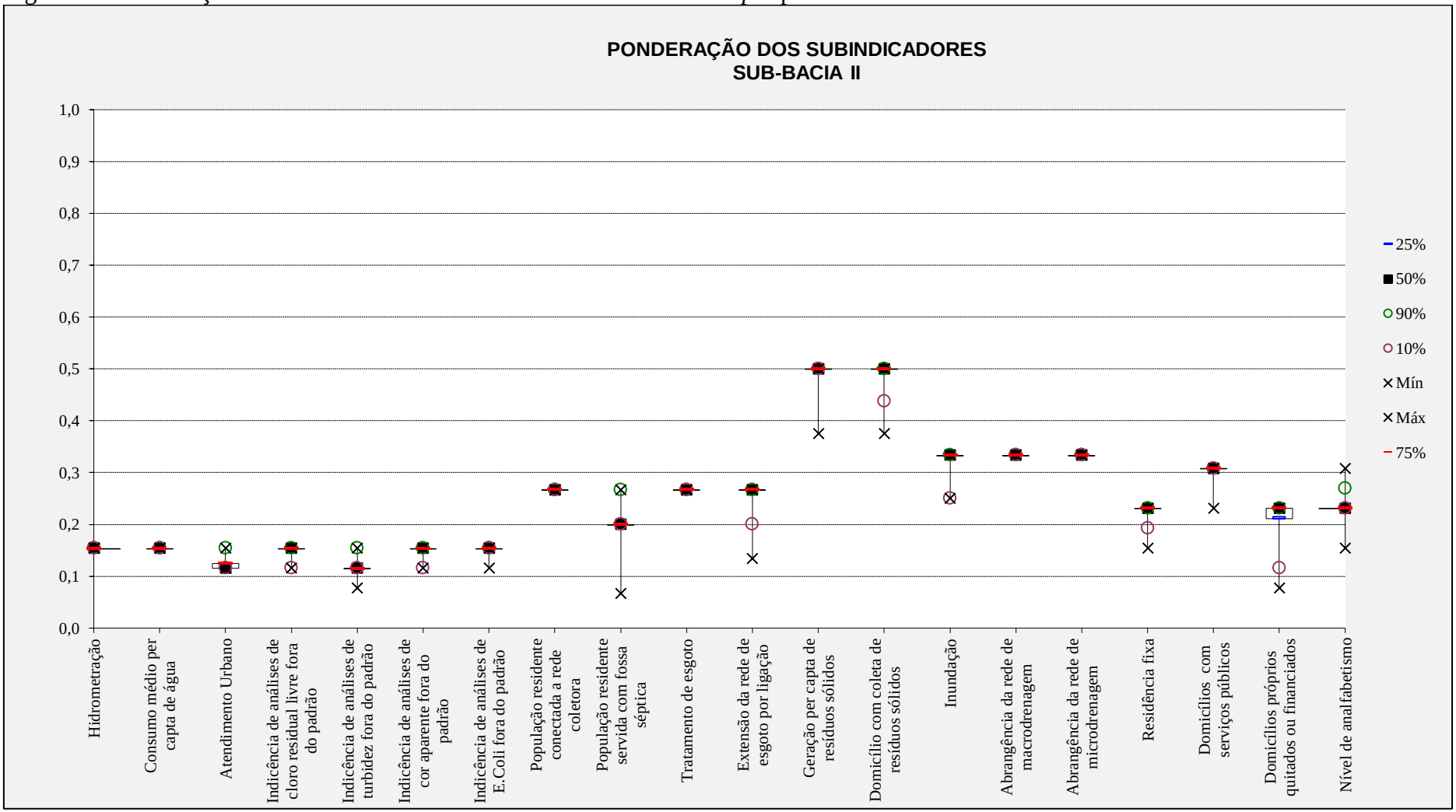
Conforme pode-se observar nos gráficos *boxplots* das Figuras 29 e 30, em ambas as sub-bacias cerca de 50% da ponderação dos indicadores concentrou-se em valores inferiores a 0,3 sem grandes variações de valores máximos e mínimos. Os pesos médios obtidos para a Sub-bacia I foram iguais aos da sub-bacia II, isto é: 0,20 para o IAA; 0,23 para o IES; 0,21 para o IRS; 0,19 para o IDU e 0,17 para o IS. Nas Figuras 31 e 32, pode-se observar os gráficos *box plots* da ponderação dos subindicadores obtidos através do método *Delphi* para as sub-bacias I e II, respectivamente.

Figura 31– Ponderação dos subindicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia I.



Fonte: autora (2020).

Figura 32– Ponderação dos subindicadores obtidos através do método *Delphi* para a sub-bacia II.



Fonte: autora (2020).

Os gráficos das Figuras 31 e 32 mostram que as respostas dos especialistas tiveram mais variação em alguns subindicadores da sub-bacia I do que na II, como é o caso do subindicadores que compões os indicadores de drenagem urbana e social, conforme observa-se na Figura 31, enquanto que na Figura 32 não se observa amplitude considerável no gráfico de *box plot*, exceto nos valores máximos e mínimos. Vale destacar que essas variações significativas nos valores de ponderação dos subindicadores se devem ao fato de haver algumas divergências no posicionamento dos especialistas ao responderem os questionários *Delphi*.

Na Tabela 25 pode-se observar a síntese dos valores ponderados para cada subindicador.

Tabela 25– Síntese dos resultados da ponderação dos subindicadores para as sub-bacias I e II.

INDICADOR	SUBINDICADOR	PONDERAÇÃO	
		SUB-BACIA I	SUB-BACIA II
IAA		0,20	0,20
	Hidrometração	0,15	0,15
	Consumo médio per capita	0,15	0,15
	Atendimento urbano	0,14	0,13
	Incidência de CRL fora do padrão	0,14	0,15
	Incidência de turbidez fora do padrão	0,13	0,13
	Incidência de cor aparente fora do padrão	0,15	0,14
	Incidência de *E. Coli* fora do padrão	0,14	0,15
IES		0,23	0,23
	População residente conectada a rede coletora	0,26	0,27
	População residente servida por sistema individual	0,24	0,22
	Tratamento de esgoto	0,26	0,27
	Extensão da rede de esgoto por ligação	0,24	0,24
IDU		0,21	0,21
	Inundação/alagamento	0,33	0,32
	Abrangência da rede de macrodrenagem	0,35	0,34
	Abrangência da rede de microdrenagem	0,32	0,34
IRS		0,19	0,19
	Geração per capita de resíduos sólidos	0,5	0,5
	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	0,5	0,5
IS		0,17	0,17
	Residência fixa	0,24	0,23
	Condições de moradia	0,30	0,30
	Domicílios próprios quitados ou financiados	0,21	0,22
	Nível de analfabetismo	0,25	0,25

Fonte: autora (2020).

Conforme observa-se nos resultados apresentados na Tabela 25, os pesos obtidos para a sub-bacia I foram bastante similar aos da sub-bacia II, possivelmente pela semelhança das características de ambas. Ao serem julgadas pelos painéis de especialistas selecionados na

pesquisa, não houve distinção significativa entre as áreas. A próxima etapa foi agrupar os dados através de uma soma ponderada, a fim de se calcular os indicadores de cada sub-bacia.

5.2.2 CÁLCULO DOS INDICADORES

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 (2016), Buckley (2010). Dessa forma, foi formulada uma equação para cada indicador levando e consideração os pesos obtidos por meio da metodologia *Delphi*. As equações que foram formuladas, bem como os resultados obtidos são apresentados na Tabela 26. Vale ressaltar que o resultado gerado para os indicadores são valores adimensionais, uma vez que passaram pelo o processo de normalização para atingir tal finalidade de cálculo.

Tabela 26– Resultado dos indicadores das sub-bacias I e II.

SUB-BACIA I		
INDICADOR (SIGLA)	**METODOLOGIA DE CÁLCULO**	**RESULTADO**
IAA	$IAA = 0{,}15.SI_{HID} + 0{,}15.SI_{CPC} + 0{,}14.SI_{ATU} + 0{,}14.SI_{CRL} + 0{,}13.SI_{TURB} + 0{,}15.SI_{CAP} + 0{,}14.SI_{ECL}$	72
IES	$IES = 0{,}26.SI_{PRC} + 0{,}24.SI_{PSI} + 0{,}26.SI_{TES} + 0{,}24.SI_{ERE}$	8
IRS	$IRS = 0{,}5.SI_{GPR} + 0{,}5.SI_{DCR}$	70
IDU	$IDU = 0{,}33.SI_{INU} + 0{,}35.SI_{RMA} + 0{,}32.SI_{RMI}$	69
IS	$IS = 0{,}24.SI_{RFX} + 0{,}3.SI_{CMO} + 0{,}21.SI_{DPQ} + 0{,}25.SI_{NAN}$	84
SUB-BACIA II		
INDICADOR (SIGLA)	**METODOLOGIA DE CÁLCULO**	**RESULTADO**
IAA	$IAA = 0{,}15.SI_{HID} + 0{,}15.SI_{CPC} + 0{,}13.SI_{ATU} + 0{,}15.SI_{CRL} + 0{,}13.S\,I_{TURB} + 0{,}14.SI_{CAP} + 0{,}15.SI_{ECL}$	68
IES	$IES = 0{,}27.SI_{PRC} + 0{,}22.SI_{PSI} + 0{,}27.SI_{TES} + 0{,}24.SI_{ERE}$	33
IRS	$IRS = 0{,}5.SI_{GPR} + 0{,}5.SI_{DCR}$	67
IDU	$IDU = 0{,}32.SI_{INU} + 0{,}34.SI_{RMA} + 0{,}34.SI_{RMI}$	76
IS	$IS = 0{,}23.SI_{RFX} + 0{,}3.SI_{CMO} + 0{,}22.SI_{DPQ} + 0{,}25.SI_{NAN}$	66

Fonte: autora (2020).

Observa-se na Tabela 26 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 o 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 o 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.

5.2.3 CÁLCULO DO ÍNDICE

Foram calculados dois índices distintos, um aplicado na sub-bacia I da BHEN e outro na II, seguindo a equação 11. Vale destacar que os pesos obtidos através da metodologia *Delphi* para cada indicador são os mesmos para ambas as sub-bacias. Possivelmente por serem áreas inseridas em contextos semelhantes, os especialistas não fizeram distinção significativa entre elas. Por esse motivo, foi formulada uma única equação para atender as duas áreas do estudo.

$$\mathrm{IMSB} = \mathrm{IAA}.0{,}20 + \mathrm{IES}.0{,}23 + \mathrm{IDU}.0{,}21 + \mathrm{IRS}.0{,}19 + \mathrm{IS}.0{,}17 \qquad (11)$$

Não foi encontrado nenhum trabalho científico realizado nas sub-bacias I e II da Estrada Nova com a proposta de gerar um índice para ser utilizado a nível de comparação nesta pesquisa. Na literatura encontrada, observou-se diversas variações da formulação do índice para expressar a realidade estudada, alguns utilizaram critérios arbitrários, tanto no método de escolha dos indicadores como dos pesos, foi o caso de Buckley (2010).

Buckley (2010) desenvolveu um índice para traduzir as condições de saneamento em empreendimentos do programa de arrendamento residencial em Aracajú/Sergipe, selecionando os seguintes indicadores: indicador de abastecimento de água (Iab), indicador de

esgotamento sanitário (Ies), indicador de resíduos sólidos (Irs), indicador de controle de vetores (Icv), indicador de espaço público (Iep), indicador de condições de moradia (Icm), indicador de satisfação com a moradia (Ism), indicador de efeitos sobre o entorno (Iee), conforme equação 12.

$$\mathrm{ISA/AJ} = \mathrm{Iab}.0{,}15 + \mathrm{Ies}2.0{,}15 + \mathrm{Irs}.0{,}10 + \mathrm{Icv}.0{,}10 + \mathrm{Iep}.0{,}10 + \mathrm{Icm}.0{,}15 + \mathrm{Ism}.0{,}10 + \mathrm{Iee}.0{,}15 \quad (12)$$

Observou-se também o uso da arbitrariedade para escolha de indicadores e pesos em planos municipais de saneamento, a exemplo do PMSB/Florianópolis (2011) e do PMSB/Forquilhinha (2011). Já Oliveira (2014) escolheu os indicadores de forma arbitrária e para determinar o peso, utilizou o método Delphi, conforme realizado nessa pesquisa. Pode-se perceber ainda que o índice foi aplicado em estudos com diferentes finalidades. Menezes (2007), aplicou o índice para comparar comunidades carentes a fim de comparação com comunidades padrão, enquanto que Santos (2016) utilizou a formulação para traduzir as condições de saneamento da sede municipal de Brejo Grande/SE e para isso fez uso do indicador de abastecimento de água (Iab), esgotamento sanitário (Ies), resíduos sólidos (Irs), drenagem urbana (Idu) e saúde pública (Isp), conforme equação 13.

$$\mathrm{ISA} = \mathrm{Iab}.0{,}25 + \mathrm{Ies}.0{,}25 + \mathrm{Irs}.0{,}25 + \mathrm{Idu}.0{,}10 + \mathrm{Isp}.0{,}15 \quad (13)$$

Assim, no levantamento da literatura científica apresentada, observou-se diferentes variações da formulação do Índice de Salubridade Ambiental, conforme necessidade e objetivo de cada estudo. Na presente pesquisa, apesar da equação da sub-bacia I e II ser a mesma devido aos pesos, os valores dos indicadores foram distintos para cada uma, assim, o valor do IMSB também variou, devido as diferenças nos valores dos indicadores, conforme apresentado na Tabela 27.

Tabela 27– Resultado dos indicadores da sub-bacia I e II.

CÁLCULO DO ÍNDICE				
SUB-BACIA I				
INDICADOR	**VALOR DO INDICADOR**	**PESO (DELPHI)**	**IMSB DA SUB-BACIA I**	**CLASSIFICAÇÃO**
IAA	72	0,20	**59**	**REGULAR**
IES	8	0,23		
IRS	70	0,21		
IDU	69	0,19		
IS	84	0,17		
SUB-BACIA II				
INDICADOR	**VALOR DO INDICADOR**	**PESO (DELPHI)**	**IMSB DA SUB-BACIA II**	**CLASSIFICAÇÃO**
IAA	68	0,20	**61**	**BOM**
IES	35	0,23		
IRS	67	0,21		
IDU	76	0,19		
IS	66	0,17		

Fonte: autora (2020).

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 que 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, conforme pode-se observar na Tabela 27.

A exemplo do 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.

Colina (2018) também utilizou os subindicadores de cobertura de atendimento e qualidade da água distribuída para gerar o IAA e obteve valores na faixa de 38 pontos na escala de 0 a 100. O valor obtido foi menor do que o encontrado nesse estudo devido aos critérios utilizados. O autor optou por admitir a pontuação 0 para todas as análises de qualidade de água, uma vez que estão aquém do preconizado pela portaria. Nesse estudo, foi levada em

consideração as análises realizadas, uma vez que a Agência Reguladora do município também trabalha dessa forma.

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 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”.

Ainda com relação a *hipótese A*, uma outra estratégia utilizada para elevar o índice foi de interferir no IAA e IES. Para isso, traçou-se uma meta mais ousada, porém, possível de ser

atingida com estratégia e planejamento por parte dos órgãos competentes. Para isso, elevou-se os subindicadores de IAA (“hidrometração” e “atendimento urbano”) em 20% cada, além de aumentar em 10% o subindicador do IES (“população conectada a rede coletora”), que hoje é de 0%, bastante deficiente, evidenciando a necessidade de intervenção de cobertura do sistema na área da sub-bacia I para que possa atender a demanda dos seus habitantes.

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.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De maneira geral o IMSB atende a proposta de elaboração de um índice para acompanhar as condições de saneamento básico das sub-bacias I e II da Estrada Nova – Belém/PA, sendo uma proposta metodológica que pode servir para auxiliar prefeituras municipais no diagnóstico e acompanhamento das condições de saneamento no município.

Entretanto, vale ressaltar que durante o desenvolvimento do trabalho algumas limitações foram encontradas, principalmente na aquisição de dados, isso porque alguns desses dados não são quantificados pelos órgãos competentes. 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 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. Alguns fatores corroboraram para esses resultados, tais como:

- Quanto ao IAA, observou-se um baixo valor de hidrometração na sub-bacia II (aproximadamente 39%), foi o que possivelmente contribuiu para baixar o IMSB nessa sub-bacia;
- Quanto ao IES, este se mostrou ser um dos maiores problemas na sub-bacia I, uma vez que não há cobertura de esgoto na região, podendo incidir diretamente na qualidade da água da área. Além do mais, o IES apresentou um valor baixo, na ordem de 8 (dentro de uma escala de 0 a 100), ressaltando que quanto mais próximo de zero, pior o indicador. Como o IES teve o maior peso (0,23) dentre os indicadores através da metodologia *Delphi* de ponderação, isso contribuiu para baixar o valor do IMSB. Na sub-bacia II, notou-se presença de rede em algumas regiões, o que elevou o índice, porém, a inexistência do tratamento contribuiu para que o IMSB não fosse mais elevado;
- Quanto ao IRS, 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. O alto valor dos subindicadores e

consequentemente dos próprios indicadores, contribuiu para um ligeiro aumento no IMSB. Porém, deve ser levada em consideração a fragilidade do dado, uma vez que a informação fornecida pelo órgão competente diverge da realidade;

- Quanto ao IDU, observa-se uma boa cobertura de rede de microdrenagem, porém, elevado valor de "pontos susceptíveis a inundação/alagamento" tanto para a sub-bacia I quanto para a II. Como não se levou em consideração a eficiência do sistema e sim a abrangência de rede, possivelmente os sistemas de microdrenagem não cumprem com o seu objetivo de escoar as águas pluviais, possivelmente por problemas de manutenção nos dispositivos de drenagem ou por não ter sido projetado de maneira a atender a demanda das áreas.
- Quanto ao IS, apesar do elevado percentual de residência fixa na sub-bacia I, a área revela grande adensamento horizontal de assentamentos precários. O mesmo acometeu o subindicador de condições de moradia, uma vez que foi levado em consideração o fato da área ser atendida ou não com algum serviço público (seja abastecimento de água, energia elétrica, dentre outros), sem abranger a qualidade com que esses serviços são prestados.

Diante desse cenário, acredita-se que seja importante incluir novos subindicadores que expressem a qualidade dos serviços prestados a fim de corroborar com uma análise mais congruente com a realidade, além de complementar a avaliação dos originalmente propostos, uma vez que há regiões que apresentam cobertura do serviço, porém, de forma ineficiente.

Com relação a apresentação e layout dos resultados gerados, sugere-se que os subindicadores sejam apresentados por setor censitário, realizando-se, para isso um recorte por geoprocessamento, em que possa observar quais as áreas mais vulneráveis através de uma escala de cor. Devido as limitações da pesquisa – questão financeira para confecção de mapas e prazo – não foi possível fazer esse tipo de análise, porém, considera-se bastante enriquecedora essa forma de apresentação dos resultados.

Recomenda-se ainda uma análise de sensibilidade através de uma regressão linear, a fim de melhorar a transparência do índice e ajustar os pesos que agregaram os indicadores, comparando com os resultados de ponderação obtidos nesse estudo. Além do mais, servirá para validar o índice proposto.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, H. *et al*. **Indicadores de Desempenho Para Serviços de Abastecimento de Água**. Lisboa: LNEC, 2004. Série Guias Técnicos.

ALEGRE, H. *et al*. **Performance Indicators For Water Supply Services**. 2nd. ed. Londres: IWA Publishing, 2006.

BATISTA, M. E. M.; SILVA, T. C. da. **O modelo ISA/JP – indicador de performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano**. Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 11. n. 1. Rio de Janeiro. p. 55-64, 2006.

BECKER, W. *et al.* **Weights and importance in composite indicators: closing the gap**. Ecological Indicators, v. 80, p. 12-22, 2017

BORJA, Patrícia C. **Avaliação da qualidade ambiental urbana: uma contribuição metodológica**. 1997. 188 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997.

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.

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.

BRASIL**. Projeto de Lei nº 3.261 junho de 2019.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei do Saneamento Básico), para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília-DF, 2019.

CARDOSO, E. R.; MELO, A. S. S. A.; DALFOVO, W. C. T. **Municipalização plena dos serviços de saneamento básico em Mato Grosso: efeitos e condições de desempenho**. In: Encontro Nacional de Economia, 43. Anais... Florianópolis, SC: ANPEC, 2015.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. Signus Editora. São Paulo, 2000.

DINIZ, M. F. A. **Governança da água: uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos** de 2002, 2007 e 2012. Dissertação de Mestrado em Economia. Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 75p., 2016.

DUTRA, V. A.; GONÇALVES, P. V. B.; CAMPOS, M. V. A. **Saneamento em áreas urbanas na amazônia: aplicação do sistema de indicadores PEIR.** Revista gestão e sustentabilidade ambiental. Ano: 2018 DOI:10.19177/rgsa.v7e22018652-671

FRAINER, D. M.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; CASTELÃO, R. A. **Uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável aos municípios do estado de Mato Grosso do Sul**.

FREITAS, M.; RAMOS, A. V.; NOGUEIRA A. **Indicadores de Avaliação do Desempenho na Gestão da SST em Sistemas Multimunicipais de Água e Saneamento em Portugal - Estudo de Caso.** *Instituto Politécnico de Tecnologia e Gestão, Vila Nova de Gaia, Portugal, ISLA* – Cadernos de Engenharia de Seguran**ç**a, Qualidade e Ambiente *CESQUA, 2018, No.1, pp.141-153*

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

GAN, X. *et al.* **When to use what: methods for weighting and aggregating sustainability indicators**. Ecological Indicators, v. 81, p. 491-502, 2017.

GUZM'N, P.C., RODERS, A.R.P., COLENBRANDER, B.J.F. **Measuring links between cultural heritage management and sustainable urban development: an overview of global monitoring tools**. Cities 60, 192–201, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**, Rio de Janeiro, Brasil, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais - Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2018.

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

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.

KOURTIT, K; NIJKAMP, P. **Big data dashboards as smart decision support tools for i-cities – An experiment on Stockholm Land.** Use Policy, 71, p. 24-35, 2018.

KEENEY, S.; HASSON, F.; MCKENNA, H. **The Delphi Technique in Nursing and Health Research**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2011.

KITCHIN, R.; LAURIAULT, T. P.; McARDLE, G. **Knowing and governing cities through urban indicators, city benchmarking and real-time dashboards**. Journal Regional Studies, Regional Science, v. 2, n. 1, p. 6-28, 2015.

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

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C.; PONTE, F. C. **Impactos Antropogênicos em Bacias Urbanas da Área Central da Cidade de Belém-PA**. Revista GeoAmazônia. Belém, v. 03, n. 06, p. 96 - 109, jul./dez. 2015.

MCCARNEY, P. **The evolution of global city indicators and ISO37120: The first international standard on city indicators**. Statistical Journal of the IAOS, p. 103-110, 2015.

MEBRATU, D. **Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review.** Environmental Impact Assessment Review, Nova York, p. 493-520, 1998.

MAZZIOTTA M, PARETO A. Measuring well-being over time: the adjusted Mazziotta–Pareto index versus other noncompensatory indices. Soc Indic Res. 136(3):967–976. 2018. doi:10.1007/s11205-017-1577-5.

MOYNIHAN, S.; PAAKKARI, L.; VALIMAA, R.; *et al.* **Teacher competencies in health education: results of a Delphi study**. PLoS One 10 (12), p. 1–17, 2015

NEVES, J. A. **Um índice de susceptibilidade ao Fenômeno da Seca para o Semiárido Nordestino**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

OCED. **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide**, 2008.

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

PONTES, J.P.X.; RODRIGUES, R.M.; LEÃO, M.B.M.S.; PINHEIRO, A. de C.L. A macrodrenagem da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém-PA. In: MARX, V.; COSTA, M.A. (orgs.). Participação, conflitos e intervenções urbanas: contribuições ao Habitat III. Porto Alegre: Editora da UFRGS/CEGOV, 2016.

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

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Relatório do Desenvolvimento Humano**, 2015.

PUPPHACHAI, U.; ZUIDEMA, C. **Sustainability indicators: a tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development**. Ecological Indicators. 72, p. 784–793, 2017.

REGO, A. da G. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água na bacia hidrográfica do rio Ararandeua: estudo de caso de Rondon do Pará**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2009.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. **Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.17, n.2, abr/jun, p.03-212, 2012.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e prática.** São Paulo – SP: Oficina de Textos, 2004.

SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY. **Indicators for sustainable cities**. Eur. Commission (12), p. 1–189, 2012.

SILVA, C. N.; LUZ, L. M.; PONTES, F., C.; RODRIGUES, J., E., C. **Análises geográficas e impactos antropogênicos na belém dos 400 anos.**

SOLIGO, V. **Indicadores: conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais**. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 23, n. 52, p. 12-25, mai./ago, 2012.

SOUZA, J. L.; SILVA, I. R. **Utilização do modelo pressão-estado-resposta na avaliação da qualidade das praias da Ilha de Itaparica, Bahia**. Caderno de Geociências, Salvador, v.11, n.1-2, novembro, p. 103-113, 2014.

SPERLING, Tiago L. von; SPERLING, Marcos von. **Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.

SUTADIAN, A.D., MUTTIL, N., YILMAZ, A.G., PERERA, B.J.C. **Using the Analytic Hierarchy Process to identify parameter weights for developing a water quality index**, 2017

YIGITCANLAR, T., KAMRUZZAMAN, M., & TERIMAN, S. **Neighborhood sustainability assessment: Evaluating Residential development sustainability in a developing country context. Sustainability**, 7(3), 2570–2602, 2015.

LOWE, M. *et al.* **Planning healthy, liveable and sustainable cities: How can indicators inform policy?** Urban Policy and Research, 1–14. Disponível em: http:// www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08111146.2014.1002606⟩, 2015.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A – Metodologia de cálculo dos indicadores

Indicadores de Abastecimento de Água		
Subindicador	**Fórmula**	**UNID**
Hidrometração	$\frac{\text{Qtd de ligações ativas micromedidas na sub bacia (und)}}{\text{Qtd de ligações ativas de água na sub bacia (und)}}$	%
Consumo médio per capita	$\frac{\text{Vol. de água consumido na sub bacia } (m^3) * 1000}{\text{Pop. atendida por rede de distribuição de água na sub bacia (hab)} * 30}$	L/hab.dia
Atendimento urbano	$\frac{\text{Pop. atendida por rede de distribuição de água na sub bacia(hab)}}{\text{População da sub bacia (hab)}}$	%
Incidência das análises de Cloro Residual fora do padrão	$\frac{\text{Qtd de amostras de Cloro Residual fora do padrão na sub bacia (und)}}{\text{Qtd de amostras de Cloro Residual analisadas na sub bacia (und)}}$	%
Incidência das análises de Turbidez fora do padrão	$\frac{\text{Qtd de amostras de Turbidez fora do padrão na sub bacia (und)}}{\text{Qtd de amostras de Turbidez analisadas na sub bacia (und)}}$	%
Incidência das análises de Cor Aparente fora do padrão	$\frac{\text{Qtd de amostras de Cor Aparente fora do padrão na sub bacia (und)}}{\text{Qtd de amostras de Cor Aparente analisadas na sub bacia (und)}}$	%
Incidência das análises de *E.Coli* fora do padrão	$\frac{\text{Qtd de amostras de } E.Coli \text{ fora do padrão na sub bacia (und)}}{\text{Qtd de amostras de } E.Coli \text{ analisadas na sub bacia (und)}}$	%

Indicadores de Esgotamento Sanitário		
Subindicador	**Fórmula**	**UNID**
População residente conectada à rede coletora	$\frac{\text{Pop. conectada a rede coletora de esgoto na sub bacia (hab)}}{\text{População total da sub bacia(hab)}}$	%
População residente servida por sistema individual	$\frac{\text{Pop. servida com sistema individual na sub bacia (hab)}}{\text{População total da sub bacia (hab)}}$	%
Tratamento de esgoto	$\frac{\text{Volume de esgoto tratado na ETE na área da sub bacia } (m^3)}{\text{Volume de esgoto coletado na sub bacia } (m^3)}$	%
Extensão da rede de esgoto por ligação	$\frac{\text{Extensão da rede de esgoto da sub bacia (m)}}{\text{Qtd de ligação total de esgoto na sub bacia (lig)}}$	m/lig

Indicadores de Resíduos Sólidos		
Subindicador	**Fórmula**	**UNID**
Geração per capita de resíduos sólidos	$\frac{\text{Qtd de resíduos sólidos coletados na sub bacia no dia (kg)}}{\text{População da sub bacia (hab)} * 30}$	Kg/hab.dia
Domicílios com coleta de resíduos sólidos	$\frac{\text{Qtd de domicílios com coleta de resíduos sólidos (und)}}{\text{Qtd total de domicílios na sub bacia(und)}}$	%

Indicadores de Drenagem Urbana		
Subindicador	**Fórmula**	**UNID**
Inundação/Alagamento	$\frac{\text{Qtd de pontos susceptíveis a alagamento na sub bacia (und)}}{\text{Área total da sub bacia (km}^2\text{)}}$	Pontos/km²
Abrangência da rede de macrodrenagem implantada	$\frac{\text{Extensão de canais da sub bacia (m)}}{\text{Área total da sub bacia (km}^2\text{)}}$	m/km²
Abrangência da rede de microdrenagem implantada	$\frac{\text{Área da sub bacia com rede de microdrenagem implantada (km}^2\text{)}}{\text{Área total da sub bacia (km}^2\text{)}}$	%

*Usualmente é considerada a faixa etária de 15 anos ou mais, isto é, o analfabetismo avaliado acima da faixa etária onde, por lei, a escolaridade seria obrigatória (IBGE).

Indicadores Sociais		
Subindicador	**Fórmula**	**UNID**
Residência fixa	$\frac{\text{Qtd de domicílios particulares permanentes na sub bacia (und)}}{\text{Qtd total de domicílios na sub bacia (und)}}$	%
Condições de moradia	$\frac{\text{Qtd de domicílios servidos com serviços públicos na sub bacia (und)}}{\text{Qtd total de domicílios na sub bacia}}$	%
Domicílios próprios quitados ou financiados	$\frac{\text{Qtd de domicílios próprios quitados ou financiados na sub bacia (und)}}{\text{Qtd total de domicílios na sub bacia (und)}}$	%
Nível de analfabetismo	$\frac{\text{Qtd de analfabetos na faixa etária de 15 anos ou mais (hab)}}{\text{População na faixa etária de 15 anos ou mais (hab)}}$	%

APÊNDICE B – Modelo do questionário utilizado na 1ª rodada da aplicação da metodologia Delphi na sub-bacia I

Questinário da 1ª rodada

Instruções

- São 20 subindicadores divididos em 5 vertentes: sistema de abastecimendo de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social;
- Deverá ser atribuida a pontuação de 1 a 5 na coluna de importância dos subindicadores;
- Deverá ser distribuido 100 pontos no retângulo "nota" ao lado de cada indicador de modo que o somatório seja 100;
- Em caso de dúvida quanto a resposta, poderá deixar em branco;
- A coluna de comentários é opcional. O tempo estimado de resposta do questionário é de 10 minutos;
- O anonimato do respondente é garantido pelos autores.

Na sua opinião, qual a ***importância*** da implementação e utilização dos subindicadores selecionados para o acompanhamento das condições de saneamento básico da Sub-bacia I* da Estrada Nova?

Os subindicadores deverão ser pontuados de 1 a 5 de acordo com o seu nivel de importância

Importância	
1	Irrelevante
2	Pouco importante
3	Importância moderada
4	Importante
5	Muito importante

Abrangência dos bairros na sub-bacia I	
Cidade Velha	*12,72%*
Jurunas	*71,24%*
Batista Campos	*10,51%*

Indicador de Abastecimento de Água				NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Importância**	**Comentário (opcional)**
Hidrometração	Razão da quantidade de ligações ativas micromedidas pela quantidade de ligações ativas de água	%		
Consumo Médio per Capita de Água	Razão do volume de água consumido em m³ por dia pela população atendida atendida por rede de distribuição de água	L/hab.dia		
Atendimento Urbano	Razão da população do bairro com domicilios ligados a rede geral por população da sub-bacia	%		
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de cloro residual analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%		
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de turbidez analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%		
Incidência das análises de cor aparente fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de cor aparente analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%		
Incidência das análises de *E.Coli* fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de *E.Coli* analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%		

Indicador de Esgotamento Sanitário				NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Importância**	**Comentário (opcional)**
População residente conectada à rede coletora	Razão da população conectada a rede coletora por população total da sub-bacia	%		
População residente servida por sistema individual	Razão da população que possui sistema individual por população total da sub-bacia	%		
Tratamento de esgoto	Razão do volume de esgoto tratado na ETE em m³ por volume de esgoto gerado	%		
Extensão da rede de esgoto por ligação	Razão da extensão da rede de esgoto em m por quantidade de ligação total de esgoto na sub-bacia	m/ligação		

Indicador de Drenagem Urbana				NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Importância**	**Comentário (opcional)**
Inundação/alagamento	Razão da quantidade de pontos susceptíveis a alagamento na sub-bacia por área total da sub-bacia	%		
Abrangência da rede de macrodrenagem	Razão da área da sub-bacia com rede de macrodrenagem por área total da sub-bacia	%		
Abrangência da rede de microdrenagem implantada	Razão da área da sub-bacia com rede de microdrenagem implantada por área total da sub-bacia	%		

Indicador de Resíduo Sólido				NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Importância**	**Comentário (opcional)**
Geração per capita de resíduos sólidos	Razão da quantidade de kg de resíduos sólidos gerados na sub-bacia no dia por população da sub-bacia	Kg/hab.dia		
Domicílios com coleta de resíduos sólidos	Razão dos domicílios com coleta de resíduos sólidos por quantidade total de domicílios na sub-bacia	%		

Indicador Social				NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Importância**	**Comentário (opcional)**
Residência fixa	Razão da quantidade de domicílios particulares permanentes pelo total de domicílios na sub-bacia	%		
Condições de moradia	Razão da quantidade de domicílios servidos com serviços públicos pelo total de domicílios na sub-bacia	%		
Domicílios próprios quitados ou financiados	Razão da quantidade de domicílios próprios pelo total de domicílios na sub-bacia	%		
Nível de analfabetismo	Razão do número de analfabetos na faixa de 15 anos ou mais pela população na faixa etária de 15 anos ou mais	%		

APÊNDICE C – Modelo do questionário utilizado na 2ª rodada da aplicação da metodologia Delphi na sub-bacia I

Questinário da 2ª rodada

Instrucões

- São 20 subindicadores divididos em 5 vertentes: sistema de abastecimendo de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e social;
- Deverá ser atribuida a pontuação de 1 a 5 na coluna de importância dos subindicadores;
- Deverá ser distribuido 100 pontos no retângulo "nota" ao lado de cada indicador de modo que o somatório seja 100;
- Em caso de dúvida quanto a resposta, poderá deixar em branco;
- A coluna de comentários é opcional. O tempo estimado de resposta do questionário é de 10 minutos;
- O anonimato do respondente é garantido pelos autores.

Na sua opinião, qual a ***importância*** da implementação e utilização dos subindicadores selecionados para o acompanhamento das condições de saneamento básico da Sub-bacia I* da Estrada Nova?

Os subindicadores deverão ser pontuados de 1 a 5 de acordo com o seu nível de importância

Importância	
1	Irrelevante
2	Pouco importante
3	Importância moderada
4	Importante
5	Muito importante

*Abrangência dos bairros na sub-bacia I	
Cidade Velha	*12,72%*
Jurunas	*71,24%*
Batista Campos	*10,51%*

Indicador de Abastecimento de Água					NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Resultado da 1ª rodada (moda)**	**Revalidação do subindicador**	**Comentário (opcional)**
			Importância	**Importância**	
Hidrometração	Razão da quantidade de ligações ativas micromedidas pela quantidade de ligações ativas de água	%	5		
Consumo Médio per Capita de Água	Razão do volume de água consumido em m³ por dia pela população atendida em abastecimento de água	L/hab.dia	5		
Atendimento Urbano	Razão da população da sub-bacia com domicílios ligados a rede geral por população total da sub-bacia	%	4		
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de cloro residual analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%	5		
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de turbidez analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%	4		
Incidência das análises de cor aparente fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de cor aparente analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%	5		
Incidência das análises de *E.Coli* fora do padrão	Razão da quantidade de amostras de *E.Coli* analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia e com resultados fora do padrão por quantidade de amostras analisadas em algum ponto de coleta na sub-bacia	%	5		

Indicador de Sistema de Esgotamento Sanitário					NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Resultado da 1ª rodada (moda)**	**Revalidação do indicador**	**Comentário (opcional)**
			Importância	**Importância**	
População residente conectada à rede coletora	Razão da população conectada a rede coletora por população total da sub-bacia	%	5		
População residente servida por sistema individual	Razão da população que possui sistema individual por população total da sub-bacia	%	4		
Tratamento de esgoto	Razão do volume de esgoto tratado na ETE em m³ por volume de esgoto gerado	%	5		
Extensão da rede de esgoto por ligação	Razão da extensão da rede de esgoto em m por quantidade de ligação total de esgoto na sub-bacia	m/ligação	5		

Indicador de Drenagem Urbana					NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Resultado da 1ª rodada (moda)**	**Revalidação do indicador**	**Comentário (opcional)**
			Importância	**Importância**	
Inundação/alagamento	Razão da quantidade de pontos susceptíveis a alagamento na sub-bacia por área total da sub-bacia	Pontos/km²	5		
Abrangência da rede de macrodrenagem	Razão da área da sub-bacia com rede de macrodrenagem por área total da sub-bacia	%	5		
Abrangência da rede de microdrenagem implantada	Razão da área da sub-bacia com rede de microdrenagem implantada por área total da sub-bacia	%	5		

Indicador de Resíduo Sólido					NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Resultado da 1ª rodada (moda)**	**Revalidação do indicador**	**Comentário (opcional)**
			Importância	**Importância**	
Geração per capita de resíduos sólidos	Razão da quantidade de kg de resíduos sólidos gerados na sub-bacia no dia por população da sub-bacia	Kg/hab.dia	5		
Domicílios com coleta de resíduos sólidos	Razão dos domicílios com coleta de resíduos sólidos por quantidade total de domicílios na sub-bacia	%	5		

Indicador Social					NOTA:
Subindicador	**Definição**	**Unidade**	**Resultado da 1ª rodada (moda)**	**Revalidação do indicador**	**Comentário (opcional)**
			Importância	**Importância**	
Residência fixa	Razão da quantidade de domicílios particulares permanentes pelo total de domicílios na sub-bacia	%	4		
Condições de moradia	Razão da quantidade de domicílios servidos com serviços públicos pelo total de domicílios na sub-bacia	%	5		
Domicílios próprios quitados ou financiados	Razão da quantidade de domicílios próprios pelo total de domicílios na sub-bacia	%	4		
Nível de analfabetismo	Razão do número de analfabetos na faixa de 15 anos ou mais pela população na faixa etária de 15 anos ou mais	%	4		