

UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará



Arthur Julio Arrais Barros

Avaliação da Sustentabilidade Econômica da Captação de Água em Manancial Superficial e Subterrâneo para Abastecimento de Áreas Urbanas

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor Dr. José Almir Rodrigues Pereira

Belém – Pará – Brasil

2021

Arthur Julio Arrais Barros

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA
DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM MANANCIAL
SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO PARA
ABASTECIMENTO DE ÁREAS URBANAS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará.
Área de concentração: Engenharia Hídrica.
Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

Belém
2021



AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA EM MANANCIAL SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO PARA ABASTECIMENTO DE ÁREAS URBANAS

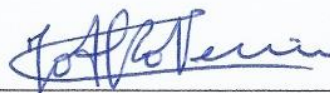
AUTOR:

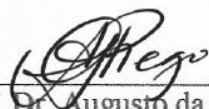
ARTHUR JULIO ARRAIS BARROS

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 MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL.

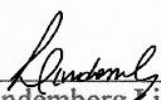
APROVADO EM: 08 / 07 / 2021.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira
Orientador (UFPA)

Prof. Dr. Augusto da Gama Rego
Membro Externo (UFPA)

Prof. Dr. Aline Christian Pimentel Almeida
Membro Externo (UFPA)

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

Visto:

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

*Ao meu amado tio Jerry Emerson Menezes Arrais (in memoriam),
mais uma dentre tantas outras vítimas da COVID-19 no país.
O seu exemplo de vida estará sempre vivo nos nossos corações!
Te amarei eternamente.*

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho representa a culminância de uma caminhada de mais de dois anos, caminhada essa que não foi percorrida sozinha; portanto, “Dai a cada um o que deveis: (...) a quem honra, honra” (Rm 13:7).

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me sustentado até aqui. Apesar da conclusão desse Mestrado Acadêmico ser a realização de um sonho, isso não quer dizer que a trajetória até aqui tenha sido fácil. E só foi possível por eu ter sido “carregado no colo”! “Ebenézer! Até aqui nos ajudou o Senhor!” (I Sm 7:12).

Agradeço também à minha família: meus pais, Julimar Pereira Barros e Jeane Arrais Barros, grandes incentivadores e fundamentais nas minhas conquistas; meus irmãos amados, Caio Leví Arrais Barros e Pedro Henrique Arrais Barros e todos os meus demais familiares por todo o apoio incondicional!

Às minhas amigas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), que foram verdadeiras dadas ao longo dos últimos dois anos, sendo fundamentais para a conclusão deste trabalho: Camila Lorrane Gaia Veras, Dryelle de Nazaré Oliveira do Nascimento, Nubia Jane da Silva Batista e – mais uma vez –, Izabelle Ferreira de Oliveira. Muito obrigado por terem me ajudado a chegar até aqui, por todas as maratonas de estudo, incentivos, ensinamentos e todos os momentos vividos! Espero contar com vocês no Doutorado!

Aos engenheiros e amigos da Unidade de Serviço de Projetos e Meio Ambiente (USPA) da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), em especial à Susan Ribeiro Alves, à Layla Maria Monteiro Gomes de Barros, à Liane Cristina Chagas Rodrigues, à Magaly Santos Pinheiro, à Arlene Maria de Melo Lopes e ao Rone Mário Oliveira de Freitas, por todo o incentivo para a conclusão desse trabalho e por me ensinarem diariamente como ser um profissional melhor.

Aos colegas Helena Mendes dos Santos Fernandes (UEPRO/USAG); Ronald Kelley da Silva (UECE/USRP); Elizabeth Sousa de Araújo (UN-AM); Kátia Regina da Costa Monteiro, Thaíze Priscila Cravo Amorim e Tânia Cristina Nascimento Arias (UN-NORTE) e Ricardo Luis Mattos Neno (USTI), pela generosidade na disponibilização das informações operacionais e comerciais que foram fundamentais para a realização da presente pesquisa.

À Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), por ser a minha maior fonte de inspiração e de aprendizado profissional desde a minha fase de estagiário até os dias atuais, já na condição de engenheiro do quadro efetivo.

Ao professor José Almir Rodrigues Pereira, por toda a paciência, gentileza e zelo, não somente na orientação desse trabalho, mas em todos os demais que fizemos juntos ao longo da minha trajetória acadêmica; bem como ao professor Lindemberg Lima Fernandes, à professora Aline Christian Pimentel Almeida e ao professor Augusto da Gama Rego, membros da banca examinadora, pelas valiosas contribuições que, com certeza, contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À Prícia Martins Silva de Carvalho, pela tradução para o inglês do resumo desse trabalho, à Malena Marília Martins Gatinho, pelo apoio no aperfeiçoamento do fluxograma ilustrativo das etapas da Metodologia e ao Arllen Augusto Gomes Souza, pela elaboração dos mapas temáticos.

E, para finalizar, à Universidade Federal do Pará, por possibilitar a realização de um sonho, semeado desde a minha graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela mesma instituição, que é o de me tornar Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Engenharia Hídrica, linha de pesquisa Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental!

*Não tenho palavras para agradecer Tua bondade
Dia após dia me cercas com fidelidade
Nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho
Tudo o que sou e o que vier a ser
Vem de Ti, Senhor
(Diante do Trono)*

RESUMO

Analisar as implicações da configuração de Setores integrantes de Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) do município de Belém, capital do estado do Pará, na sustentabilidade econômica. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira etapa consistiu na identificação e no levantamento de informações referentes aos SAAs gerenciados pela Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. Na segunda etapa foram determinados indicadores operacionais e comerciais dos dois Setores selecionados como mais indicados para comparação, no caso o 12º Setor e o 23º Setor. Na última etapa foi realizada a análise da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados. Foi verificado que 04 dos 39 SAAs realizam captação de água bruta em manancial superficial, enquanto nos outros 35 SAAs são utilizados poços profundos (cerca 270 metros de profundidade) para captação de água no aquífero artesiano Pirabas. Complementarmente, foram calculados indicadores de eficiência operacional, como o “Índice de Perdas na Distribuição” – 69,08% (12º Setor) e 72,67% (23º Setor), e indicadores de sustentabilidade econômica, como a “Despesa Total com os Serviços por Metro Cúbico Faturado” – R\$1,92/m³ (12º Setor) e R\$1,29/m³ (23º Setor). Por fim, em função da classificação de ambos os Setores estudados, quanto à eficiência operacional e à sustentabilidade econômica, como ineficientes e parcialmente sustentáveis, respectivamente, é recomendado o aperfeiçoamento da gestão operacional e comercial da concessionária regional, em atendimento às premissas da Lei n.º 14.026/2020 e na garantia do equilíbrio econômico-financeiro do prestador de serviços.

Palavras-chave: Abastecimento de água; Concepção; Tipo de manancial; Indicadores; Sustentabilidade econômica; Desempenho.

ABSTRACT

Analyze the implications of the configuration of the Sectors that make up the Water Supply Systems (WSSs) in the municipality of Belém, capital of the state of Pará, on their economic sustainability. The research was developed in three stages. The first stage consisted of identifying and collecting information regarding the WSSs operated by Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA. In the second stage, operational and commercial indicators were determined for both Sectors selected as the most suitable for comparison, in this case the 12th Sector and the 23rd Sector. In the last stage, an analysis of the economic sustainability of selected Sectors was performed. It was verified that 04 of the 39 WSSs collect raw water from a surface water source, while the other 35 WSSs use deep wells (about 270 meters deep) to collect water from Pirabas artesian aquifer. In addition, operational efficiency indicators were calculated, such as the “Distribution Losses Index” – 69,08% (12th Sector) and 72,67% (23rd Sector), and economic sustainability indicators, such as the “Total Expense with the Services per Billed Cubic Meter” – R\$1,92/m³ (12th Sector) and R\$1,29/m³ (23rd Sector). In conclusion, due to the classification of both studied Sectors, regarding operational efficiency and economic sustainability, as inefficient and partially sustainable respectively, it is recommended to improve the operational and commercial management of the regional concessionaire, in compliance with the premisses of Law No. 14.026/2020 and to ensure the economic and financial balance of the service provider.

Keywords: Water supply; Conception; Type of water source; Indicators; Economic sustainability; Performance.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	12
LISTA DE QUADROS E TABELAS	14
LISTA DE SIGLAS.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	19
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3.1 Eficiência e Sustentabilidade Econômica nos Serviços de Abastecimento de Água	23
3.2 Alternativas de Concepção de Sistemas de Abastecimento de Água.....	24
3.2.1 Características Topográficas e Geológicas da Localidade	24
3.2.2 População a ser Atendida	25
3.2.3 Demanda de Água Potável	26
3.2.4 Comparação Técnico-Econômica e Estudo de Viabilidade das Alternativas de Concepção	31
3.3 Definição do Manancial.....	36
4 METODOLOGIA.....	46
4.1. ETAPAS DA PESQUISA.....	47
4.1.1. Fase 1.1 – Identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água do município de Belém	49
4.1.2. Fase 1.2 – Seleção de dois Setores para análise.....	50
4.1.3. Fase 2.1 – Levantamento de informações operacionais e comerciais para os dois Setores selecionados.....	53
4.1.4. Fase 2.2 – Determinação de indicadores para os dois Setores selecionados.....	55
4.1.5. Etapa 3 – Análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados	58
5 RESULTADOS	64
5.1. Fase 1.1 – Identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água do município de Belém	64
5.1.1. Sistemas Integrados.....	66
5.1.2. Sistemas Isolados	67
5.1.3. Localização Geográfica e Unidades Constituintes.....	69
5.1.4. População Atendida x Área de Cobertura	76
5.2 Fase 1.2 – Seleção de dois Setores para análise.....	78

5.2.1. Alternativas de Escolha Possíveis.....	82
5.2.2. Detalhamento dos Setores Selecionados	85
5.3. Fase 2.1 – Levantamento de informações operacionais e comerciais para os dois Setores selecionados.....	88
5.3.1. Volume de Água Macromedido ($\times 10^3 m^3/ano$)	88
5.3.2. Volume de Água Faturado ($\times 10^3 m^3/ano$)	89
5.3.3. Volume de Água Micromedido ($\times 10^3 m^3/ano$)	90
5.3.4. Arrecadação Total ($R\$/ano$)	91
5.3.5. Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água ($\times 10^3 kWh/ano$).....	93
5.3.6. Despesas de Exploração com Energia Elétrica ($R\$/ano$)	96
5.3.7. Despesas de Exploração com Produtos Químicos ($R\$/ano$)	99
5.3.8. Despesas de Exploração com Pessoal Próprio ($R\$/ano$)	101
5.3.9. Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros ($R\$/ano$).....	102
5.3.10. Resumo das Informações Levantadas	104
5.4. Fase 2.2 – Determinação de indicadores para os dois Setores selecionados.....	106
5.4.1. Indicadores de Custos de Implantação	106
5.4.2. Indicadores de Eficiência Operacional	112
5.4.3. Indicadores de Sustentabilidade Econômica.....	115
5.5 Etapa 3 – Análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados	117
6 CONCLUSÃO.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	132
AUTORIZAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DOS DADOS DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA)	132

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Esquema 1 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação em manancial tipo subterrâneo.....	37
Esquema 2 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação em manancial tipo superficial.	38
Esquema 3 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação mista (superficial e subterrânea).	38
Esquema 4 – Atividades indicadas na definição do manancial no contexto da elaboração de projeto de implantação ou ampliação de SAA.	40
Esquema 5 – Etapas integrantes da Metodologia.	48
Esquema 6 – Exemplificação de faixa de desempenho para o indicador IN049.....	60
Esquema 7 – Sistemas de Abastecimento de Água Integrados e Isolados localizados na Região Metropolitana de Belém.	75
-	
Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Milênio, também conhecidos como Agenda 2030.....	20
Figura 2 – Unidades do SAA onde podem ocorrer perdas de água.....	28
Figura 3 – (a) Manancial superficial empregado na unidade de captação de sistema público de abastecimento de água potável; (b) Representação esquemática de tipos existentes de manancial subterrâneo.....	37
Figura 4 – Exemplo de linhas hidroenergéticas de SAA.....	51
Figura 5 – Avaliação do desempenho na prestação dos serviços de abastecimento de água. ..	62
Figura 6 – Avaliação da sustentabilidade da prestação dos serviços de abastecimento de água.	63
Figura 7 – Configuração dos SAA Bolonha – Zona Central, SAA Utinga – São Brás, SAA Utinga – 5º Setor e SAA Bolonha – Zona de Expansão.....	66
Figura 8 – Unidades integrantes do 12º Setor.	85
Figura 9 – Unidades integrantes do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.	85
-	
Gráfico 1 – Parcelas constituintes da DEX nas cinco regiões brasileiras, além da média nacional.	35
Gráfico 2 – Seleção dos Setores que serão escopo da pesquisa.	52
Gráfico 3 – População atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Integrados localizados no município de Belém.....	79
Gráfico 4 – População atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Isolados localizados no município de Belém.	80
Gráfico 5 – Comparação entre a população atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Integrados e Isolados localizados no município de Belém.	81
Gráfico 6 – Estimativa dos custos de implantação do 12º e do 23º Setores, mediante aplicação das metodologias de Jungles (1994) e SNSA/BRASIL (2010).....	109
Gráfico 7 – Comparação do orçamento resultante com a planilha real levantada no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.....	111
Gráfico 8 – Indicadores de eficiência operacional relacionados às perdas físicas nos SAAs.....	112
Gráfico 9 – Indicadores complementares de eficiência operacional referentes aos SAAs pesquisados.....	113
Gráfico 10 – Indicadores de sustentabilidade econômica relacionados às Despesas de Exploração nos SAAs.....	115
Gráfico 11 – Indicadores complementares de sustentabilidade econômica referentes aos SAAs pesquisados.....	116

-

Mapa 1 – Localização do município de Belém na Região Metropolitana homônima.	46
Mapa 2 – Sistemas de Abastecimento de Água com manancial do tipo superficial e subterrâneo, localizados no município de Belém.....	65
Mapa 3 – Localização geográfica dos SAAs Integrados e Isolados localizados no município de Belém, com os seus respectivos pontos de captação.....	70
Mapa 4 – Alternativas de escolha possíveis de Setores existentes.....	82

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Metodologia de cálculo para determinação de coeficientes.	27
Quadro 2 – Equações para mensuração dos custos de implantação de SAAs.....	31
Quadro 3 – Indicadores de referência para implantação de Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.	32
Quadro 4 – Referência de composição porcentual do custo global para Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.....	34
Quadro 5 – Conceito das parcelas componentes da DEX.	34
Quadro 6 – Balanço hídrico proposto para SAAs.	43
Quadro 7 – Informações a serem levantadas dos SAAs localizados no município de Belém.	49
Quadro 8 – Informações que serão levantadas para os Setores selecionados.	53
Quadro 9 – Indicadores operacionais e de despesas.....	56
Quadro 10 – Agremiação adotada para os níveis hierárquicos previstos.	59
Quadro 11 – SAAs Isolados existentes no município de Belém.	67
Quadro 12 – SAAs Isolados incorporados do SAAEB.	68
Quadro 13 – Pontos de captação subterrânea integrantes dos SAAs Isolados, localizados no município de Belém.....	72
-	
Tabela 1 – Classificação das águas naturais para abastecimento público.	44
Tabela 2 – Dados gerais de abastecimento de água do município de Belém.	47
Tabela 3 – Indicadores adotados na análise de eficiência.	58
Tabela 4 – Indicadores adotados na análise de sustentabilidade econômica.....	58
Tabela 5 – Faixas de desempenho para os indicadores de eficiência operacional, com base nos valores de referência levantados no SNIS (2020a).....	60
Tabela 6 – Faixas de desempenho para os indicadores de sustentabilidade econômica, com base nos valores de referência levantados no SNIS (2020a).	61
Tabela 7 – Categorias e notas atribuídas na análise de eficiência e da sustentabilidade econômica.....	61
Tabela 8 – Ponto de captação superficial referente aos SAAs Integrados, localizados no município de Belém.....	71
Tabela 9 – SAAs tipo Integrados, localizados no município de Belém.	76
Tabela 10 – SAAs tipo Isolados, localizados no município de Belém.....	77
Tabela 11 – Caracterização das unidades constituintes do 12º Setor.	86
Tabela 12 – Caracterização das unidades constituintes do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.	86
Tabela 13 – Ligações e economias de água do 12º Setor por categoria (em Janeiro/2021).....	87
Tabela 14 – Volume de água macromedido no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	88
Tabela 15 – Volume de água faturado no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	89
Tabela 16 – Volume de água micromedido no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	90
Tabela 17 – Montante faturado e arrecadado no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	91
Tabela 18 – Classificação das economias residenciais do 12º e do 23º Setores.....	92
Tabela 19 – Consumo total de energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha no ano de referência.	93
Tabela 20 – Consumo total de energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha, por Estação Elevatória, no ano de referência.	94

Tabela 21 – Estimativa do consumo total anual por habitante ($\times 10^3 \text{ kWh/hab. ano}$).....	94
Tabela 22 – Consumo total de energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.	95
Tabela 23 – Despesas de exploração com energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha no ano de referência.	96
Tabela 24 – Despesas de exploração com energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha, por Estação Elevatória, no ano de referência.	96
Tabela 25 – Estimativa das despesas de exploração com energia elétrica por habitante ao ano ($R\$/ano$).	97
Tabela 26 – Despesas de exploração com energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.	97
Tabela 27 – Quantidade de produtos químicos utilizados na ETA Bolonha no ano de referência.	99
Tabela 28 – Quantidade de produtos químicos utilizados no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.	100
Tabela 29 – Despesas de exploração com pessoal próprio no Sistema Produtor Bolonha e no 12º Setor – C1, no ano de referência.	101
Tabela 30 – Despesas de exploração com pessoal próprio no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	101
Tabela 31 – Despesas de exploração com serviços terceirizados no 12º Setor – C1, no ano de referência.	102
Tabela 32 – Despesas de exploração com serviços terceirizados no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.	103
Tabela 33 – Resumo das informações operacionais e comerciais levantadas no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.	104
Tabela 34 – Estimativa dos custos de implantação do SAA Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor/C1e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral mediante aplicação da metodologia de Jungles (1994).	106
Tabela 35 – Estimativa dos custos de implantação do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral mediante aplicação da metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.	108
Tabela 36 – Custos inerentes ao 12º Setor dentre os custos totais do Sistema Produtor Bolonha.	110
Tabela 37 – Análise de eficiência operacional do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.	118
Tabela 38 – Análise de sustentabilidade econômica do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.	120

LISTA DE SIGLAS

AAB	Adutora de Água Bruta
AAT	Adutora de Água Tratada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ARBEL	Agência Reguladora Municipal de Belém
CAPEX	<i>CAPital EXpenditure</i> (Despesas de Capitais)
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Pará
CMB	Conjunto Motor-Bomba
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
DEX	Despesas de Exploração
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
EEAT	Estação Elevatória de Água Tratada
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCC	Índice Nacional de Custos de Construção
MCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEX	<i>OPerational EXpenditure</i> (Despesas Operacionais e no Investimento em Manutenção de Equipamentos)
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PDSAA	Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém
RAP	Reservatório Apoiado
RDA	Rede de Distribuição de Água
REL	Reservatório Elevado
RMB	Região Metropolitana de Belém
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SPA	Síntese de Projeto Aprovado
UEAP	Unidade Executiva de Administração de Pessoas
UECE	Unidade Executiva de Controle de Energia
UEPM	Unidade Executiva de Pitometria e Macromedição
UFPA	Universidade Federal do Pará
UN-AM	Unidade de Negócios da Augusto Montenegro
UN-BR	Unidade de Negócios BR
UN-NORTE	Unidade de Negócios Norte
UN-SUL	Unidade de Negócios Sul
USAG	Unidade de Serviço de Produção de Água
USGP	Unidade de Serviço de Gestão de Pessoas
USRP	Unidade de Serviço de Controle Operacional e Redução de Perdas
UTS	Unidade de Tratamento Simplificada
VPL	Valor Presente Líquido
VRP	Válvula Redutora de Pressão

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento acelerado da população brasileira nos grandes centros urbanos aumentou a demanda por água potável, porém em muitas áreas não ocorreu expansão proporcional da cobertura e do atendimento com sistemas públicos de abastecimento de água. Esse processo resultou em déficit de atendimento populacional, configurando grande desafio para os atuais gestores públicos, prestadores dos serviços e demais atores sociais envolvidos no processo (BARROS *et al.*, 2017).

Essa situação é representada pelos indicadores disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020a), com o abastecimento de água atendendo 70,30% da população do país, 39,87% de índice de perdas na rede de distribuição e apenas 46,22% de hidrometração dos ramais de água, o que torna necessário expandir as estruturas e melhorar a eficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água no Brasil.

Paralelamente, é imprescindível que os SAAs sejam adequadamente gerenciados e continuamente aperfeiçoados, o que é diretamente relacionado à sustentabilidade na prestação dos serviços. Essa necessidade é destacada nas recentes mudanças na legislação regulamentadora do saneamento básico no Brasil, com a promulgação da Lei n.º 14.026/2020 (BRASIL, 2020), que estabelece metas ousadas e possibilita o aumento da concorrência entre empresas privadas e as concessionárias estaduais para a prestação dos serviços.

Bezerra (2012) comenta que a sustentabilidade na prestação dos serviços de abastecimento de água deve assegurar a manutenção da infraestrutura existente, a garantia do atendimento dos usuários e a renovação e/ou ampliação das infraestruturas; a fim de se ter as condições para incremento de futuros usuários, assegurando a quantidade e a qualidade de água potável fornecida à população.

Adicionalmente, é imperativo o aperfeiçoamento da gestão operacional e comercial dos prestadores de serviço de abastecimento de água, por meio do controle e redução de perdas e do gerenciamento eficiente da demanda de água nos SAAs; considerando que essas ações impactam diretamente nas despesas de exploração dos sistemas e, conseqüentemente, na sustentabilidade econômica do prestador.

Nessa conjuntura, é necessário que essas despesas sejam mensuradas ainda na fase de elaboração dos projetos, considerando que as diferentes alternativas de concepção de cada SAA impactam diretamente nas despesas de cada sistema.

Após o estudo de viabilidade técnico-econômica das alternativas de concepção,

onde são mensurados os custos de implantação e as despesas de exploração previstas por alternativa do SAA, o prestador de serviços terá condições de indicar, mediante análise de critérios de ordem econômico-financeira, técnica, institucional, ambiental e social, qual a configuração de sistema que será mais bem detalhada na fase de projeto, inclusive quanto ao manancial de captação de água bruta.

O manancial deve ser determinado durante o estudo de alternativas de concepção tendo em vista o impacto direto dessa definição em vários elementos a serem projetados e/ou definidos; a exemplo da extensão das linhas de adução, da tecnologia de tratamento de água, das unidades integrantes do sistema e dos custos de implantação e operação do SAA (FERREIRA, 2019).

Apesar da realização de estudo de viabilidade econômica das alternativas de concepção fornecer subsídios para a tomada de decisão quanto à configuração dos SAAs, bem como para o posterior acompanhamento da eficiência e da sustentabilidade econômica, ainda é pouco conhecido e utilizado pelos atores que desenvolvem atividades em prefeituras municipais, agências de regulação, empresas de saneamento, bem como pela sociedade civil organizada.

Esse desconhecimento fragiliza a tomada de decisão e o aperfeiçoamento dos processos gerenciais, bem como a participação e o controle social na prestação dos serviços de abastecimento de água; perpetuando práticas operacionais ineficientes. Logo, é iminente que seja mensurado o impacto da configuração de SAAs distintos entre si, principalmente quanto à captação de água bruta, em indicadores de monitoramento dos prestadores de serviços de abastecimento de água do território nacional.

Portanto, no presente trabalho será avaliada a eficiência e a sustentabilidade econômica de Setores integrantes de SAAs com mananciais distintos entre si quanto à unidade de captação de água bruta, localizados no município de Belém e operados pela concessionária regional responsável pelos serviços de abastecimento de água no estado do Pará. Essa atividade é necessária tendo em vista a pequena disponibilidade de estudos que investiguem as implicações do manancial empregado na unidade de captação (*superficial* e/ou *subterrâneo*) na eficiência e na sustentabilidade econômica de Setores.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar e comparar a eficiência e a sustentabilidade econômica de Setores integrantes de Sistemas de Abastecimento de Água, em área urbana, que utilizem manancial de água bruta superficial e subterrâneo.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Identificação e seleção de SAAs do município de Belém em relação ao manancial utilizado e definição de critérios para seleção dos SAAs objeto da pesquisa;
- b) Determinação de indicadores de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica dos Setores previamente selecionados;
- c) Análise comparativa da eficiência e da sustentabilidade econômica entre os Setores, sendo os mesmos distintos entre si quanto ao manancial para captação de água bruta.

3 REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento sustentável consiste no cenário em que as necessidades básicas da geração atual são satisfeitas sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias exigências. Em outras palavras, é o desenvolvimento que possibilita que as pessoas atinjam um nível satisfatório de evolução social, econômica e de realização humana e cultural, mediante o uso sustentável dos recursos naturais (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Esse princípio está concatenado a preceitos universais de desenvolvimento, especialmente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Milênio (Figura 1), propostos pela Organização das Nações Unidas, que tem como finalidade, mediante uma parceria colaborativa global, a implementação de uma agenda de crescimento pautada nos princípios do desenvolvimento sustentável.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Milênio, também conhecidos como Agenda 2030.



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

Entre os 17 Objetivos está o denominado “Cidades e Comunidades Sustentáveis” (ODS 11), que visa garantir o acesso de todos à habitação segura e aos serviços essenciais básicos, para construção de cidades sustentáveis e resilientes (ONU, 2015). Segundo Schussel (2004), Shen *et al.* (2011) e Medina & Falfan (2015), uma cidade sustentável seria aquela em que a integração positiva entre o meio ambiente natural, o patrimônio histórico-cultural, a economia e a sociedade resultem no máximo bem-estar coletivo.

De acordo com Carvalho & Viana (1998), o desenvolvimento sustentável engloba três

vertentes: crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico, correspondentes, respectivamente, às dimensões *econômica*, *social* e *ambiental* da sustentabilidade.

A sustentabilidade econômica preconiza o aumento da eficácia no uso das energias e recursos naturais, bem como a alocação eficiente de recursos e a mudança nos padrões de consumo; resultando na minimização do desperdício, na modificação dos atuais mecanismos de orientação dos investimentos e na maior consciência dos impactos causados pelo uso dos recursos naturais (SILVA, 1995; FERRAZ, 2003).

Enquanto isso, a sustentabilidade social é definida por Silva (2010) como a participação da sociedade na tomada de decisão, mediante instrumentos que possibilitem a democratização dos processos, respeitando as diferenças individuais, modificando as práticas e políticas atuais excludentes; definição complementada por Araújo *et al.* (2006), que afirma que o principal objetivo da sustentabilidade social é o estabelecimento de uma sociedade com distribuição das riquezas de forma mais equitativa entre os seus integrantes.

Por fim, a sustentabilidade ambiental consiste na manutenção das funções e itens componentes do ecossistema de forma sustentável, podendo igualmente se designar como a capacidade que o ambiente natural tem de manter as condições de vida para as pessoas e para os outros seres vivos (RODRIGUES, 2012).

Nesse contexto, de princípios globais de sustentabilidade, e tendo em vista as mudanças recentes na legislação federal do setor de saneamento básico, que possibilitam o aumento da participação da iniciativa privada para potencializar a concorrência entre prestadores públicos e privados dos serviços, é imprescindível que venham a ser aplicados elementos do desenvolvimento sustentável de forma contínua nos procedimentos institucionais dos prestadores de serviços.

Assim, a Lei n.º 14.026/2020, que atualizou a Política Nacional de Saneamento Básico, prevê que os serviços públicos de saneamento básico devem ser regulamentados com base em normas de referência, que por sua vez precisam “(...) estimular a livre concorrência, a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços” (BRASIL, 2020).

De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2018), a implementação dos princípios de eficiência e de sustentabilidade econômica configura desafio que demanda atuação consistente e multidisciplinar dos gestores públicos dos municípios brasileiros, para que seja superado de forma sustentável.

Adicionalmente, Hendges (2011) prevê que ambos os princípios estão relacionados,

devendo a sustentabilidade econômica ser assegurada através de uma remuneração pela prestação dos serviços de saneamento básico que permita a recuperação dos custos com eficiência, na forma de tarifas, taxas, tributos e outros preços públicos, em conformidade com as atividades realizadas.

Entretanto, no contexto nacional, a cultura do desenvolvimento econômico é ainda resistente em considerar o conceito de desenvolvimento sustentável na tomada de decisão; inclusive no setor de saneamento básico. Essa situação se configura principalmente nas fases de planejamento e de elaboração de projetos, mediante a falta da avaliação de custos ambientais, econômicos e sociais inerentes às fases de implantação, operação e manutenção da infraestrutura do setor, comprometendo a sustentabilidade dos investimentos previstos (KLEVAS *et al.*, 2009).

Portanto, segundo Leoneti *et al.* (2011), os investimentos em saneamento básico devem atender a requisitos mínimos de ordem técnica, ambiental, social e econômica, de forma a se aplicar os princípios de desenvolvimento sustentável, de preservação do meio ambiente e de conservação dos recursos hídricos, refletindo diretamente no planejamento das ações do setor.

Complementarmente, Justo (2004) indica que a universalização dos serviços será viabilizada somente com a revisão da política tarifária adotada, tendo em vista a necessidade do aumento no montante de investimentos pelos prestadores de saneamento básico visando à melhoria da qualidade da prestação de serviços. Para tal, as concessionárias do setor público devem priorizar, no curto prazo, a redução do montante de dívidas, bem como dos índices de perdas na prestação dos serviços; visando à aplicabilidade do princípio da eficiência e da sustentabilidade econômica na tomada de decisão e no aperfeiçoamento dos seus procedimentos gerenciais.

Deste modo, na busca dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, é preciso que os gestores públicos priorizem a eficiência e a sustentabilidade econômica nos serviços de saneamento básico, no caso de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

3.1 Eficiência e Sustentabilidade Econômica nos Serviços de Abastecimento de Água

A sustentabilidade econômica de uma cidade é manifestada na ligação existente entre crescimento urbano e desenvolvimento econômico, bem como nos seus possíveis impactos ambientais e sociais e efeitos adversos na economia; estando relacionada ao planejamento e à urbanização da localidade (Shen *et al.*, 2012).

Moura (2002) afirma que a sustentabilidade econômica contempla diversas variáveis, como a viabilidade, a estabilidade econômica, a capacidade de suporte frente a riscos, a autonomia de recursos e a rentabilidade dos fatores; permitindo ao sistema de referência manter, ao longo do tempo, a produção de interesse, frente a pressões de ordem socioeconômica ou ambiental, mas gerando uma rentabilidade estável e suficiente.

A sustentabilidade econômica é observada se as receitas permitem a recuperação dos custos inerentes à prestação dos serviços de abastecimento de água; produzindo também recursos financeiros para a realização de investimentos estruturais, como a revitalização e a expansão das instalações existentes, e estruturantes, como o aperfeiçoamento da gestão e a melhoria cotidiana e rotineira da infraestrutura física (ALTAFIN, 2008; HELLER & RODRIGUES, 2011; MORAES, 2013).

Portanto, caso exista balanço financeiro equilibrado entre as despesas e o montante arrecadado, a gestão dos serviços deve assegurar a manutenção da infraestrutura e das unidades operacionais existentes, garantindo água potável em quantidade e qualidade adequadas para os clientes atualmente atendidos e para aqueles que serão no horizonte de projeto previsto.

Complementarmente, a eficiência está diretamente ligada à possibilidade de os serviços de abastecimento de água serem adequadamente prestados, particularmente no que se refere ao bom funcionamento das instalações existentes. Quando o prestador de serviços é eficiente, é observada capacidade financeira para operar e manter adequadamente os sistemas, evitando, por exemplo, desperdício de água e funcionamento inadequado das unidades operacionais (BEZERRA, 2012).

Logo, a eficiência e a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços de abastecimento de água são condições fundamentais para o equilíbrio econômico-financeiro do prestador, bem como para a efetividade na operação dos sistemas existentes, além de possibilitar a disponibilidade de recursos financeiros para o planejamento de curto, médio e longo prazo dos SAAs e a aplicação de uma política tarifária mais acessível aos clientes; contribuindo para a expansão contínua da cobertura dos sistemas, sendo imprescindível na universalização do abastecimento de água potável nas cidades brasileiras.

Nesse contexto, visando à eficiência e à sustentabilidade econômica dos prestadores de serviços, conforme preconizado na Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2020), é fundamental que, ainda na fase de elaboração dos projetos de SAAs, sejam mensurados todos os custos previstos para instalação e operação dos sistemas; considerando que as diferentes alternativas de concepção possíveis para cada SAA impactam diretamente nas despesas de exploração previstas para cada configuração de sistema.

Para isso, é necessário realizar o estudo de concepção do SAA anteriormente à fase de detalhamento de projeto, além de observar as diretrizes previstas nas normas técnicas aplicáveis, conforme detalhado no item a seguir.

3.2 Alternativas de Concepção de Sistemas de Abastecimento de Água

Segundo Tsutiya (2006), o estudo das alternativas de concepção para SAAs consiste no “conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar”.

Na realização desse estudo, é recomendada a aplicação das diretrizes previstas na NBR n.º 12.211/1992 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

De acordo com essa norma técnica, o escopo mínimo de um estudo de concepção de SAA deve englobar: configuração topográfica e características geológicas da localidade; população a ser atendida no horizonte de projeto; demanda de água potável; aproveitamento de unidades do sistema de distribuição já existente; definição do manancial para captação de água bruta; compatibilidade entre as partes do sistema proposto; método de operação do sistema; definição das etapas de implantação do sistema; comparação técnico-econômica das alternativas de concepção e a realização de estudo de viabilidade econômica da alternativa escolhida (ABNT, 1992a).

3.2.1 Características Topográficas e Geológicas da Localidade

Em conformidade com as diretrizes da NBR n.º 12.211/1992, os levantamentos topográficos utilizados na elaboração de estudos de concepção para SAAs devem abranger, pelo menos, a região em que se encontra a área urbana a ser abastecida, além do(s) potencial(is) mananciais para captação de água e as faixas de terreno onde serão assentadas as linhas de adução interligantes das unidades constituintes do SAA (ABNT, 1992a).

Essas informações são imprescindíveis à elaboração de um projeto de sistema de abastecimento de água em função da necessidade do estabelecimento das condições hidráulicas no transporte do fluido entre as unidades integrantes do SAA. No caso, havendo desnível geométrico entre as unidades – ponto de interesse localizado em cota altimétrica mais elevada do que o ponto atual –, haverá a necessidade de bombeamento; que será proporcional ao respectivo desnível.

Nesse sentido, quando da definição do manancial para captação de água bruta, é recomendado que a configuração topográfica minimize a necessidade de bombeamentos; tendo em vista que a topografia influencia diretamente na potência instalada dos conjuntos motor-bomba das estações elevatórias de água e, conseqüentemente, no consumo e nas despesas com energia elétrica do sistema (FERREIRA, 2019).

Além disso, em função da configuração topográfica da localidade de interesse, caso não sejam previstos dispositivos de amortecimento de pressão nas linhas de adução e/ou na rede de distribuição de água, podem ser verificadas elevadas pressões em pontos específicos, fora dos limites máximos recomendados pela literatura técnica, aumentando a possibilidade de ocorrência de vazamentos (CARMO, 2009; SOARES, DALSSASSO & TRENNEPOHL, 2015; COSTA, 2018).

Complementarmente, na determinação das características geológicas na localidade estudada, podem ser realizadas, por exemplo, furos de sondagem e/ou prospecções geofísicas; sendo esses levantamentos úteis, respectivamente, para o projeto estrutural das unidades do SAA a serem implantadas, bem como para a investigação da disponibilidade hídrica de eventual manancial subterrâneo existente.

3.2.2 População a ser Atendida

De acordo com Brito, Cavenaghi e Januzzi (2010), a adequada aplicação de recursos em programas e ações que envolvem projeções populacionais depende fundamentalmente da qualidade das projeções realizadas, que devem ser realistas para que não haja equívocos e desperdício de investimentos.

Para tal, é imprescindível que os estudos populacionais no contexto de projetos de SAAs sejam criteriosamente elaborados e avaliados. Nesse contexto, Tsutiya (2006) recomenda que seja observada a existência dos seguintes aspectos prévios quanto à localidade estudada: dados censitários em bases de dados governamentais; levantamento de estudos populacionais, da evolução do uso e ocupação do solo e do zoneamento da cidade; análise sócio-econômica do

município; existência de plano diretor e/ou plano setorial de saneamento básico etc.

Os estudos populacionais têm de ser baseados em métodos matemáticos, analíticos e comparativos, devendo, a partir das projeções efetuadas, prever conclusões acerca das tendências de crescimento na área de projeto; bem como da distribuição da população e das respectivas densidades por zonas homogêneas e por setores de atendimento (TSUTIYA, 2006).

Além disso, a NBR n.º 12.211/1992 indica que nas projeções populacionais, sejam consideradas as populações residente, flutuante e temporária, bem como os estabelecimentos de natureza residencial, industrial e pública (ABNT, 1992a).

Entre os métodos existentes para fins de projeção populacional, destacam-se o Crescimento Aritmético, o Crescimento Geométrico, a Taxa Decrescente de Crescimento, a Curva Logística – todos com base em fórmulas matemáticas; bem como a Comparação Gráfica, o Método da Razão e Correlação e a Previsão com Base nos Empregos – todos com base em quantificação indireta.

Na elaboração do estudo de alternativas de concepção de SAAs, a determinação do método de projeção populacional adotado, que deverá ser decidido em comum acordo com a contratante, deve considerar qual deles que melhor se adequa ao contexto da localidade estudada. A aplicação de um desses métodos de projeção populacional resulta na quantificação da população de projeto a ser atendida, o que é imprescindível para o cálculo da demanda de água potável.

3.2.3 Demanda de Água Potável

De acordo com a NBR n.º 12.211/1992, a demanda de água potável é determinada pelo consumo medido e/ou estimado a partir das ligações de água e do volume de perdas no SAA. Assim, para estimar a vazão de produção do SAA, o que balizará a definição do manancial para captação de água bruta, devem ser consideradas a perspectiva de vazão de consumo para a área estudada durante o horizonte de projeto e o índice esperado de perdas reais de água nas unidades integrantes do SAA (ABNT, 1992a).

Se tratando de projeto de ampliação de SAA existente, havendo a disponibilidade de série histórica de observações com duração mínima de cinco anos consecutivos (ABNT, 1992a), podem ser adotadas as seguintes convenções (Quadro 1):

Quadro 1 – Metodologia de cálculo para determinação de coeficientes.

Coeficiente	Sigla	Metodologia
<i>Consumo Médio</i>	\overline{CM}	Igual à média dos volumes diários consumidos no período mínimo de um ano.
<i>Coeficiente do Dia de Maior Consumo</i>	K_1	Relação entre o maior consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário neste mesmo período, considerando-se sempre as mesmas ligações.
<i>Coeficiente da Hora de Maior Consumo</i>	K_2	Relação entre a máxima vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

Fonte: ABNT (1992a).

Quando não há disponibilidade de dados, os coeficientes devem ser calculados e/ou adotados a partir das recomendações da literatura técnica. Por exemplo, nos seus projetos de SAAs, a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA, 2020b) convencionou os valores de $K_1 = 1,2$ e $K_2 = 1,5$. Isso implica que, no dia de maior consumo, o consumo verificado seria 20% maior do que o consumo médio anual de referência e que, nesse mesmo dia, na hora de maior consumo, verificaria-se consumo 50% maior do que o máximo diário verificado.

Outro coeficiente importante na determinação da demanda de água potável é o Coeficiente de Consumo *Per Capita* (q). De acordo com Heller e Pádua (2016), a definição de consumo *per capita* consiste no consumo médio diário, por pessoa, a partir dos volumes demandados para atender os consumos doméstico, comercial, público e industrial, além das perdas que ocorrem ao longo do sistema, possuindo como unidade usual litros por habitante ao dia – $L/hab.dia$.

Vários fatores são intervenientes no consumo de água potável, como, por exemplo, as condições climáticas, os hábitos e nível de vida da população, as características urbanas, a medição de água, a pressão na rede de distribuição, a existência de rede coletora de esgoto sanitário e o valor da tarifa média de água (TSUTIYA, 2006; SILVA, SILVA & CHICHORRO, 2008; SOARES *et al.*, 2009; TEIXEIRA, COELHO & PONTE, 2019).

Enquanto o Coeficiente de Consumo *Per Capita* (q) leva em consideração as perdas de água ocorridas e/ou previstas, o Coeficiente de Consumo *Per Capita* Micromedido (q_M) considera somente o consumo médio diário, expresso pela relação entre o volume de água micromedido ($\times 10^3 m^3/ano$), o número de economias ativas micromedidas e a taxa de ocupação por imóvel ($hab/economia$). Portanto, em um cenário ideal, o Coeficiente de Consumo *Per Capita* (q) seria igual ao Coeficiente de Consumo *Per Capita* Micromedido (q_M), tendo em vista que, quanto maior a diferença entre ambos, maior o volume perdido de água no

Nesse contexto, mediante o devido planejamento e a adequada gestão da demanda de água no SAA, espera-se como resultados: a otimização do uso de recursos no sistema, a minimização do consumo de energia elétrica e da retirada de água dos mananciais de abastecimento, bem como o uso racional de água pelos consumidores; contribuindo para a sustentabilidade econômica do prestador de serviços (FERREIRA, 2019).

Nesse contexto, para que a gestão da demanda de água seja eficiente, é imprescindível que sejam adotadas ações de controle e redução de perdas em SAA's. Para tal, é necessário que sejam identificados os principais pontos potenciais de ocorrência de perdas de água, conforme Figura 2:

O diagrama ilustra o fluxo de água em um sistema de abastecimento, dividido em três fases principais: Obtenção Água Bruta, Processamento Água Bruta/Tratada e Distribuição Água Tratada. O consumo final ocorre nos usuários.

Obtenção Água Bruta: A água é captada de um manancial (Captação) e bombeada pelo EAB (Estação de Bombeamento de Água Bruta) para a ETA (Estação de Tratamento de Água).

Processamento Água Bruta/Tratada: A água passa por lavagem de filtros e decantadores na ETA, seguida pelo AAB (Adoção de Água Bruta). No RAP (Reservatório de Água Potável), ocorre a lavagem extravasamentos. A água é então bombeada pelo EAT (Estação de Tratamento de Água) para outro RAP.

Distribuição Água Tratada: A água é bombeada pelo EAT para o REL (Reservatório de Elevação de Lotação) e, finalmente, para a Rede de distribuição.

Perdas de água: As setas vermelhas indicam os pontos de perda de água em cada etapa:

- Perda na captação/EAB
- Perda adução (AB)
- Perda/EAT
- Perda adução
- Perda Reservação
- Perda Reservação
- Perda EAT
- Perda Reservação
- Perda Distribuição

O diagrama também indica a presença de um Hidrômetro e Usuários no final da rede.

Assim, as perdas de água ocorridas entre o volume explotado do manancial e o volume distribuído são comumente denominadas de *perdas reais* (operacionais/físicas). De acordo com Pereira e Condurú (2014), essas perdas correspondem “ao volume que não chega ao

consumidor, proveniente de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes ou ramais ou ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios”.

Entretanto, algumas das parcelas acima são de difícil mensuração, demandando a prática de procedimentos complementares visando ao gerenciamento do volume perdido. Dentre eles, podem ser destacados a macromedição, a micromedição, a setorização, a automação, o controle de pressões e a recuperação de vazamentos.

A macromedição consiste no conjunto de medições realizado nos SAA's, desde a captação de água bruta até as extremidades da rede de distribuição (GOMES & BEZERRA, 2009). Esse procedimento é fundamental para quantificação dos volumes de água que estão sendo aduzidos entre as unidades integrantes do sistema de abastecimento, permitindo a realização do balanço hídrico e a identificação das áreas e/ou pontos onde estão ocorrendo as perdas de água.

Albuquerque Junior (2019), em estudo de caso realizado no município de São Paulo/SP, especificamente no SAA denominado como “Edu Chaves”, onde foram implantados macromedidores de vazão em áreas de VRP's e *boosters*, verificou uma redução considerável dos volumes de água perdidos, onde o “índice de perdas por ligação” obteve uma redução de 1.259 $L/(ligação * dia)$ (em Abril/2017) para 140 $L/(ligação * dia)$ (em Abril/2018), enquanto que o “índice de águas não faturadas”, no mesmo período, foi reduzido de 82,92% para 31,95%.

Nesse contexto, a micromedição também é imprescindível ao gerenciamento da demanda de água em SAA's, pois consiste na medição contínua do volume consumido nas economias cadastradas da rede de abastecimento, sendo o método mais eficiente no faturamento de água; permitindo a cobrança do usuário pelo respectivo volume aferido nos hidrômetros. Além disso, segundo Coelho (2009), a micromedição implica em benefícios técnicos, econômico-financeiros e sociais, devendo ser acompanhada de ações contínuas de fiscalização e busca de fraudes. Ainda, deve ser observada a vida útil dos hidrômetros, diminuindo assim a ocorrência de erros de leitura em função da obsolescência do parque operacional de micromedidores.

Silva, Pádua e Borges (2016), em estudo de caso realizado em um condomínio no município de Itabira/MG, concluíram que a substituição dos hidrômetros por modelos com maior precisão na medição de vazão resultou na minimização das perdas aparentes na localidade, pois resultou na redução relativa de 18,9% para 10,4% das perdas totais de água.

De forma complementar, a setorização consiste na divisão da área a ser atendida em

zonas de influência, cada uma atendida por unidade de reservação e/ou bombeamento específicas, como RAP, REL, estações elevatórias de água tratada e *boosters*; a partir de critérios técnicos, como a topografia da região e a otimização do traçado da rede de distribuição de água.

Motta (2010) afirma que as ações de setorização objetivam o equilíbrio hidráulico do sistema de distribuição de modo a se obter um sistema com pressões controladas, buscando a ocorrência mínima de perdas e de consumo de energia elétrica para o atendimento da área coberta pelo respectivo setor de distribuição.

Por sua vez, a automação em SAA's consiste na substituição, nas ações inerentes à operação do sistema, da intervenção humana direta pelo acionamento remoto; sendo, para tal, de fundamental importância o conhecimento detalhado do funcionamento do SAA e dos equipamentos eletromecânicos constituintes.

Embora, usualmente, automatizar os sistemas implique no aumento dos custos de implantação do SAA, a comparação técnico-econômica entre a sua utilização ou não normalmente conclui pela vantagem no emprego dessa solução, em função da diminuição nos custos de pessoal, no consumo de energia elétrica e de produtos químicos; melhorando a eficiência dos processos e aumentando a segurança na operação do sistema (TSUTIYA, 2006). Logo, com a otimização do processo, as ações de combate e redução de perdas no volume de água são fortalecidas; resultando no melhor gerenciamento da demanda de água no SAA.

Além disso, o controle de pressões e a recuperação de vazamentos na rede de distribuição de água estão interrelacionados. Para fins de manutenção da pressão, na rede de distribuição, dentro dos limites máximos recomendados pelas normas e literatura técnica, é fundamental que sejam previstos dispositivos de amortecimento de pressão, como as VRP's. Caso contrário, podem ser verificadas sobrepressões em pontos específicos, aumentando a ocorrência de vazamentos; o que contribui para o aumento do volume perdido e/ou não faturado de água no SAA.

Rauen *et al.* (2016) concluiu que os fatores preponderantes na previsão da susceptibilidade da rede de distribuição a vazamentos são a periodicidade da ocorrência de manutenções, a idade da rede e a pressão verificada nos trechos de interesse, bem como a declividade do terreno.

Portanto, para uma otimização contínua do processo de captação, adução, tratamento, bombeamento, reservação e distribuição de água potável, é imprescindível que seja continuamente observada a demanda de água potável, composta pelo volume consumido pela

população atendida e pelo volume perdido ao longo das unidades integrantes do SAA, impactando diretamente na eficiência e na sustentabilidade econômica do Sistema.

3.2.4 Comparação Técnico-Econômica e Estudo de Viabilidade das Alternativas de Concepção

A partir das diretrizes de planejamento do município e/ou prestador de serviços de abastecimento de água, premissas do projeto a ser desenvolvido, localidade a ser atendida, levantamento das unidades existentes, familiaridade operacional do prestador com tecnologias e processos específicos e recomendações de normas técnicas, de órgãos governamentais e de instituições de ensino e de pesquisa, são formuladas as alternativas de concepção a serem avaliadas do SAA.

De acordo com a NBR n.º 12.211/1992, a comparação econômica das concepções técnicas deve ser feita considerando os *valores de investimentos ao longo do plano* (CAPEX) e as *despesas de operação e manutenção* (OPEX).

Quanto aos custos de implantação, quando da conclusão do projeto básico e/ou executivo, os mesmos deverão estar detalhados em relação aos quantitativos, custos unitários, serviços e percentuais necessários ao pleno entendimento do Sistema projetado, sendo que na fase do estudo de concepção, como subsídio à comparação e seleção de alternativas de SAAs, tais custos poderão ser estimados a partir de metodologias preditivas.

Nesse contexto, por exemplo, Jungles (1994) desenvolveu modelo matemático para mensuração dos custos de implantação das unidades de EEAB, AAB, ETA, RAP, REL e RDA; visando ao levantamento de variáveis de capacidade que possam traduzir custos produtivos. Após ajustes elaborados por Costa (2003) para melhoramento da correlação matemática (R^2), foram encontradas as equações a seguir, no Quadro 2:

Quadro 2 – Equações para mensuração dos custos de implantação de SAAs.

Componentes do Sistema	Modelo Matemático
Estações de Recalque	$Y_1 = 730,14 * L_1^{0,340} * X_1^{0,750}$
Adutoras de PVC	$Y_2 = 2,24L_2^{1,279} * X_2^{0,214}$
Adutoras FºFº	$Y_3 = 31,17L_3^{0,872} * X_3^{0,362}$
Estação de Tratamento	$Y_5 = 1.200,36X^{0,969}$
Reservatórios	$Y_4 = 31.186,13X_4^{0,610}$
Rede de Distribuição	$Y_6 = 171,81L_6^{0,540}X_6^{0,530}$

Fonte: Jungles (1994); Costa (2003).

Onde: “X” é a capacidade instalada e “L” é o comprimento/altura.

Por sua vez, a equipe técnica da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, integrante do Ministério das Cidades (hoje, Ministério do Desenvolvimento Regional) determinou custos de referência para a elaboração de orçamentos globais de sistemas de saneamento básico, incluindo SAAs, e como subsídio para a gestão de investimentos e qualificação dos gastos públicos em infraestrutura urbana (BRASIL, 2010). As premissas desse levantamento do Governo Federal foram:

- Classificação do total de 270 formulários de Síntese de Projeto Aprovado, financiados pelo Programa de Aceleração do Crescimento, sendo 125 referentes a SAAs, com previsão de cobertura de 2.000 a 100.000 famílias por Sistema, localizados em todas as regiões do país – Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul;
- Para cada faixa foi feita apropriação e segregação das informações de custos das SPA's, segundo as unidades componentes do SAA – Captação, EEAB, AAB, ETA, RAP/REL, RDA e Ligação Predial;
- Cálculo da *média*, *desvio padrão* e obtenção da *equação* e respectiva *curva de tendência dos valores*, segundo os critérios citados anteriormente.

Os indicadores de referência determinados pela equipe técnica da SNSA/MCidades estão listados a seguir, na Quadro 3:

Quadro 3 – Indicadores de referência para implantação de Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.
(continua)

Indicador	Especificação	Custo por Habitante (R\$/hab.)	Atendimento (Domicílios)
IAA_C1	Custo unitário de <i>Captação</i> , por habitante como ocupante domiciliar/familiar (PNAD/IBGE, 2008); relacionado ao número de famílias atendidas. Excluídos Reservatórios de Regularização e Barragens de qualquer porte.	50,00	$1.000 < D < 2.000$
		36,00	$2.001 < D < 4.000$
		26,00	$4.001 < D < 10.000$
		17,00	$10.001 < D < 20.000$
		12,00	$20.001 < D < 34.000$
		11,00	$34.001 < D < 64.000$
IAA_C2	Custo unitário de <i>Estação Elevatória</i> – EE, por habitante como ocupante domiciliar/familiar (PNAD/IBGE, 2008); relacionado ao número de famílias atendidas.	63,00	$1.000 < D < 2.000$
		54,00	$2.001 < D < 4.000$
		31,00	$4.001 < D < 10.000$
		21,00	$10.001 < D < 20.000$
		15,00	$20.001 < D < 34.000$
		11,00	$34.001 < D < 64.000$

(conclusão)

Indicador	Especificação	Custo por Habitante (R\$/hab.) ¹	Atendimento (Domicílios)
IAA_C3	Custo unitário de <i>Adução</i> por habitante como ocupante domiciliar/familiar (PNAD/IBGE, 2008) relacionado ao número de famílias atendidas. Considera: $Q_{MÁX\,DIÁRIA}$; perda física de 25% e <i>per capita</i> de consumo de 125 L/dia.	71,00	$1.000 < D < 2.000$
		59,00	$2.001 < D < 4.000$
		49,00	$4.001 < D < 10.000$
		38,00	$10.001 < D < 20.000$
		33,00	$20.001 < D < 34.000$
		27,00	$34.001 < D < 64.000$
IAA_C5	Custo unitário de <i>Tratamento</i> – ETA por habitante obtido como ocupante familiar (IBGE, 2008) relacionado ao número de famílias atendidas. Cotejo com Manuais Técnicos.	50,00	$1.000 < D < 2.000$
			$2.001 < D < 4.000$
		63,00	$4.001 < D < 10.000$
			$10.001 < D < 20.000$
			$20.001 < D < 34.000$
IAA_C6	Custo unitário de <i>Reservação</i> por habitante como ocupante domiciliar (IBGE, 2008) relacionado ao número de famílias atendidas.	46,00	$1.000 < D < 2.000$
		43,00	$2.001 < D < 4.000$
		41,00	$4.001 < D < 10.000$
		34,00	$10.001 < D < 20.000$
		26,00	$20.001 < D < 34.000$
		23,00	$34.001 < D < 64.000$
IAA_C7	Custo unitário de <i>Rede de Distribuição</i> por habitante relacionado ao número de famílias atendidas. Considera vazão máxima horária; perda física de 25% e <i>per capita</i> de consumo de 125 L/dia a 150 L/dia.	199,00	$1.000 < D < 2.000$
		123,00	$2.001 < D < 4.000$
		86,00	$4.001 < D < 10.000$
		49,00	$10.001 < D < 20.000$
		11,00	$20.001 < D < 34.000$
		9,00	$34.001 < D < 64.000$
IAA_C9	Custo médio unitário de <i>Ligação Domiciliar</i> por habitante relacionado ao número de famílias atendidas.	64,00	$D < 64.000$
IAA_CG	Composição do <i>Custo Global de Sistema de Abastecimento de Água</i> por habitante como ocupante domiciliar (IBGE; 2008)	543,00	$1.000 < D < 2.000$
		429,00	$2.001 < D < 4.000$
		360,00	$4.001 < D < 10.000$
		286,00	$10.001 < D < 20.000$
		224,00	$20.001 < D < 34.000$
		208,00	$34.001 < D < 64.000$
IAA CGm	<i>Custo Global Médio</i>	342,00	-

Fonte: BRASIL (2010).

Complementarmente, foram determinados os valores percentuais por unidade integrante de Sistema de Abastecimento de Água, conforme Quadro 4:

¹ Custo, em R\$/hab, por unidade componente – *Captação, Estação Elevatória, Adução, Tratamento, Reservação, Rede de Distribuição e Ligação Domiciliar* – e Global de SAAs implantados na Região Norte do país; independentemente do manancial (Superficial e/ou Subterrâneo) ou configuração (Integrado ou Isolado).

Quadro 4 – Referência de composição percentual do custo global para Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.

Indicador	Especificação	Percentual							
		Captação	EE	Adução	ETA	Reservação	Rede	Ligação	Global
IAA_CG%	Composição percentual do Custo de Sistema de Abastecimento de Água	7	10	14	17	10	23	19	100

Fonte: BRASIL (2010).

Além dos custos de implantação dos Sistemas, as despesas operacionais que devem ser levantadas são: pessoal; consumo de energia elétrica; reposição de materiais e ferramentas; consumo de produtos químicos; consumo de combustíveis; oficinas e transporte (ABNT, 1992a). De acordo com Freitas (2008), entre essas despesas, as mais representativas na operação de SAAs são as despesas com mão-de-obra (39,50%), energia elétrica (16,30%) e produtos químicos (3,20%), bem como as despesas com serviços terceirizados (20,80%).

No Quadro 5, a seguir, estão detalhados os conceitos de cada uma dessas parcelas mais significativas:

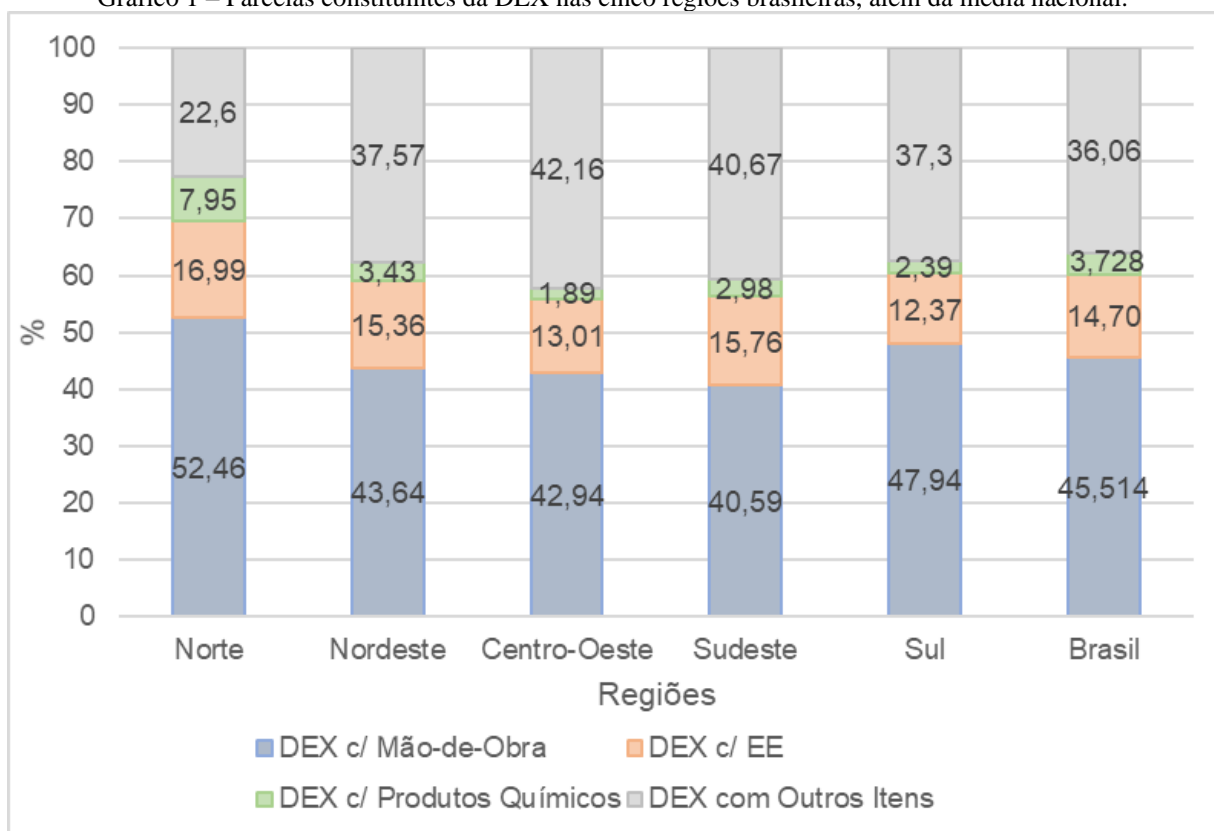
Quadro 5 – Conceito das parcelas componentes da DEX.

Item Componente da DEX	Conceito
Mão-de-Obra	Valor anual das despesas realizadas com empregados (inclusive diretores, mandatários, entre outros), correspondendo à soma de ordenados e salários, gratificações, encargos sociais (exceto PIS/PASEP e COFINS), pagamento a inativos e demais benefícios concedidos, tais como auxílio-alimentação, vale-transporte, planos de saúde e previdência privada.
Energia Elétrica	Valor anual das despesas realizadas com energia elétrica (força e luz) nos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, incluindo todas as unidades do prestador de serviços, desde as operacionais até as administrativas.
Produtos Químicos	Valor anual das despesas realizadas com a aquisição de produtos químicos destinados aos sistemas de tratamento de água e de esgotos e nas análises de amostras de água ou de esgotos.
Serviços Terceirizados	Valor anual das despesas realizadas com serviços executados por terceiros. Deve-se levar em consideração somente despesas com mão-de-obra. Não se incluem as despesas com energia elétrica e com aluguel de veículos, máquinas e equipamentos.

Fonte: SNIS (2020b).

Complementarmente, no Gráfico 1, estão ilustradas, por região brasileira, as principais parcelas constituintes da DEX na prestação dos serviços de abastecimento de água, bem como a média nacional:

Gráfico 1 – Parcelas constituintes da DEX nas cinco regiões brasileiras, além da média nacional.



Fonte: SNIS (2020a).

Observa-se que, proporcionalmente, os prestadores de serviços de abastecimento de água da região Norte possuem as maiores despesas com mão-de-obra (52,46%), com energia elétrica (16,99%) e com produtos químicos (7,95%), em comparação com as demais regiões e com a média nacional. Portanto, é necessário que a busca pela eficiência na operação dos sistemas seja eminentemente priorizada, tendo em vista que as despesas de exploração, decorrentes da operação dos sistemas, impactam diretamente no valor da tarifa a ser cobrada pela prestação dos serviços, na capacidade de investimentos e no equilíbrio econômico-financeiro do prestador.

Na mensuração dos custos de implantação e operação, uma metodologia amplamente utilizada e consagrada para análises de investimento na implantação de sistemas de saneamento básico é o *Valor Presente Líquido*.

Essa metodologia consiste em trazer as futuras entradas e saídas de caixa do projeto a valor presente, como despesas iniciais do projeto. Em comparação a outros métodos para mensuração dos custos de implantação e operação de sistemas de saneamento básico, o VPL tem a vantagem de considerar o comportamento do dinheiro no tempo, ao aplicar uma taxa de juros, utilizando fluxos de caixa para a totalidade do projeto, sendo por isso considerado um

dos métodos mais sofisticados para esse tipo de análise (SILVA *et al.*, 2014). Assim, permite-se a comparação, no estudo de viabilidade das alternativas de concepção de SAA, dos custos de investimentos iniciais com os custos futuros ao longo do horizonte de projeto.

Tradicionalmente, o aspecto econômico-financeiro é o de maior peso agregado no estudo de viabilidade. Entretanto, adicionalmente, a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA, 2020b) recomenda que, a partir do estudo de todas as alternativas tecnicamente viáveis de atendimento, a indicação da alternativa que será mais bem detalhada na fase posterior de projeto deve se dar após análise adicional dos aspectos de cunho *técnico, institucional, ambiental e social*. Logo, o estudo de viabilidade deverá incorporar outras variáveis para análise, além da econômica-financeira.

De forma complementar, as questões de cunho operacional são de suma importância para o estudo de viabilidade das alternativas de concepção do SAA; tendo em vista que a solução proposta deverá contemplar o máximo de unidades cuja expertise da equipe técnica e operacional do prestador de serviços sejam favorecidas, tanto nas questões de qualificação da mão-de-obra existente, na facilidade da contratação de fornecedores para manutenção do SAA, mediante a utilização de insumos já aplicados em outros sistemas, e na configuração da unidades eletromecânicas considerando princípios de eficiência hidroenergética (PROMABEN, 2020).

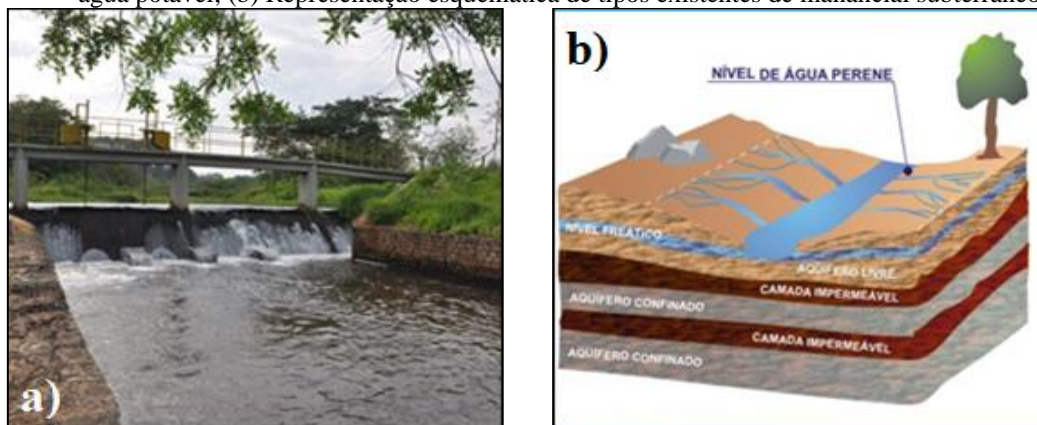
Portanto, após o estudo de viabilidade técnico-econômica das alternativas de concepção do SAA, onde são mensurados os custos de implantação – *CAPEX*, e as despesas de exploração – *OPEX*, previstas por alternativa do SAA; o prestador de serviços terá condições de indicar qual a configuração de sistema que será mais bem detalhada no projeto, representando um prelúdio para a implementação de práticas continuadas de gestão operacional e comercial.

Nesse contexto, de forma complementar, é importante analisar as implicações do tipo de manancial empregado na captação de água bruta; tendo em vista ser esta uma unidade fundamental constituinte do SAA, conforme exposto a seguir.

3.3 Definição do Manancial

Quanto à tipologia, o manancial pode ser classificado como “superficial”, quando é configurado por córregos, rios, lagos e represas; enquanto que o manancial do tipo “subterrâneo” consiste na exploração do volume de água a partir de aquíferos dos tipos *livre* (não-confinado), *confinado* (artesiano), *semiconfinado*, *suspenso* ou *fissurado* (fraturado) (TSUTIYA, 2006), conforme representado na Figura 3.

Figura 3 – (a) Manancial superficial empregado na unidade de captação de sistema público de abastecimento de água potável; (b) Representação esquemática de tipos existentes de manancial subterrâneo.

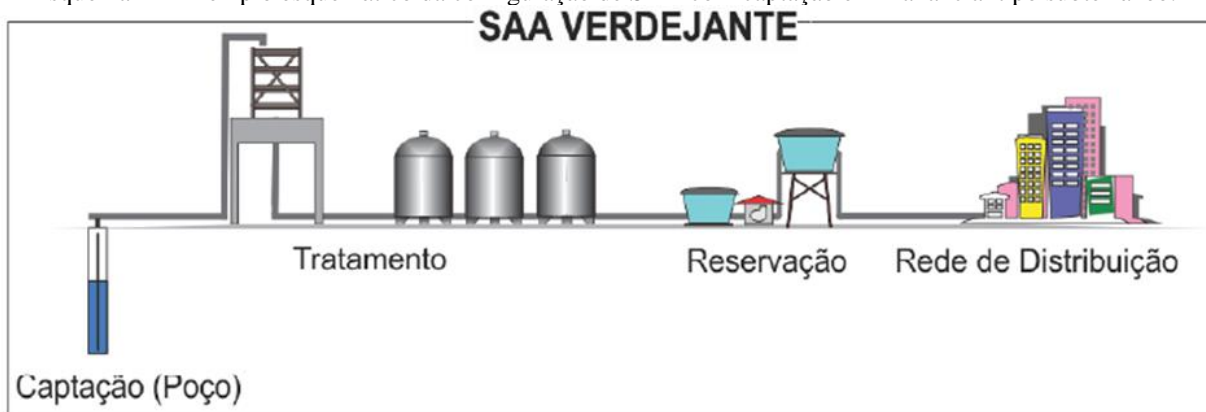


Fonte: SAA São Carlos (S/D) e ABAS (S/D).

De acordo com Fenzl, Mendes & Fernandes (2018), as características do manancial para captação de água bruta devem estar compatíveis com as diretrizes previstas na Resolução CONAMA n.º 357/2005, alterada pelas Resoluções n.º 410/2009 e n.º 430/2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, a exemplo da localização da unidade de captação de água bruta, das características da bacia hidrográfica, das potenciais fontes poluidoras, do regime hidrológico e da qualidade do corpo hídrico.

Em estudo realizado pela ANA (2010) em municípios de pequeno e médio porte de alguns estados brasileiros, quanto à tipologia dos mananciais utilizados ao longo do território nacional, verificou-se que os mananciais subterrâneos são os predominantemente utilizados, em função da disponibilidade hídrica e da simplicidade operacional dos SAAs que utilizam esse tipo de manancial (Esquema 1):

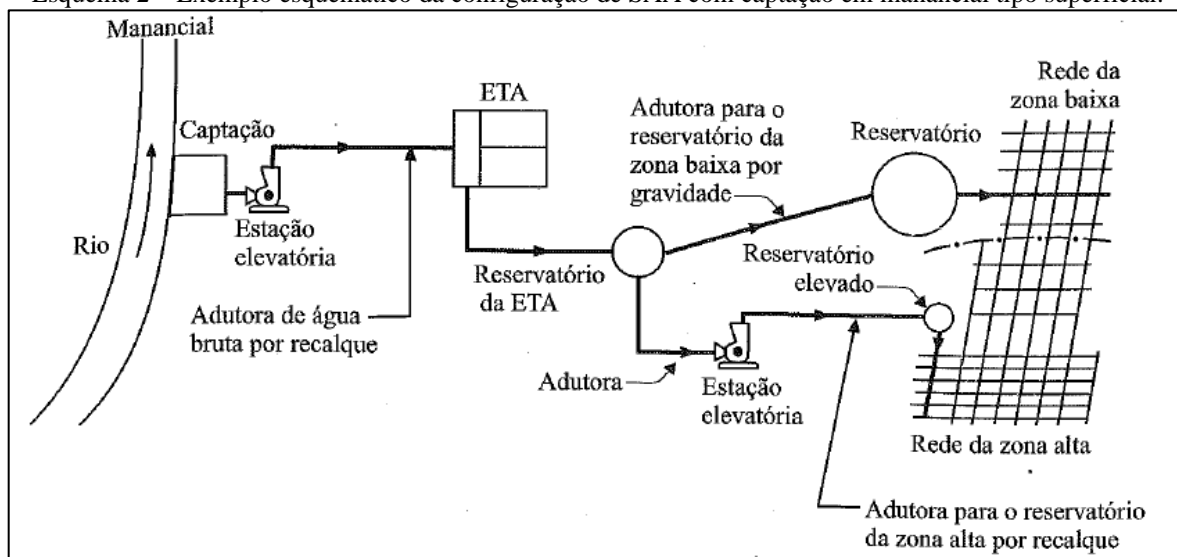
Esquema 1 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação em manancial tipo subterrâneo.



Fonte: UFPA (2013).

Em contrapartida, os mananciais superficiais são mais usualmente utilizados no abastecimento de regiões metropolitanas e/ou de conglomerados urbanos, como é o caso dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo (Esquema 2):

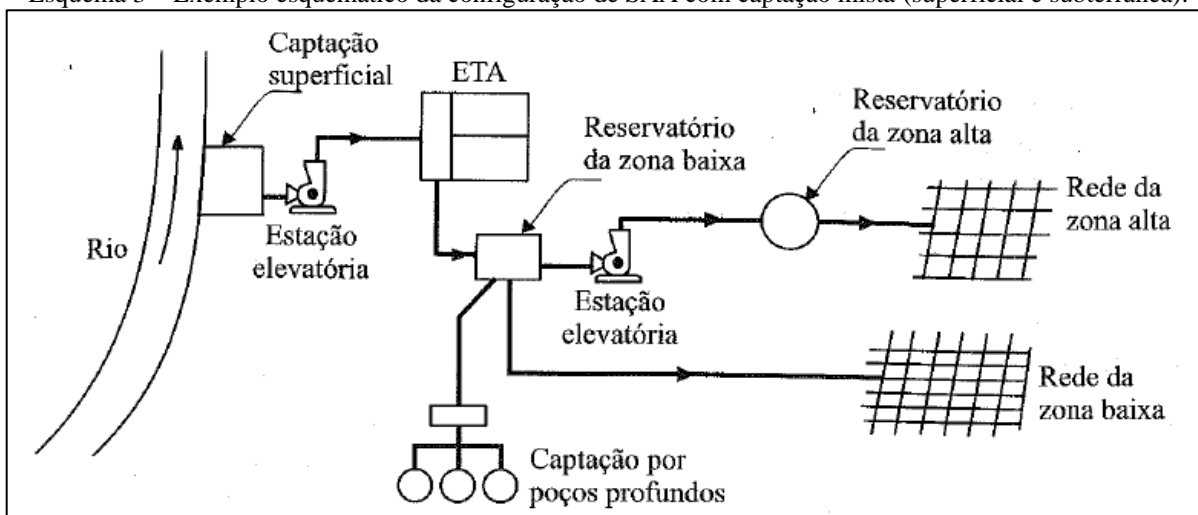
Esquema 2 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação em manancial tipo superficial.



Fonte: Orsini (1996 *apud* Tsutiya, 2006).

Complementarmente, quando o SAA utiliza os dois tipos de manancial (superficial e subterrâneo), ele é classificado, quanto à unidade de captação, como misto (Esquema 3):

Esquema 3 – Exemplo esquemático da configuração de SAA com captação mista (superficial e subterrânea).



Fonte: Orsini (1996 *apud* Tsutiya, 2006).

Ainda de acordo com a ANA (2013), um SAA pode ser classificado como integrado quando abastece mais de um município. Esses sistemas são constituídos para atender, principalmente, as demandas de regiões metropolitanas e de regiões com baixa disponibilidade hídrica. Com base nessa classificação, pode-se concluir que os SAAs tipo integrados, localizados em conglomerados urbanos, possuem, predominantemente, captação superficial; como é o caso da região metropolitana de Belém.

Na definição do manancial que suprirá a demanda de água da localidade a ser abastecida, deverão ser considerados como potenciais todos os que “apresentem condições sanitárias satisfatórias e que, isolados ou agrupados, apresentem vazão suficiente para atender à demanda máxima prevista para o alcance do plano” (ABNT, 1992a).

De acordo com Richter e Azevedo Netto (1991), quando houver dois ou mais mananciais potenciais, a seleção deve ser subsidiada em estudos amplos, abrangendo não apenas os aspectos de ordem econômica-financeira, mas também a qualidade da água, as tendências futuras quanto à preservação do manancial e as condições de segurança.

Segundo Ferreira (2019), o manancial deve ser definido no estudo de alternativas de concepção, tendo em vista o impacto direto do mesmo em vários elementos a ser projetados e/ou definidos; a exemplo da extensão das linhas de adução, da tecnologia de tratamento de água, das unidades integrantes do sistema e dos custos de implantação e operação do SAA.

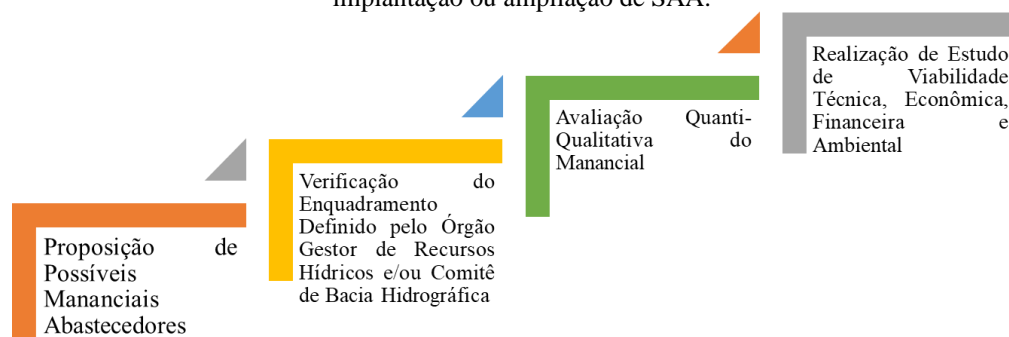
Nesse sentido, para maior acurácia nesta definição, no caso de manancial superficial, o recomendado é que o mesmo não esteja demasiadamente distante das demais unidades do SAA (ex. Unidades de pré-condicionamento e/ou tratamento de água bruta), para que não haja a oneração do *CAPEX* – execução de grandes extensões de linhas de adução –, bem como do *OPEX* – consumo de energia elétrica decorrente do bombeamento do volume de água captado.

De forma alternativa, no caso de manancial subterrâneo, do ponto de vista econômico, o ideal seria que as unidades de captação (poços rasos e/ou profundos) não possuíssem elevadas profundidades, tendo em vista que, quanto maior a distância do nível freático à superfície, maior será a demanda por bombas com maiores alturas manométricas. Entretanto, é importante que essa decisão – tipo de aquífero e profundidade de instalação do conjunto motor-bomba, seja balizada por critério de ordem sanitária, em função dos parâmetros de qualidade da água instituídos pela NBR n.º 12.216/1992 (ABNT, 1992b) e pela Portaria n.º 888/2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021b). Logo, é fundamental que a definição do manancial seja escopo do estudo de viabilidade das alternativas de concepção, mediante comparação técnico-

econômica dos mananciais disponíveis.

De acordo com o “Manual de Prescrições para Elaboração de Projetos de Sistemas de Abastecimento de Água”, as seguintes atividades são indicadas quando da definição do manancial no contexto da elaboração de projeto de implantação ou ampliação de SAA: “proposição de possíveis mananciais abastecedores”, “verificação do enquadramento definido pelo órgão gestor de recursos hídricos e/ou Comitê de Bacia Hidrográfica”, “avaliação quantitativa do manancial” e, finalmente, “realização de estudo de viabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental”, conforme ilustrado no Esquema 4 (SANEPAR, 2014).

Esquema 4 – Atividades indicadas na definição do manancial no contexto da elaboração de projeto de implantação ou ampliação de SAA.



Fonte: SANEPAR (2014).

Na realização da fase inicial de proposição de possíveis mananciais abastecedores, Tsutiya (2006) pontua que o levantamento deve ser precedido de análise inicial dos principais aspectos técnicos, econômicos e ambientais envolvidos, de forma a subsidiar a formulação e apresentação de alternativas factíveis para o SAA em questão.

Adicionalmente, segundo recomendação da SANEPAR (2014), na realização da fase posterior deverá ser verificado o enquadramento definido pelo respectivo órgão gestor de recursos hídricos e/ou Comitê de Bacia Hidrográfica, consistindo na segunda fase da definição do manancial de captação de água bruta; tendo em vista que tal classificação impactará diretamente nos critérios previstos para liberação da outorga de uso de recursos hídricos.

Melo *et al.* (2019), em estudo realizado no município de Tangará da Serra/MT, quanto às classes de uso e à eutrofização, observaram, ao longo do curso principal e de dois tributários de um corpo hídrico local, trechos distintos enquadrados nas diferentes classes de qualidade da água, bem com pontos em estado de eutrofização.

Tsutiya (2006) reitera que, além dos levantamentos hidrológicos e da caracterização sanitária e ambiental nas bacias hidrográficas, devem ser considerados os usos dos recursos

hídricos na área de influência, bem como as classes e o enquadramento nos respectivos trechos do corpo hídrico.

Assim, tendo em vista a garantia dos usos múltiplos na bacia hidrográfica, bem como a manutenção do padrão de qualidade da água do manancial destinado ao abastecimento público, principalmente em áreas urbanas, é necessário que sejam adotadas ações para proteção de mananciais, conforme exposto a seguir:

- “a) Implementar a gestão participativa e descentralizada de órgãos governamentais e da sociedade civil, incentivando a implantação de atividades compatíveis com a proteção e a recuperação do manancial, que buscam a conscientização do problema;
- b) Promoção de educação ambiental junto à população residente;
- c) Integrar programas e políticas regionais e setoriais (habitação, transporte, saneamento ambiental, infraestrutura, manejo de recursos naturais e geração de renda necessários à preservação do meio ambiente);
- d) Assegurar e ampliar a produção de água para o abastecimento da população promovendo ações de preservação, recuperação e conservação dos mananciais através da implementação dos instrumentos básicos (...);
- e) Orientar e controlar o uso e a ocupação do solo de acordo com cargas poluidoras definidas para a bacia e com as condições de regime e produção hídrica do manancial, estabelecendo para tanto diretrizes e parâmetros de interesse da região para a elaboração das leis municipais de uso, ocupação e parcelamento do solo visando à proteção do manancial;
- f) Buscar a compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a proteção e a recuperação do manancial, estabelecendo um desenvolvimento socioeconômico sustentável e ambiental, incentivando a implantação de atividades compatíveis com a proteção e recuperação do manancial;
- g) Implementar a disciplina e a reorientação da expansão urbana para fora das áreas de produção hídrica e de preservação dos recursos naturais” (ALVIM *et al.*, 2008; 2015).

Portanto, ao longo da extensão de um mesmo manancial, podem ser verificados trechos com diferentes classificações de qualidade da água, em conformidade com o padrão estabelecido na Resolução CONAMA n.º 357 (BRASIL, 2005), sendo previstas finalidades específicas para cada trecho; como o abastecimento de água para consumo humano e o lançamento de esgoto sanitário tratado – nesse contexto, o “manancial” é denominado de “corpo receptor”, de acordo com as diretrizes indicadas na Resolução CONAMA n.º 430 (BRASIL, 2011) –, devendo os instrumentos de *enquadramento dos corpos de água em classes* e de *outorga dos direitos de uso*, previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), contemplar esses e os eventuais usos múltiplos previstos na bacia hidrográfica.

Por sua vez, quanto ao instrumento de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução n.º 16/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o mesmo pode ser definido como o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao

outorgado o direito de uso, total ou parcial, das águas do respectivo corpo hídrico, por prazo determinado (BRASIL, 2001).

A outorga é prevista como instrumento de planejamento e gestão de recursos hídricos nas Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997; PARÁ, 2001), cabendo aos respectivos Conselhos Nacional (CNRH) e Estadual (CERH) a previsão de critérios técnicos e a regulamentação da aplicabilidade do instrumento.

Os critérios para solicitação de Outorga Preventiva e/ou de Direito de Uso de Recursos Hídricos são previstos nas Resoluções n.º 10/2010 e 13/2020 do CERH, estando obrigados a fazê-lo todos os empreendimentos já implantados ou em fase de implantação que se refiram a obras hídricas, captação de água ou diluição em corpo hídrico (PARÁ, 2010).

Logo, a determinação do ponto de tomada d'água em manancial para abastecimento público é fundamental, tendo em vista que tal definição está diretamente relacionada ao enquadramento e à outorga de uso de recursos hídricos. Complementarmente, de acordo com as diretrizes da NBR n.º 12.211/1992, em manancial tipo superficial, deverá ser realizada inspeção sanitária na respectiva bacia hidrográfica do corpo hídrico de interesse, com detecção dos agentes poluidores mais significativos, coleta de amostras de água em pontos diversos e em períodos representativos (ABNT, 1992a).

Na escolha do manancial, conforme recomendação da SANEPAR (2014), depois de levantados os possíveis mananciais abastecedores (*primeira fase*) e de consultado o enquadramento definido pelo respectivo órgão gestor e/ou Comitê de Bacia (*segunda fase*), um dos principais critérios de análise é a disponibilidade hídrica – denominado de “critério quantitativo”. O cenário ideal é o em que a vazão demandada pelo SAA é inferior à vazão mínima de referência do corpo hídrico – por exemplo, Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$. No cenário em que a vazão demandada é superior à mínima de referência e menor do que a vazão média do corpo hídrico, o mesmo pode ser utilizado, desde que haja intervenção do tipo barramento para fins de regularização de vazão. Entretanto, se a vazão demandada é superior à vazão média do corpo hídrico, o mesmo não é indicado para utilização como manancial.

Complementarmente, para melhor definição da demanda de água necessária para captação a partir do manancial de água bruta, bem como das suas parcelas constituintes no contexto global do SAA, é recomendada a representação do balanço hídrico do sistema conforme Quadro 6, a seguir:

Quadro 6 – Balanço hídrico proposto para SAAs.

Volume de entrada do sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimado)	
	Consumo autorizado não faturado	Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa etc.)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndio, favelas etc.)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (micromedicação)	
		Perdas físicas	Vazamento nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável)	
			Vazamento nas adutoras ou redes de distribuição	
			Vazamentos ou extravasamentos nos reservatórios	
			Vazamentos nos ramais (montante do ponto de medição)	

Fonte: Alegre *et al.* (2005).

Em um cenário ideal, o *volume de entrada do sistema* seria igual ao *volume de água faturada*. Entretanto, uma parcela que está intrinsecamente vinculada ao sistema e que deve ser considerada no balanço hídrico é a do volume de água *não faturada*, resultante da subtração do volume de entrada do sistema do volume de água faturada. Quanto maior o volume de água não faturada, maiores são as perdas físicas e maior será a pressão exercida pelo SAA no manancial de água bruta visando ao atendimento da demanda de água potável na localidade; aumentando os custos operacionais do sistema.

Assim, a redução de perdas de água contribui diretamente para o controle operacional e para a minimização das despesas de exploração dos sistemas; bem como para a eficiência e para a sustentabilidade econômica na prestação dos serviços de abastecimento de água.

Quanto ao critério qualitativo, complementar ao critério quantitativo, de acordo com as diretrizes da NBR n.º 12.216/1992 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público (ABNT, 1992b), são considerados os seguintes níveis de qualidade da água para um potencial manancial de abastecimento público (Tabela 1):

Tabela 1 – Classificação das águas naturais para abastecimento público.

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L)				
Média	até 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 4,0	> 4,0
Máxima (em qualquer amostra)	1,0 – 3,0	3,0 – 4,0	4,0 – 6,0	> 6,0
Coliformes (NMP ² /100 mL)				
Média Mensal (em qualquer mês)	50 – 100	100 – 5.000	5.000 – 20.000	> 20.000
Máximo	> 100 cm (menos de 5% das amostras)	> 5.000 cm (menos de 5% das amostras)	> 20.000 cm (menos de 5% das amostras)	–
pH	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0	3,8 – 10,3
Cloretos	< 50	50 – 250	250 – 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0	–

Fonte: ABNT (1992b).

Esses níveis de qualidade condicionam diretamente o nível mínimo de tratamento necessário para potabilização da água bruta em cada manancial, a saber:

“Tipo A – desinfecção e correção do pH;

Tipo B – desinfecção e correção do pH e, além disso:

- Decantação simples, para águas contendo sólidos sedimentáveis, quando, por meio desse processo, suas características se enquadrem nos padrões de potabilidade; ou
- Filtração, precedida ou não de decantação, para águas de turbidez natural, medida na entrada do filtro, sempre inferior a 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) e cor sempre inferior a 20 unidades, referidas aos Padrões de Platina;

Tipo C – coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH;

Tipo D – tratamento mínimo do tipo C e tratamento complementar apropriado a cada caso” (ABNT, 1992b, p. 4).

Assim, quanto menos restritivo for o padrão de qualidade da água do manancial, maior será a eficiência global necessária no processo de potabilização da água, o que demandará a implantação de unidades de tratamento mais robustas, bem como o consumo de maior quantidade de produtos químicos; o que tenderá a onerar a execução e a posterior operação do SAA.

Quando da última fase na definição do manancial no contexto da elaboração de projeto de implantação ou ampliação de SAA, conforme recomendação da SANEPAR (2014), que consiste na realização do estudo de viabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental, são formuladas as alternativas de concepção do sistema a partir dos diagnósticos e estudos apresentados; devendo contemplar a definição do manancial a ser utilizado no abastecimento

² Número Mais Provável.

público a partir de informações como: localização e descrição da unidade de captação; pré-dimensionamento hidráulico-sanitário da tomada de água; caracterização topográfica, batimétrica e geotécnica das áreas estudadas; delimitação da área de inundação e seus impactos e identificação da área a ser desapropriada etc. (TSUTIYA, 2006).

Nesse contexto, considerando a pluralidade de alternativas de concepção e de configurações de SAAs, inclusive no que tange a unidade de captação de água bruta, é necessário que seja mais bem investigada a relação existente entre SAAs com distintos mananciais e os custos decorrentes da operação desses sistemas, tendo em vista o impacto das despesas de exploração na eficiência e na sustentabilidade econômica dos prestadores de serviços de abastecimento de água.

Por exemplo, Ribeiro e Melo (2020), em pesquisa realizada em SAAs distintos entre si quanto ao tipo de manancial – superficial e subterrâneo –, localizados em municípios de pequeno porte do estado de Minas Gerais, concluíram que, em função da necessidade de emprego de maior quantidade de funcionários na operação do SAA com manancial do tipo superficial, em comparação ao SAA com manancial do tipo subterrâneo, as despesas totais de exploração decorrentes da operação do primeiro eram aproximadamente duas vezes maiores em relação às despesas totais de exploração do último.

Portanto, o presente trabalho avaliará o impacto do tipo de captação na eficiência e na sustentabilidade econômica de Setores integrantes de Sistemas de Abastecimento de Água localizados no município de Belém, conforme Metodologia detalhada a seguir.

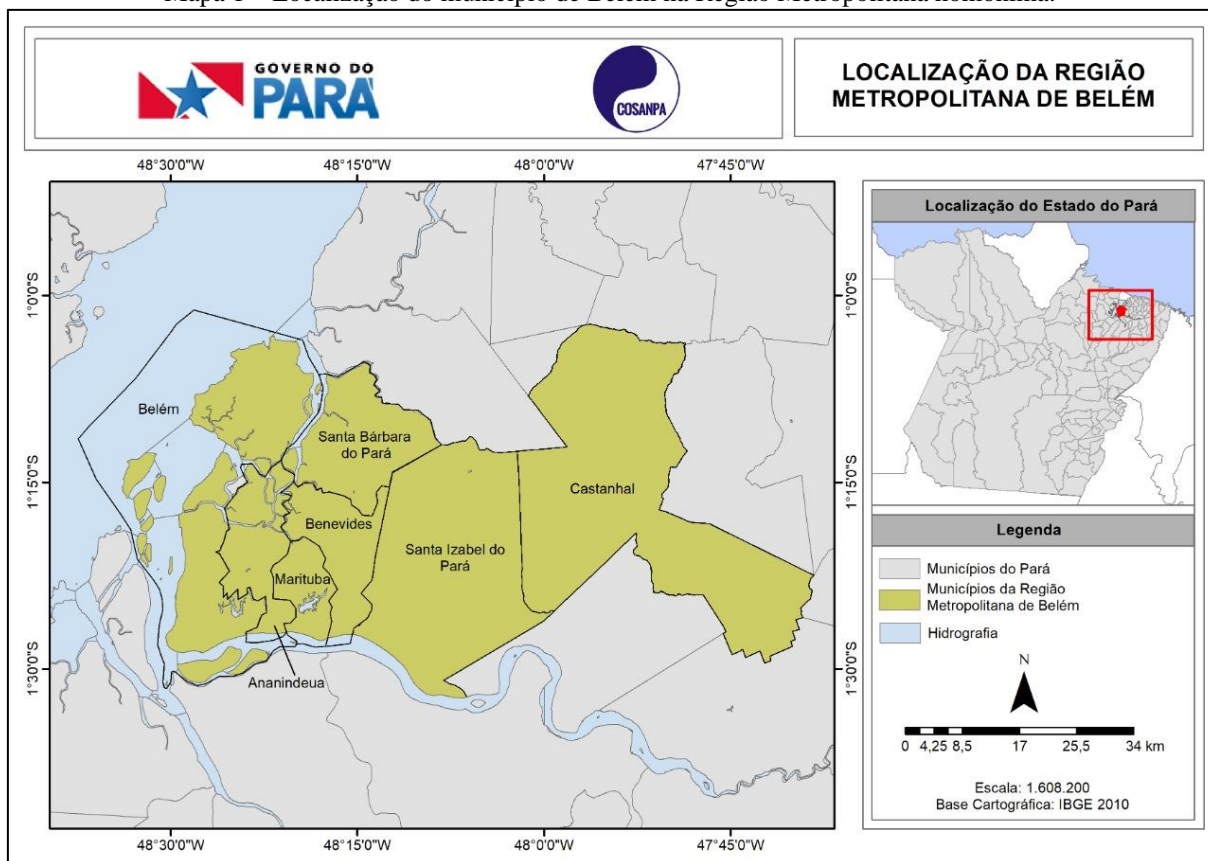
4 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida pode ser categorizada como *quantitativa* – que considera a compressão da realidade a partir da análise de dados matemáticos brutos (SILVEIRA & GERHARDT, 2009) – e *bibliográfica* – que implica em um conjunto ordenado de procedimentos na busca por soluções, atento ao objeto de estudo, que não pode ser aleatório (LIMA & MIOTO, 2007).

As principais fontes de informação consistiram no Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém, em relatórios operacionais e cadastros técnico e comercial; e, complementarmente, no levantamento de informações em campo, para estudar o impacto do tipo de captação de Setores integrantes de SAAs na eficiência e na sustentabilidade econômica do prestador de serviços de abastecimento de água do município de Belém.

A pesquisa tem como objeto de estudo dois Setores integrantes de Sistemas de Abastecimento de Água com diferentes mananciais de água bruta, localizados no município de Belém; cuja localização geográfica está ilustrada a seguir, no Mapa 1:

Mapa 1 – Localização do município de Belém na Região Metropolitana homônima.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

O município de Belém, além de integrante da RMB, pertence à Microrregião homônima. A sede municipal tem as coordenadas geográficas 1°27'20"S e 48°30'15"W. A extensão territorial do município é de 1.059,46 km² (IBGE, 2019), enquanto que a população residente estimada é de 1.499.641 habitantes (IBGE, 2020).

O objeto da pesquisa são os SAAs gerenciados pela COSANPA, que é empresa do tipo sociedade de economia mista com administração pública, responsável pela operação dos SAAs e SES de 55 dos 144 municípios do estado do Pará.

Os principais indicadores relativos à prestação do serviço de abastecimento de água no município de Belém estão reunidos na Tabela 2:

Tabela 2 – Dados gerais de abastecimento de água do município de Belém.

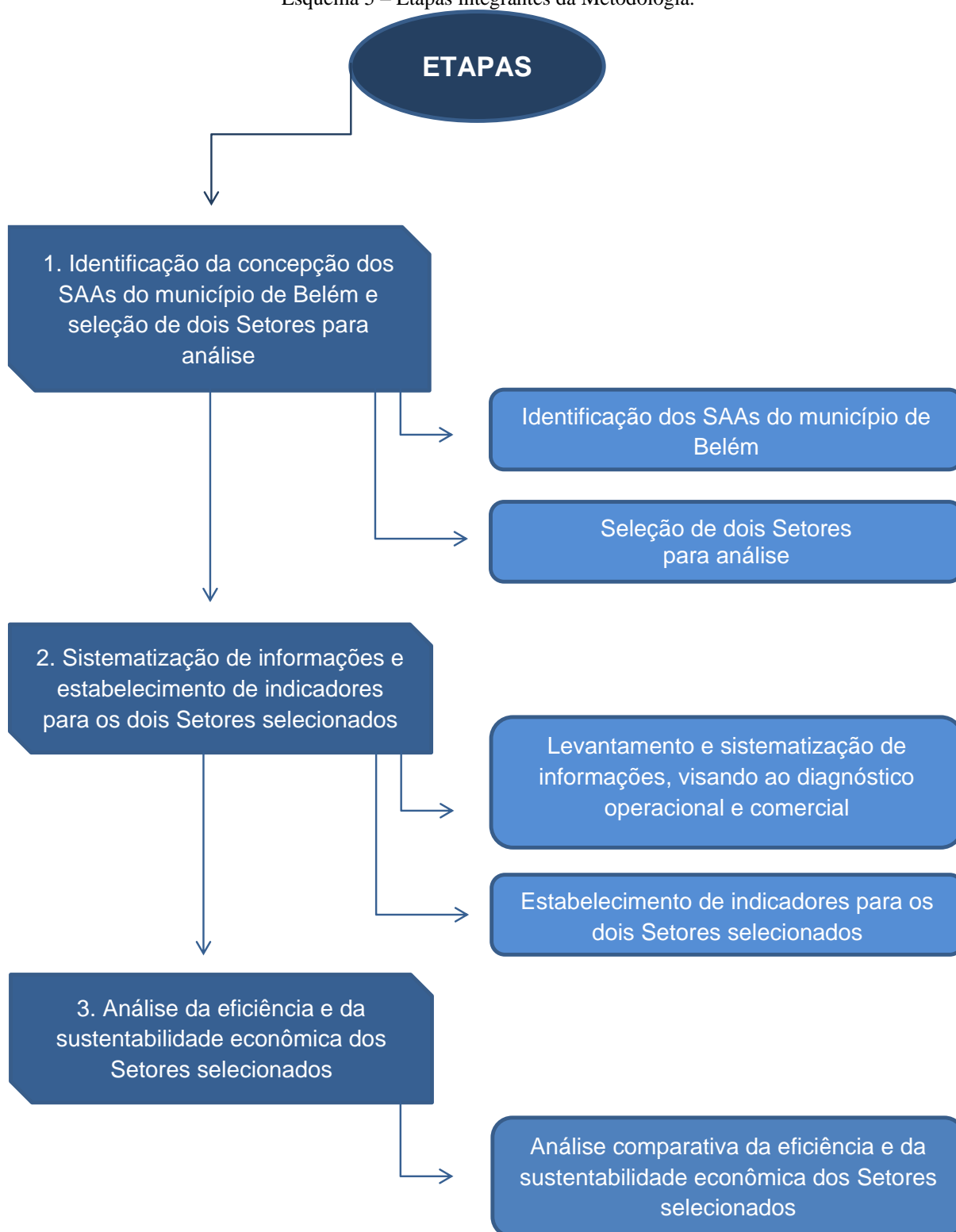
Indicadores	Valores	Unidades
Consumo Médio <i>per capita</i> de Água	126,91	<i>L/hab. dia</i>
Índice de Atendimento Total de Água	70,30	%
Índice de Atendimento Urbano de Água	70,90	
Índice de Hidrometração	46,22	
Índice de Macromedicação	15,41	
Índice de Micromedicação Relativo ao Consumo	49,02	
Índice de Perdas na Distribuição	39,87	<i>L/ligação. dia</i>
Índice de Perdas por Ligação	390,58	
Tarifa Média de Água	3,36	<i>R\$/m³</i>

Fonte: SNIS (2020a).

4.1. ETAPAS DA PESQUISA

O desenvolvimento do estudo proposto foi realizado em três etapas: a) identificação da concepção dos SAAs do município de Belém e seleção de dois Setores para análise, sendo os mesmos distintos em relação ao manancial de captação de água; b) levantamento e sistematização de informações operacionais e de despesas e estabelecimento de indicadores para os dois Setores previamente selecionados e c) análise comparativa da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados. Essas etapas estão ilustradas a seguir, no Esquema 5:

Esquema 5 – Etapas integrantes da Metodologia.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

A primeira etapa consistiu na identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água do município de Belém e na seleção dos dois Setores que serão escopo do presente estudo.

Na segunda etapa, foram levantados e sistematizados dados para os dois Setores selecionados, mediante a coleta de informações gerenciais e de controle junto à COSANPA; resultando no estabelecimento de indicadores relacionados aos custos de implantação, de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica.

Por fim, na última etapa, foi realizada análise comparativa da eficiência e da sustentabilidade econômica por Setor estudado; sendo que o detalhamento das atividades desenvolvidas em cada uma dessas etapas se encontra a seguir.

Na **Etapa 1, de caracterização da concepção dos SAAs do município de Belém e seleção de dois Setores para análise**, foram realizadas duas fases de atividades: a primeira fase consistiu na caracterização da concepção empregada no abastecimento de água do município de Belém; enquanto que na segunda fase foram estabelecidos os critérios de escolha para a seleção de dois Setores, distintos em relação ao manancial de captação de água, que foram escopo do presente estudo.

4.1.1. Fase 1.1 – Identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água do município de Belém

Na realização da Fase 1, foram identificados e caracterizados os Sistemas de Abastecimento de Água localizados no município de Belém e operados pela concessionária pública estadual (COSANPA); visando à identificação das unidades constituintes, das etapas integrantes e do status da outorga de direito de uso de recursos hídricos dos referidos SAAs.

Para facilitar a análise dessa caracterização, foi preenchido quadro análogo ao Quadro 7, representado a seguir:

Quadro 7 – Informações a serem levantadas dos SAAs localizados no município de Belém.

Tipo de Manancial	SAA	Setor de Distribuição	População Atendida (hab.)	Área (km²)

Fonte: Elaboração própria, 2020.

O levantamento dessas informações se deu mediante consulta ao Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém, em relatórios operacionais e nos cadastros técnico e comercial da COSANPA.

Complementarmente, a “População Atendida” foi determinada mediante o produto das informações de *Economias Residenciais Totais*, vinculadas a cada setor de distribuição, conforme disponibilizado no cadastro comercial da Companhia, e de *População Residente por Domicílios* dos municípios de Belém e de Ananindeua, extraídas a partir dos recenseamentos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

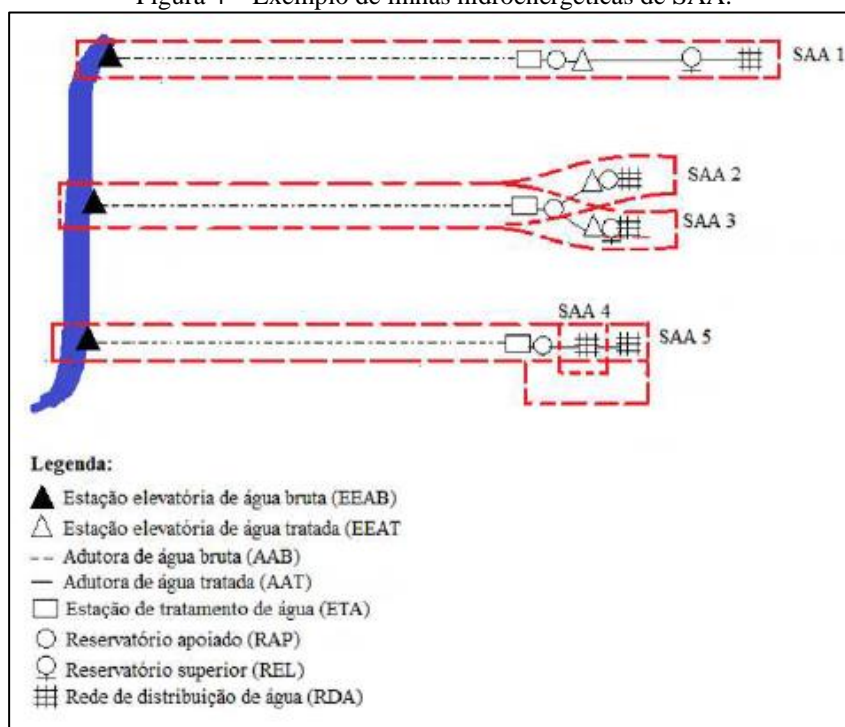
Enquanto isso, a informação de “Área de Cobertura” foi verificada a partir da aplicação de ferramenta específica do software Autodesk® AutoCAD® nos limites de cada setor, disponíveis no cadastro técnico da COSANPA.

4.1.2. Fase 1.2 – Seleção de dois Setores para análise

A identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água realizada na fase anterior permitiu a seleção dos dois Setores, distintos em relação ao manancial de captação de água e ao arranjo das unidades, mediante o estabelecimento e a aplicação de critérios de seleção; conforme detalhado a seguir.

Para fins de viabilização da comparação entre Sistemas distintos, foi adotado o princípio da *linha hidroenergética*, onde a sequência de unidades deve ser como uma fila única, desde a unidade inicial (Captação de Água Bruta) até a unidade final (que é, necessariamente, o Setor de Distribuição), ou seja, o SAA não possuirá nenhum tipo de bifurcação/ramificação (REGO, 2016), conforme ilustrado na Figura 4:

Figura 4 – Exemplo de linhas hidroenergéticas de SAA.



Fonte: Rego (2016).

Essa premissa teve de ser adotada em função de que os SAAs Integrados, localizados no município de Belém, possuem envergadura demasiadamente superior aos respectivos SAAs Isolados do município, o que não possibilitaria a comparação direta entre os mesmos. Portanto, serão comparados os *Setores de Distribuição* correspondentes aos referidos SAAs; sendo, no caso dos SAAs Integrados, quando necessário, rateadas informações, como o Consumo de Energia Elétrica e as Despesas de Exploração, entre os Setores do SAA, a partir de grandeza de referência, como extensão de rede, volume e/ou habitantes atendidos, que servirão como *coeficientes de proporcionalidade*.

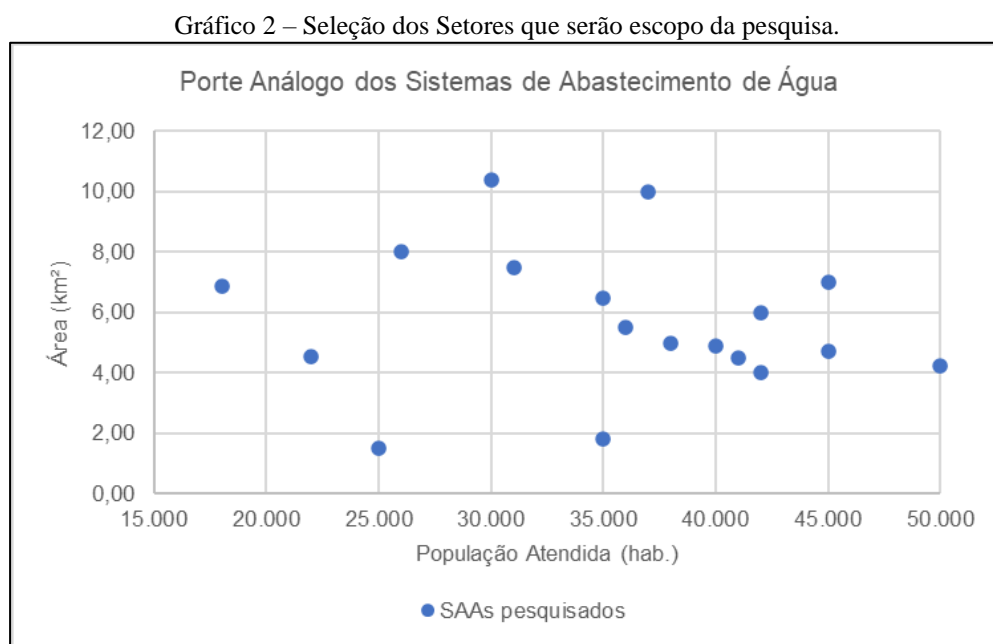
Nesse contexto, os critérios utilizados na escolha dos dois Setores foram: a) *Tipo de manancial* e b) *Porte análogo dos SAAs*, conforme detalhado a seguir.

a) Tipo de Manancial:

Conforme mencionado anteriormente, uma das premissas da presente pesquisa é que os Setores selecionados sejam distintos em relação ao manancial de captação de água. Logo, obrigatoriamente, um Setor deve possuir captação de água bruta em manancial superficial, enquanto o outro, em manancial subterrâneo.

b) Porte Análogo dos Sistemas de Abastecimento de Água:

Com base nas informações levantadas no item anterior (“Tipo de Manancial”) e na fase anterior (“População Atendida” e “Área de Cobertura”), os Setores integrantes de SAAs Integrados e Isolados foram comparados, mediante plotagem de gráfico de dispersão, quanto ao porte para seleção dos dois Setores que serão escopo da presente pesquisa (Gráfico 2).



A análise comparativa dos pontos inscritos no plano cartesiano dos gráficos a serem elaborados, em função da distância euclidiana³, permitiu a seleção dos Setores mais próximos entre si quanto ao porte – ou seja, simultaneamente análogos quanto à *População Atendida* e à *Área de Cobertura*; para que as informações coletadas não sejam impactadas pelo porte dos Setores, e sim por fatores inerentes à natureza/tipologia de cada Sistema, principalmente no que tange a unidade de captação de água bruta.

Em seguida, na Etapa 2, de **levantamento de informações e estabelecimento de indicadores para os dois Setores selecionados**, foram realizadas duas fases: a primeira fase consistiu no levantamento e sistematização de dados dos dois Setores selecionados, com coleta de informações gerenciais e de controle na COSANPA; enquanto na segunda fase foram determinados indicadores relacionados aos custos de implantação, de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica desses dois Setores.

³ A distância euclidiana consiste na distância compreendida entre dois pontos, tendo o Teorema de Pitágoras como embasamento matemático.

4.1.3. Fase 2.1 – Levantamento de informações operacionais e comerciais para os dois Setores selecionados

Na realização desta fase, visando o diagnóstico operacional e comercial dos Setores selecionados, foram levantadas as informações relacionadas a seguir, no Quadro 8; conforme informações disponibilizadas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)⁴:

Quadro 8 – Informações que serão levantadas para os Setores selecionados.

(continua)

Informações	Definição	Unidades	Código
Extensão da Rede de Água	Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, subadutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência.	<i>km</i>	AG005
Volume de Água Macromedido ⁵	Valor da soma dos volumes anuais de água medidos por meio de macromedidores permanentes: na(s) saída(s) da(s) ETA(s), da(s) UTS(s) e do(s) poço(s), bem como no(s) ponto(s) de entrada de água tratada importada, se existirem.	$\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$	AG012
Volume de Água Consumido	Volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços.	$\times 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$	AG010
Volume de Água Faturado	Volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços.		AG011
Volume de Água Micromedido	Volume anual de água medido pelos hidrômetros instalados nas ligações ativas de água. Não deve ser confundido com o volume de água consumido, pois nesse último incluem-se, além dos volumes medidos, também aqueles estimados para os usuários de ligações não medidas.		AG008
Arrecadação Total	Valor anual efetivamente arrecadado de todas as receitas operacionais, diretamente nos caixas do prestador de serviços ou por meio de terceiros autorizados (bancos e outros).	<i>R\$/ano</i>	FN006
Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água	Quantidade anual de energia elétrica consumida nos sistemas de abastecimento de água, incluindo todas as unidades que compõem os sistemas, desde as operacionais até as administrativas.	$\times 10^3 \text{kWh/ano}$	AG028

⁴ Essa padronização foi necessária tendo em vista o levantamento na Etapa 3 de valores de referência na literatura técnica e no próprio SNIS.

⁵ No caso da presente pesquisa, equivalente ao *Volume de Água Distribuído* pelo respectivo Setor.

(conclusão)

Informações	Definição	Unidades	Código
Despesas de Exploração com Energia Elétrica	Valor anual das despesas realizadas com energia elétrica (força e luz) nos sistemas de abastecimento de água, incluindo todas as unidades do prestador de serviços, desde as operacionais até as administrativas.	R\$/ano	FN013
Despesas de Exploração com Produtos Químicos	Valor anual das despesas realizadas com a aquisição de produtos químicos destinados aos sistemas de tratamento de água e nas análises de amostras de água.		FN011
Despesas de Exploração com Pessoal Próprio	Valor anual das despesas realizadas com empregados (inclusive diretores, mandatários, entre outros), correspondendo à soma de ordenados e salários, gratificações, encargos sociais (exceto PIS/PASEP e COFINS), pagamento a inativos e demais benefícios concedidos, tais como auxílio-alimentação, vale-transporte, planos de saúde e previdência privada.		FN010
Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros ⁶	Valor anual das despesas realizadas com serviços executados por terceiros. Deve-se levar em consideração somente despesas com mão-de-obra. Não se incluem as despesas com energia elétrica e com aluguel de veículos, máquinas e equipamentos (estas últimas devem ser consideradas no item Outras Despesas de Exploração).		FN014

Fonte: SNIS (2020b).

As informações foram coletadas junto ao prestador de serviços de abastecimento de água, no caso, a Companhia de Saneamento do Pará. As unidades da COSANPA que foram consultadas quanto às informações de “Extensão da Rede de Água” e de “DEX com Serviços de Terceiros” foram as Unidades de Negócios, de “Volume Macromedido” foi a Unidade Executiva de Pitometria e Macromedicação (UEPM/USRP), de “Consumo” e “DEX de Energia Elétrica” foi a Unidade Executiva de Controle de Energia (UECE/USRP), de “DEX de Produtos Químicos” foi a Unidade de Serviço de Produção de Água (USAG) e de “DEX de Mão-de-obra” foi a Unidade Executiva de Administração de Pessoas (UEAP/USGP). De forma complementar, as informações de “Volumes Consumido/Faturado/Micromedido” e “Arrecadação” também foram coletadas junto às Unidades de Negócio.

O ano-base das informações levantadas foi o de 2019, para possibilitar a comparação com os valores de referência, na Etapa 3.

⁶ Entretanto, na presente pesquisa, entendeu-se que os dados dos custos decorrentes dos serviços de retirada de vazamentos seriam mais interessantes de serem levantados; sem quaisquer prejuízos para as etapas posteriores de determinação de indicadores para os dois Setores (Fase 2.2) e de análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados (Etapa 3).

4.1.4. Fase 2.2 – Determinação de indicadores para os dois Setores selecionados

Na realização desta fase, foram estimados os indicadores de “Custos de Implantação” (*R\$/ano*) dos Sistemas de Abastecimento de Água pesquisados a partir do levantamento de indicadores de custos unitários por elementos integrantes dos sistemas, conforme metodologias desenvolvidas por Jungles (1994) e pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010), conforme apresentado anteriormente. Esses indicadores foram utilizados para mensuração dos “Custos de Implantação” (*R\$/ano*) dos Setores selecionados na presente pesquisa, de forma a complementar a análise de eficiência e de sustentabilidade econômica.

Para validação dos valores referenciais estabelecidos pelas metodologias desenvolvidas por Jungles (1994) e pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010), comparou-se o orçamento resultante (estimado) com planilha orçamentária (real) de obra(s) executada(s) pela Companhia de Saneamento do Pará.

Complementarmente, com base nas informações levantadas na fase anterior, listadas no Quadro 8, também foram determinados indicadores de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica, conforme relacionado no Quadro 9, a seguir:

Quadro 9 – Indicadores operacionais e de despesas.

(continuação)

Categorias	Indicadores	Unidades	Código (SNIS)	Fórmulas de Cálculo
Eficiência Operacional	Índice de Perdas na Distribuição	%	IN049	$\frac{(AG012 - AG010)}{AG012} \times 100$
	Índice de Perdas por Ligação	<i>L/dia.ligação</i>	IN051	$\frac{(AG012 - AG010)}{Quantidade\ de\ Ligações\ Ativas^7} \times \frac{10^6}{365}$
	Índice Bruto de Perdas Lineares	<i>m³/dia.km</i>	IN050	$\frac{(AG012 - AG010)}{AG005} \times \frac{1.000}{365}$
	Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água	kWh/m³	IN058	$\frac{AG028}{AG012}$
	Índice de Consumo de Água	%	IN052	$\frac{AG010}{AG012} \times 100$
	Índice de Micromedição Relativo ao Consumo		IN044	$\frac{AG008}{AG010} \times 100$

⁷ Informação levantada na Fase 1.1, para determinação da população atendida por Setor e por SAA.

(conclusão)

Categorias	Indicadores	Unidades	Código (SNIS)	Fórmulas de Cálculo
Eficiência Operacional	Índice de Faturamento de Água	%	IN028	$\frac{AG011}{AG012} \times 100$
	Indicador de Perdas no Faturamento		IN013	$\frac{(AG012 - AG011)}{AG012} \times 100$
	Indicador de Desempenho Financeiro		IN012	$\frac{FN006}{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)} \times 100$
Sustentabilidade Econômica	Despesa Total com os Serviços por Metro Cúbico Faturado	R\$/m ³	IN003	$\frac{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)}{AG011} \times 10^{-3}$
	Despesa de Exploração por Economia	R\$/econ.ano	IN027	$\frac{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)}{\text{Quantidade de Economias Ativas}^8}$
	Participação da Despesa com Pessoal Próprio nas Despesas de Exploração	%	IN035	$\frac{FN010}{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)} \times 100$
	Participação da Despesa com Energia Elétrica nas Despesas de Exploração		IN037	$\frac{FN013}{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)} \times 100$
	Participação da Despesa com Produtos Químicos nas Despesas de Exploração		IN038	$\frac{FN011}{(FN010 + FN011 + FN013 + FN014)} \times 100$
	Tarifa Média de Água	R\$/m ³	IN005	$\frac{FN006}{AG011} \times 10^{-3}$

Fonte: SNIS (2020b).

⁸ Informação levantada na Fase 1.1, para determinação da população atendida por SAA.

4.1.5. Etapa 3 – Análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados

Nessa etapa, foi realizada a análise da eficiência e da sustentabilidade econômica na prestação dos serviços no município de Belém.

Para tal, com base na metodologia desenvolvida por Bezerra (2012), aplicável na avaliação da sustentabilidade da prestação dos serviços de abastecimento de água em municípios, foram levantados os indicadores listados na literatura técnica e na série histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Tabela 3 e Tabela 4), para o(s) prestador(es) de abastecimento de água do município de Belém, do estado do Pará, da Região Norte e do Brasil, no ano-base 2019, sendo os mesmos calculados anteriormente para os dois SAAs selecionados na presente pesquisa, constantes no Quadro 9:

Tabela 3 – Indicadores adotados na análise de eficiência.

Nível Hierárquico	Indicadores								
	IN049	IN051	IN050	IN058	IN052	IN044	IN028	IN013	IN012
	Unidades								
	%	<i>L/ dia. ligação</i>	<i>m³/ dia. km</i>	<i>kWh /m³</i>	%				
Local	40,37	395,6	41,42	1,55	59,63	47,83	69,61	30,39	63,1
Estadual	29,83	356,93	28,25	1,08	71,13	50,77	58,08	64,40	92,76
Regional	41,91	546,01	31,83	0,73	58,09	56,01	60,80	39,20	90,82
Nacional	27,21	259,77	17,85	0,80	72,79	68,01	66,43	33,57	73,72

Fonte: SNIS (2020a).

Tabela 4 – Indicadores adotados na análise de sustentabilidade econômica.

Nível Hierárquico	Indicadores					
	IN003	IN027	IN035	IN037	IN038	IN005
	Unidades					
	<i>R\$/m³</i>	<i>R\$/ econ. ano</i>	%			<i>R\$/m³</i>
Local	5,25	564,7	43,54	23,34	5,12	3,53
Estadual	2,42	234,84	40,54	32,80	3,88	1,65
Regional	5,33	581,56	53,61	22,61	4,02	3,41
Nacional	2,84	289,93	46,87	22,62	3,98	2,60

Fonte: SNIS (2020a).

Os níveis hierárquicos adotados (*Local, Estadual, Regional e Nacional*) são referentes à agremiação dos indicadores desagregados extraídos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, a saber (Quadro 10):

Quadro 10 – Agremiação adotada para os níveis hierárquicos previstos.

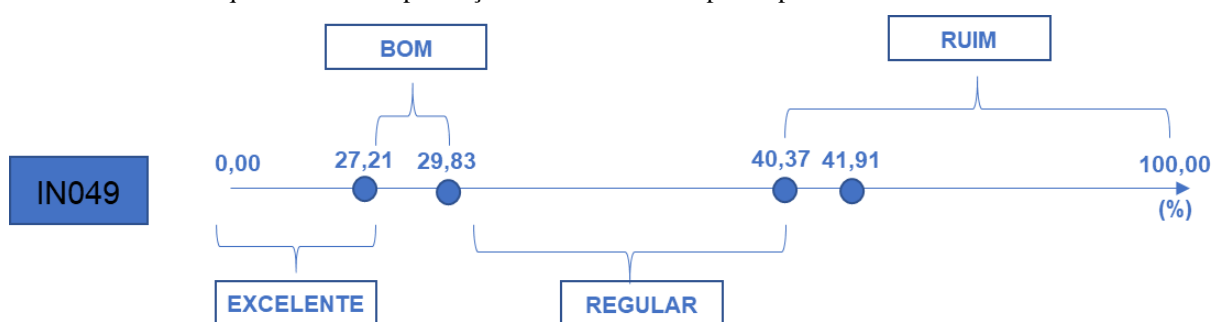
Nível Hierárquico	Descrição
Local (<i>Belém</i>)	Serão levantadas as médias dos indicadores selecionados na pesquisa a partir dos indicadores verificados nos SAAs localizados no município de Belém, com base na Série História do SNIS, no ano-base 2019. Portanto, para cada indicador, será calculada uma média do valor de referência municipal.
Estadual (<i>Pará</i>)	Serão levantados os indicadores selecionados na pesquisa para o Pará, com base nos municípios do estado que responderam à coleta de dados do SNIS em 2020, referente ao ano-base 2019. Portanto, para cada indicador, será calculada uma média do valor de referência estadual a partir dos respectivos indicadores municipais.
Regional (<i>Norte</i>)	Serão levantados os indicadores selecionados na pesquisa para os estados constituintes da Região Norte, com base nas médias estaduais de cada indicador, com base na coleta de dados do SNIS em 2020, referente ao ano-base 2019.
Nacional (<i>Brasil</i>)	Serão levantados os indicadores selecionados na pesquisa para os 26 estados da Federação e para o Distrito Industrial, com base nas médias estaduais de cada indicador, com base na coleta de dados do SNIS em 2020, referente ao ano-base 2019. Portanto, para cada indicador, será calculada uma média do valor de referência nacional a partir dos respectivos indicadores estaduais.

Fonte: Elaboração própria, 2020.

A partir dos indicadores médios anuais determinados anteriormente, na Tabela 3 e na Tabela 4, conforme agregação proposta no Quadro 10, foram organizados por indicador, em ordem crescente, os quatro valores de referência constituintes (levantados por nível hierárquico adotado, a saber: *Local* – “Belém”, *Estadual* – “Pará”, *Regional* – “Norte” e *Nacional* – “Brasil”).

Após essa ação, cada valor de referência integrante do intervalo foi vinculado a uma das seguintes categorias de qualidade na prestação dos serviços: Excelente (*Valor Mínimo ou Máximo do Intervalo, de acordo com o indicador*), Bom ou Regular (*Valores Intermediários*) e Ruim (*Valor Máximo ou Mínimo do Intervalo, de acordo com o indicador*), conforme exemplificado no Esquema 6 para o indicador “IN049 – Índice de Perdas na Distribuição”:

Esquema 6 – Exemplificação de faixa de desempenho para o indicador IN049.



ONDE:

- 1) 27,21% - Média Nacional (*Brasil*)
- 2) 29,83% - Média Estadual (*Pará*)
- 3) 40,37% - Média Local (*Belém*)
- 4) 41,91% - Média Regional (*Região Norte*)

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nesse contexto, na Tabela 5 e na Tabela 6, segue as faixas de desempenho para os indicadores de Eficiência Operacional e de Sustentabilidade Econômica, respectivamente:

Tabela 5 – Faixas de desempenho para os indicadores de eficiência operacional, com base nos valores de referência levantados no SNIS (2020a).

Categorias	Valores de Referência – Indicadores de Eficiência Operacional				
	IN049	IN051	IN050	IN058	
	Unidades				
	%	<i>L/dia. ligação</i>	<i>m³/dia.km</i>	<i>kWh/m³</i>	
Excelente	< 27,21	< 259,77	< 17,85	< 0,73	
Bom	27,22 – 29,83	259,78 – 356,93	17,86 – 28,25	0,74 – 0,80	
Regular	29,84 – 40,37	356,94 – 395,60	28,26 – 31,83	0,81 – 1,08	
Ruim	40,38 <	395,61 <	31,84 <	1,09 <	
Categorias	IN052	IN044	IN028	IN013	IN012
	Unidades				
	%				
Excelente	> 72,79	> 68,01	> 69,61	< 30,39	> 92,76
Bom	72,78 – 71,13	68,00 – 56,01	69,60 – 66,43	30,40 – 33,57	92,75 – 90,82
Regular	71,12 – 59,63	56,00 – 50,77	66,42 – 60,80	33,58 – 39,20	90,81 – 73,72
Ruim	59,62 >	50,76 >	60,79 >	39,21 <	73,71 >

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Tabela 6 – Faixas de desempenho para os indicadores de sustentabilidade econômica, com base nos valores de referência levantados no SNIS (2020a).

Prestadores de Serviços	Valores de Referência – Indicadores de Sustentabilidade Econômica		
	IN003	IN027	IN035
	Unidades		
	R\$/m ³	R\$/econ. ano	%
Excelente	< 2,42	< 234,84	< 40,54
Bom	2,43 – 2,84	234,85 – 289,93	40,55 – 43,54
Regular	2,85 – 5,25	289,94 – 564,70	43,55 – 46,87
Ruim	5,26 <	564,71 <	46,88 <
Prestadores de Serviços	IN037	IN038	IN005
	Unidades		
	%	%	R\$/m ³
Excelente	< 22,61	< 3,88	> 3,53
Bom	= 22,62	3,89 – 3,98	3,52 – 3,41
Regular	22,63 – 23,34	3,99 – 4,02	3,40 – 2,60
Ruim	23,35 <	4,03 <	2,59 >

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Cada categoria de qualidade na prestação dos serviços é vinculada a uma nota, para fins de cálculo da eficiência e da sustentabilidade econômica nos Setores (Tabela 7):

Tabela 7 – Categorias e notas atribuídas na análise de eficiência e da sustentabilidade econômica.

Categorias	Nota
Excelente	9,0
Bom	7,0
Regular	5,0
Ruim	3,0

Fonte: Bezerra (2012).

A partir da classificação e atribuição de notas por indicador calculado para os dois Setores pesquisados, foi calculada a nota final referente à eficiência e à sustentabilidade econômica por Setor, conforme Equação 1 e Equação 2, a seguir:

Equação 1 – Fórmula para cálculo da nota final referente à eficiência por Setor.

$$\begin{aligned}
 & \text{Nota Final – Eficiência} = \\
 & \frac{(Nota\ IN049) + (Nota\ IN051) + (Nota\ IN050) + \\
 & (Nota\ IN058) + (Nota\ IN052) + (Nota\ IN044) + \\
 & (Nota\ IN028) + (Nota\ IN013) + (Nota\ IN012)}{9} \times 10
 \end{aligned}$$

Fonte: Elaboração própria, 2020.

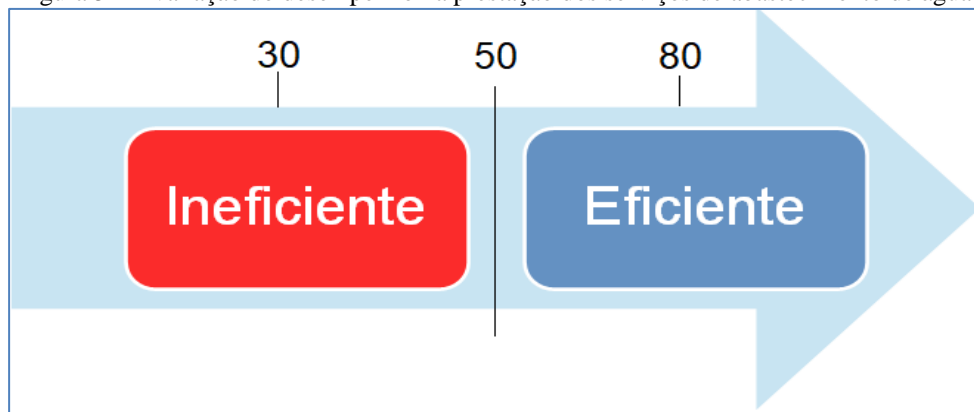
Equação 2 – Fórmula para cálculo da nota final referente à sustentabilidade econômica por Setor.

$$Nota\ Final - Sustentabilidade\ Econômica = \frac{(Nota\ IN003) + (Nota\ IN027) + (Nota\ IN035) + (Nota\ IN037) + (Nota\ IN038) + (Nota\ IN005)}{6} \times 10$$

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Com a determinação da nota final referente à condição de eficiência dos dois Setores pesquisados, foi realizada avaliação do mesmo a partir da escala da Figura 5:

Figura 5 – Avaliação do desempenho na prestação dos serviços de abastecimento de água.

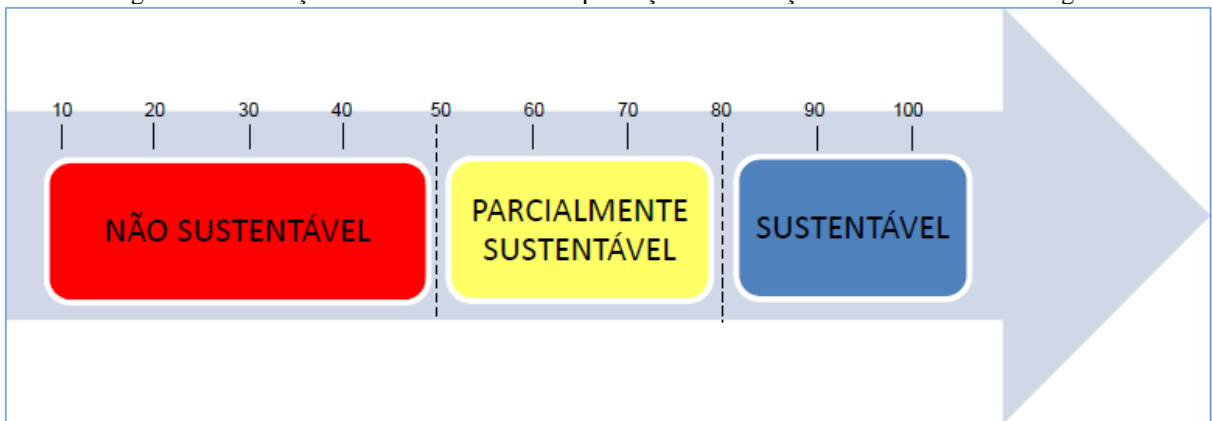


Fonte: Elaboração própria, 2020.

Portanto, em função da nota final atribuída, os Setores pesquisados foram considerados, quanto à eficiência, como *ineficiente* (≤ 50) ou *eficiente* ($51 \leq x$).

Complementarmente, com a determinação da nota final referente à condição de sustentabilidade econômica dos dois Setores selecionados, foi realizada avaliação da mesma a partir da escala da Figura 6, recomendada por Bezerra (2012):

Figura 6 – Avaliação da sustentabilidade da prestação dos serviços de abastecimento de água.



Fonte: Bezerra (2012).

Finalmente, em função da nota atribuída, a sustentabilidade econômica dos Setores selecionados foi considerada, do ponto de vista econômico, como *não sustentável* (≤ 50), *parcialmente sustentável* ($51 \leq x \leq 80$) ou *sustentável* ($81 \leq x \leq 100$).

5 RESULTADOS

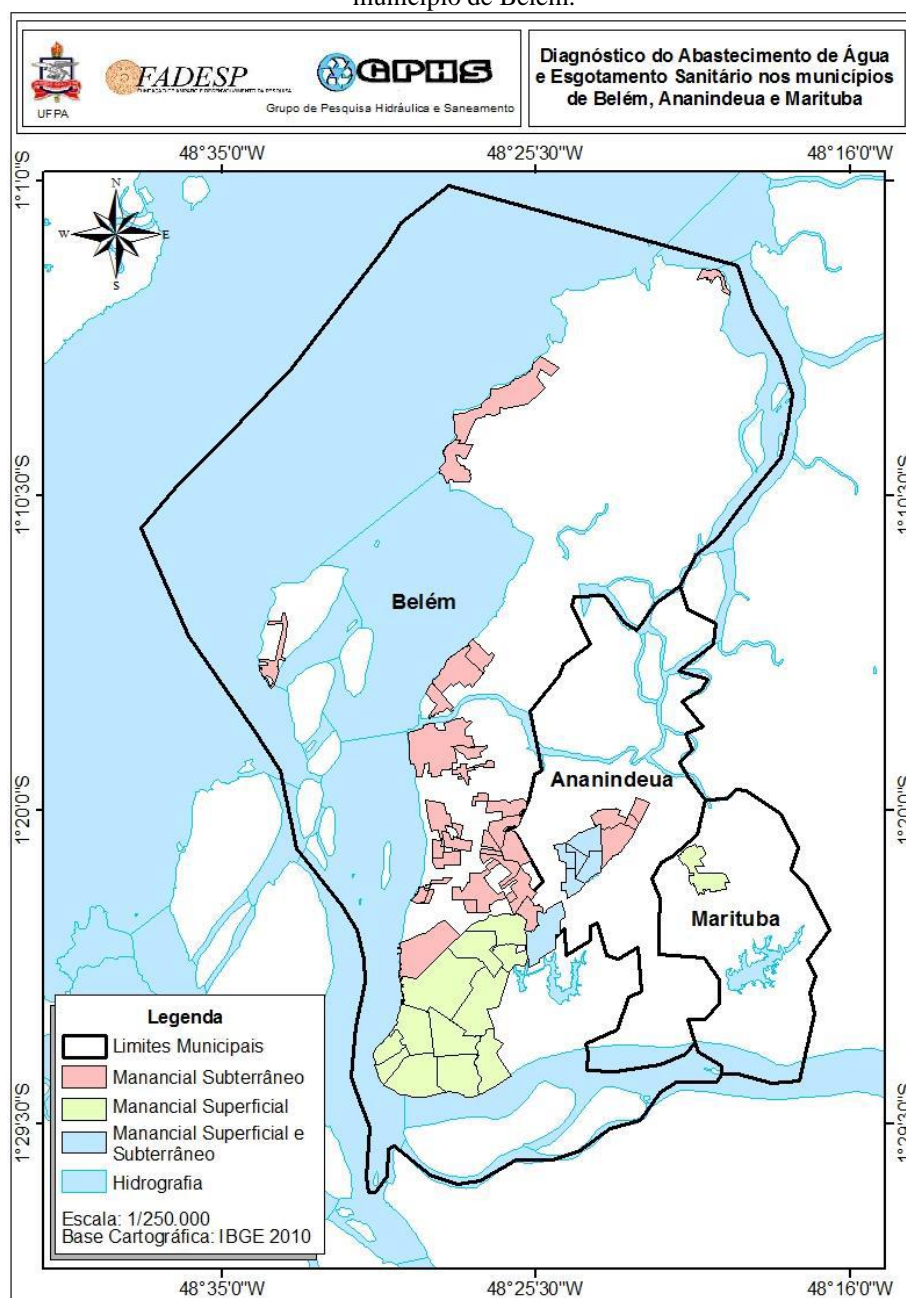
Na **Etapa 1, de caracterização da concepção dos SAAs do município de Belém e seleção de dois Setores para análise**, foram realizadas duas fases de atividades: a primeira fase consistiu na caracterização da concepção empregada no abastecimento de água do município de Belém; enquanto que na segunda fase foram estabelecidos os critérios de escolha para a seleção de dois Setores, distintos em relação ao manancial de captação de água, que foram escopo do presente estudo.

5.1. Fase 1.1 – Identificação dos Sistemas de Abastecimento de Água do município de Belém

Na realização da presente pesquisa, foi identificado que a concessionária não dispõe de sistema de informações consolidado, o que demandou o levantamento e a consulta das informações para caracterização dos SAAs em relatórios operacionais das Unidades de Negócios localizadas na Região Metropolitana de Belém – UN-SUL, UN-NORTE, UN-AM e UN-BR e, complementarmente, no PDSAA (UFPA, 2006).

Nesse contexto, foi verificado que, no município de Belém, corpos hídricos de distintas tipologias – superficial e subterrâneo – são utilizados como mananciais de captação de água bruta. No Mapa 2, são representados os SAAs localizados no município, por tipo de manancial:

Mapa 2 – Sistemas de Abastecimento de Água com manancial do tipo superficial e subterrâneo, localizados no município de Belém.



Fonte: UFPA (2013).

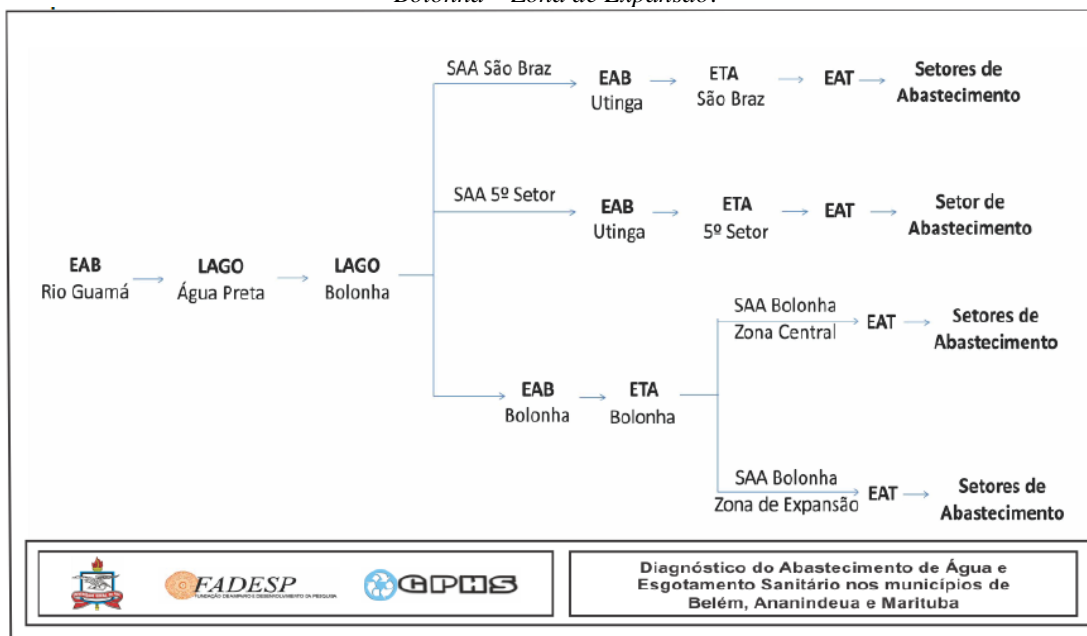
Foram levantados um total de 04 (quatro) SAAs Integrados, compostos por 20 Setores de Distribuição, cuja captação de água bruta se dá em manancial superficial, enquanto que, quanto aos SAAs Isolados, com captação em manancial subterrâneo, foram identificados 35 (trinta e cinco) Sistemas no município de Belém; conforme detalhado a seguir.

5.1.1. Sistemas Integrados

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2013), um sistema de abastecimento de água pode ser classificado como integrado quando abastece mais de um município. Esses sistemas são constituídos para atender, principalmente, as demandas de regiões metropolitanas e de regiões com baixa disponibilidade hídrica.

A região metropolitana de Belém é constituída de 04 (quatro) SAAs classificados como Integrados, a saber: *SAA Bolonha – Zona Central*, *SAA Bolonha – Zona de Expansão*, *SAA Utinga – São Brás* e *SAA Utinga – 5º Setor*, conforme ilustrado na Figura 7:

Figura 7 – Configuração dos *SAA Bolonha – Zona Central*, *SAA Utinga – São Brás*, *SAA Utinga – 5º Setor* e *SAA Bolonha – Zona de Expansão*.



Fonte: UFPA (2013).

Esses SAAs têm em comum as unidades de captação, adução, elevação e tratamento de água. A separação desses sistemas integrados ocorre nos Setores de Distribuição de Água, que, na maioria dos casos, são formados por RAP, EEAT, REL e RDA (UFPA, 2013).

Os SAAs *Bolonha – Zona Central*, *Utinga – São Brás* e *Utinga – 5º Setor* abastecem setores de distribuição localizados no município de Belém, enquanto que o *SAA Bolonha – Zona de Expansão* abastece setores localizados nos municípios de Belém e de Ananindeua, com perspectivas de ampliação para alcance futuro do município de Marituba.

Complementarmente, os SAAs que não são integrados ao Sistema Produtor Bolonha contam com captação subterrânea para fins de atendimento da demanda de água potável; configurando Sistemas Isolados, conforme detalhado a seguir.

5.1.2. Sistemas Isolados

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2013), um sistema de abastecimento de água pode ser classificado como isolado quando abastecem a(s) área(s) urbana(s) de um único município. Esses sistemas podem contar com fonte de captação do tipo subterrânea. Os municípios que utilizam fontes subterrâneas para abastecimento de água estão localizados, em sua maioria, em locais onde há sistemas aquíferos com boa disponibilidade hídrica.

O município de Belém é constituído por 15 (quinze) SAAs classificados como Isolados, a saber: SAA *10º Setor* – gerenciado pela UN-NORTE; SAA *Águas Lindas/Verdejante* – gerenciado pela UN-BR; SAAs *Ariri Bolonha, Benguí, Benjamin Sodré/Sideral, Canarinho, Catalina, Coqueiro, Cordeiro de Farias, IPASEP, Panorama XXI, Pratinha e Tenoné* – gerenciados pela UN-AM e dois SAAs de Residenciais tipo MCVC – *Quinta dos Paricás e Viver Primavera*, também gerenciados pela UN-AM; conforme informações reunidas a seguir, no Quadro 11:

Quadro 11 – SAAs Isolados existentes no município de Belém.

(continua)

Município	SAA	Setor	Atendimento
Belém	CDP	10º	Bairros: Barreiro, Maracangalha, Miramar e Val-de-Cans.
	Águas Lindas/Verdejante	-	Conjunto Verdejante.
	Pratinha	11º	Pratinha I e II
	Panorama XXI	15º	Bairros: Cabanagem Conjunto: Jardim Verde, Bom Futuro, Paulo Fonteles, Panorama XXI e Carmelândia.
	Catalina	16º	Conjuntos: Catalina, Xavante I, II e III. Comunidade: Pantanal (parte).
	Benguí	17º	Bairros: Benguí Residenciais: Rio das Pedras, Felipe Brasil, São Clemente (parte), Parque Verde (parte), Comunidade: Pantanal (parte).
	Cordeiro de Farias	18º	Conjuntos: Cordeiro de Farias, Bela Vista, Antônio Gueiros, Parque União, Kikuchi, Jardim América, Rui Barata e Mario Couto, Zoe Gueiros, Costa Brasil e Primavera.
	IPASEP	19º	Conjuntos: Satélite, Maguari, Ilha Porchat, Orlando Lobato, Pedro Teixeira.
		22º	

(conclusão)

Município	SAA	Setor	Atendimento
Belém	Benjamin Sodré/Sideral	23°	Bairros: Sideral, Cabanagem (parte). Comunidades: Cabanagem, Bom Futuro e Bom Jesus.
	Coqueiro	25°	Bairros: Coqueiro Comunidade: Cabanagem, Parque Brasil, Santa Maria e Bom Jesus.
	Ariri Bolonha	26°	Conjuntos: Ariri Bolonha, Mario Covas e Carneirinho.
	Canarinho	-	Comunidade Canarinho e Conjuntos José Homobono I e II.
	Tenoné	-	Bairros: Tenoné I e II Conjunto: Teotônio Vilela.
	Quinta dos Paricás ⁹	-	Residencial Quinta dos Paricás.
	Viver Primavera ¹⁰	-	Residencial Viver Primavera.

Fonte: UFPA (2013); COSANPA (2020a).

Além dos SAAs listados no Quadro 11, a quantidade de SAAs Isolados da COSANPA passou por incremento quando da assinatura do Contrato de Programa n.º 001/2015 com a Prefeitura Municipal de Belém, que resultou na extinção do antigo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB), sendo que os SAAs anteriormente operados pelo SAAEB foram repassados ao prestador regional dos serviços de abastecimento de água.

Os referidos SAAs, todos hoje operados pela COSANPA, estão listados no Quadro 12:

Quadro 12 – SAAs Isolados incorporados do SAAEB.

(continua)

Distrito e/ou Ilha	SAA	Atendimento
Icoaraci	Eduardo Angelim	Parque Guajará, Eduardo Angelim, Fé em Deus, Café Liberal, Irmã Dulce e Gabriele I e II, Residencial Castanheira
	Mata Fome	Tapanã, Residencial Cabano, Park Arthur Bernardes, Bom Jesus
	Pratinha II	Pratinha II, Duas Irmãs, Aldo Almeida, São Gaspar, e Bom Jesus II
	Pratinha I	Pratinha I

⁹ O Sistema de Abastecimento de Água do Residencial Quinta dos Paricás foi recebido pela COSANPA, para fins de operação, manutenção e guarda, em 2020, mediante entrega das unidades habitacionais para os moradores, beneficiários do Programa “Minha Casa, Minha Vida”;

¹⁰ O Sistema de Abastecimento de Água do Residencial Viver Primavera foi recebido pela COSANPA, para fins de operação, manutenção e guarda, em 2017, mediante entrega das unidades habitacionais para os moradores, beneficiários do Programa “Minha Casa, Minha Vida”.

(conclusão)

Distrito e/ou Ilha	SAA	Atendimento
Icoaraci	Raimundo Jinkings	Raimundo Jinkings, Bairro da fé, Nahuel Moreno
	Tocantins	Tocantins e 26 de Outubro e o Residencial Anísio Teixeira
	Águas Negras	Águas Negras e Morada Nova
	COHAB	Conjunto COHAB
	Morada de Deus	Morada de Deus, Uxiteua, Vila dos Inocentes
	Paracuri	Paracuri II, Parque Guará, Central Parque
	São Roque	Campina, Cruzeiro, Agulha
	Souza Franco	Ponta Grossa, Agulha, Cruzeiro, Paracuri I, Campina
Outeiro	Água Boa	Água Boa
	Brasília	Brasília
	São João do Outeiro	São João do Outeiro
Mosqueiro	5ª Rua	Vila, Aeroporto, Praia Grande
	Baía do Sol	Baía do Sol
	Carananduba	Carananduba
	Praia do Bispo	Praia Grande
Cotijuba	Cotijuba/Farol	Vila de Cotijuba

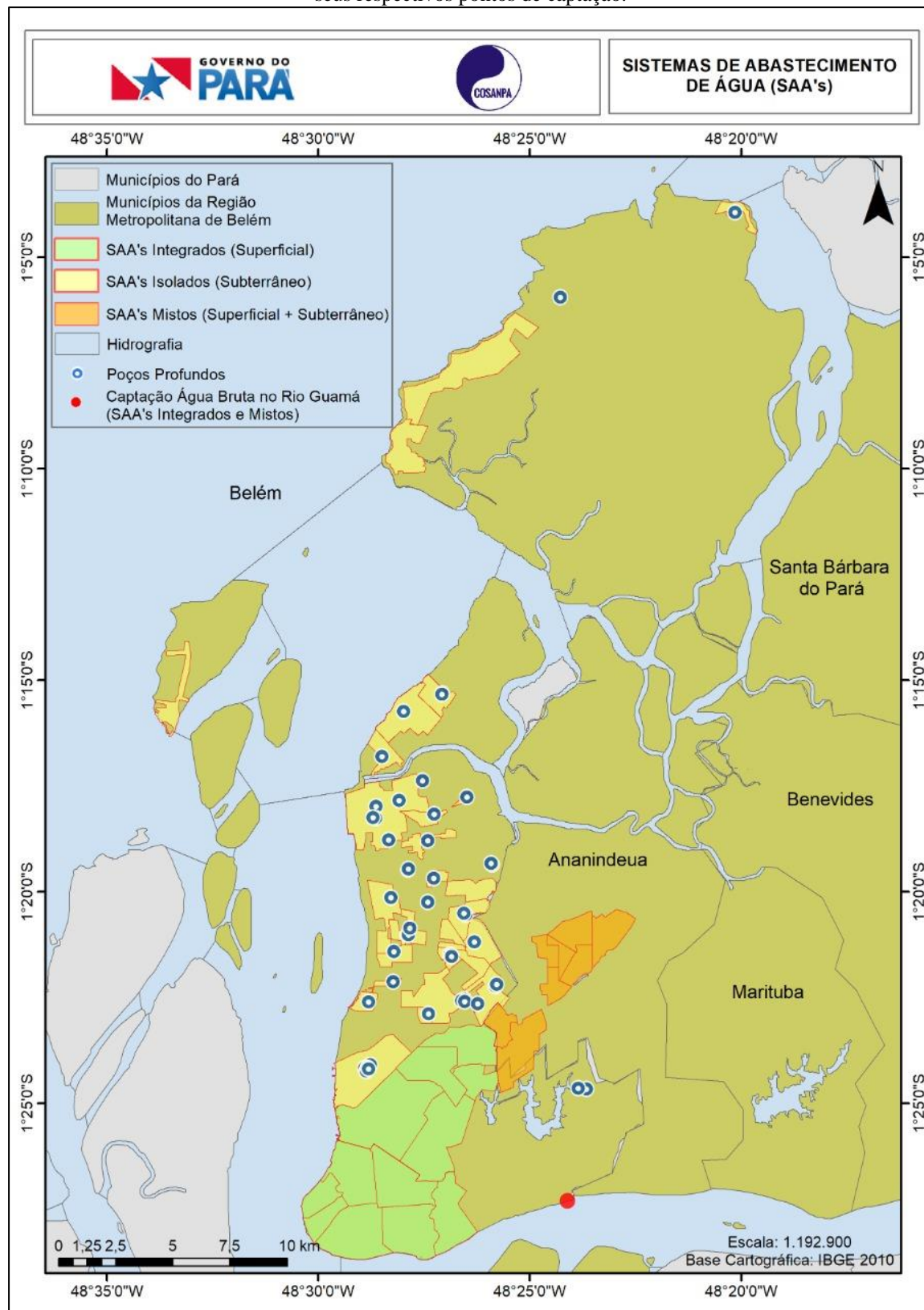
Fonte: UFPA (2013); COSANPA (2020a).

Com isso, além dos 15 (quinze) SAAs Isolados iniciais – Quadro 11, foram englobados mais 20 (vinte) Sistemas a partir da extinção do SAAEB – Quadro 12; o que resultou em um total de 35 (trinta e cinco) SAAs Isolados atualmente operados pela Companhia de Saneamento do Pará no município de Belém.

5.1.3. Localização Geográfica e Unidades Constituintes

Para melhor visualização, a localização geográfica dos SAAs Integrados e Isolados localizados no município de Belém, inclusive dos Setores localizados no município de Ananindeua e atendidos pelo SAA *Bolonha – Zona de Expansão*, com os seus respectivos pontos de captação superficial e subterrânea, está ilustrada a seguir, no Mapa 3:

Mapa 3 – Localização geográfica dos SAAs Integrados e Isolados localizados no município de Belém, com os seus respectivos pontos de captação.



Fonte: COSANPA (2021a).

Informações respectivas ao ponto de captação superficial no Rio Guamá, referente aos SAAs Integrados, e aos pontos com captação subterrânea, vinculados aos SAAs Isolados, estão reunidas a seguir, na Tabela 8 e no Quadro 13:

Tabela 8 – Ponto de captação superficial referente aos SAAs Integrados, localizados no município de Belém.

MUNICÍPIO	SISTEMA	SETOR DE DISTRIBUIÇÃO	OUTORGA DE DIREITO DE USO	VAZÃO OUTORGADA (m³/h)	VALIDADE DA OUTORGA
Belém	Bolonha – Zona Central	4º	Resolução n.º 406/2016	24.650,00	25/06/2037
		6º			
		7º			
		8º			
		9º			
	Utinga – São Brás	1º			
		2º			
		3º			
	Utinga – 5º Setor	5º			
Ananindeua	Bolonha – Zona de Expansão	12º			
		13º			
		14º			
		27º			
		28º			
		29º			
		30º			
		31º			
		32º			
		33º			
		37º			

Fonte: COSANPA (2021a).

Quadro 13 – Pontos de captação subterrânea integrantes dos SAAs Isolados, localizados no município de Belém.

(continua)

MUNICÍPIO, DISTRITO E/OU ILHA	SISTEMA	POÇO	ENDEREÇO	COORDENADAS		SITUAÇÃO (ATIVO/INATIVO)	OUTORGA DE DIREITO DE USO	PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	VAZÃO OUTORGADA (m³/h)	PERÍODO DE BOMBEAMENTO (h)	VAZÃO OUTORGADA (m³/dia)	VALIDADE DA OUTORGA
				LATITUDE	LONGITUDE							
Outeiro	Água Boa	P1	Travessa Flamengo, S/N entre Rua Jader Barbalho e Rua Heitor Costa	1°15'18,50"S	48°27'3,70"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4610/2020	280	160	20	3.200	28/07/2025
		P2		1°15'19,30"S	48°27'4,70"O			270	200	20	4.000	
Belém	Águas Lindas	P1	Rua Osvaldo Cruz, S/N – Conjunto Verdejante	1°24'39,61"S	48°23'39,34"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4391/2020	268	168,75	18	3.037,5	28/05/2025
		P2		1°24'38,08"S	48°23'51,07"O	Ativo		232,09	186,2	18	3.351,6	
Icoaraci	Águas Negras	P1	Rua Hélio Amanajás, S/N entre a Rua da Brasília e a Pass. Ceará	1°18'9,42"S	48°27'15,80"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 5161/2020	270,75	272	20	5.440	25/11/2025
Belém	Ariri Bolonha	P1	Av. Central, S/N – Conjunto Residencial Ariri Bolonha	1°21'10,44"S	48°26'18,72"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4191/2020	247	173,64	20	3.473	15/02/2025
	Benguí	P2	Passagem Santo Antônio, S/N entre Rodovia Augusto Montenegro e Passagem Magalhães Barata	1°22'31,90"S	48°26'32,61"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4195/2020	272	160	20	3.200	18/02/2025
		P3		1°22'33,98"S	48°26'36,66"O	Ativo		245	160	20	3.200	
		P5		1°22'35"S	48°26'32"O	Ativo		270	103,65	20	2.073	
	Benjamim Sodré/Sideral	P5	Avenida das Andorinhas, S/N	1°21'28,60"S	48°26'52,66"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4187/2020	200	160	20	3.200	15/02/2025
		P7		1°21'29,82"S	48°26'50,88"O	Ativo		272	160	20	3.200	
		P8		1°21'31,12"S	48°26'50,46"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4252/2020	268	200	20	4.000	16/03/2025
Outeiro	Brasília	P1	Rua da Balsa, S/N esquina com Travessa Juscelino Kubitschek	1°16'47,79"S	48°28'29,31"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4503/2020	264,01	221,43	20	4.428,60	29/06/2025
Belém	Canarinho	P1	Rua Atenas esquina com a Travessa Marciano - Conjunto Residencial Canarinho	1°20'13,95"S	48°27'24,70"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4184/2020	263,14	147,37	20	2.947	11/02/2025
	Catalina	P2	Av. Major Aviador Seda, S/N entre Rua Cel. Tibério e Travessa 10 – Conjunto Residencial Catalina nº 383	1°22'52,51"S	48°27'23,49"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4167/2020	252	270	20	5.400	04/02/2025
	CDP	P1	WE 03, n.º 572 – Conjunto Paraíso dos Pássaros	1°24'10,74"S	48°28'52,39"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 2777/2017	257,91	124	18	2.232	13/02/2022
		P3		1°24'9,04"S	48°28'50,98"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 5468/2021	271	180	20	3.600	07/04/2026
		P4		1°24'13,89"S	48°28'51,77"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 2777/2017	275	183,05	18	3.294,9	13/02/2022
		P5		1°24'8,76"S	48°28'46,83"O	Ativo		274	153,24	18	2.758,32	
		P6		1°24'5,10"S	48°28'45,95"O	Ativo		274	216	18	3.888	
		P7		1°24'9,10"S	48°28'50,20"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4382/2020	243,56	135	20	2.700	25/05/2025
		P8		1°24'11,10"S	48°28'48,30"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 5468/2021	242	57,38	20	1.147,60	07/04/2026
Icoaraci	COHAB	P1	Conjunto COHAB, Rua N4, S/N	1°17'49,70"S	48°28'05,32"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 5006/2020	257,55	262,04	20	4.193	01/10/2025
Belém	Coqueiro	P1	Passagem Veteranos, S/N entre Rua do Fio e Rua Benjamin	1°22'13,74"S	48°25'48,44"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4151/2020	268,2	160	20	3.200	29/01/2025
		P2		1°22'11,03"S	48°25'46,57"O	Ativo		268,2	160	20	3.200	

(continua)

MUNICÍPIO, DISTRITO E/OU ILHA	SISTEMA	POÇO	ENDEREÇO	COORDENADAS		SITUAÇÃO (ATIVO/INATIVO)	OUTORGA DE DIREITO DE USO	PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	VAZÃO OUTORGADA (m³/h)	PERÍODO DE BOMBEAMENTO (h)	VAZÃO OUTORGADA (m³/dia)	VALIDADE DA OUTORGA
				LATITUDE	LONGITUDE							
Belém	Cordeiro de Farias	P4	Alameda 06, S/N - Conjunto Cordeiro de Farias	1°21'00.46"S	48°27'53.34"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4153/2020	240	170	20	3.400	29/01/2025
		P6		1°20'59.09"S	48°27'51.80"O	Ativo		270,16	270	20	5.400	
		P7		1°21'0.7"S	48°27'51.9"O	Ativo		265,33	160	20	3.200	
Cotijuba	Cotijuba	P1	Av. Jarbas Passarinho, na Ilha de Cotijuba - Pará	-	-	Ativo	Em Processo de Regularização da Outorga de Direito					
Icoaraci	Eduardo Angelim	P1	Rodovia Augusto Montenegro, S/N esquina com a Rua 17 de Abril	1°18'47.01"S	48°27'24.50"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4821/2020	255,38	272	20	5.440	27/08/2025
Belém	IPASEP	P7	Rua SN05, S/N	1°20'32.02"S	48°26'30.66"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4157/2020	244,74	240	20	4.800	29/01/2025
		P8		1°20'30.20"S	48°26'33.40"O	Ativo		242,87	240	20	4.800	
Belém	Mata Fome	P1	Rua Almirante Tamandaré, S/N entre Rua Uberaba e Rodovia do Tapanã	1°20'07.91"S	48°28'16.83"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4546/2020	259,14	206	20	4.120	19/07/2025
Icoaraci	Morada de Deus	P1	Parque Zorgbh - Rua Elcione Barbalho entre a Estrada Velha do Outeiro e a Rua Amazonex	1°17'21.90"S	48°27'31.70"O	Ativo	Em Processo de Regularização da Outorga de Direito					
Belém	Panorama XXI	P2	Rua Principal do Conjunto Panorama XXI, S/N esquina com a Rua da Quadra 13	1°22'38.3"S	48°26'13.7"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4163/2020	252,25	224	20	4.480	02/02/2025
Icoaraci	Paracuri	P1	Rua L1, S/N entre a Tv. 6 e a Tv.7	1°18'46.10"S	48°28'19.90"O	Ativo	Em Processo de Regularização da Outorga de Direito					
Belém	Pratinha	P1	Rodovia Arthur Bernardes, S/N	1°22'35.5"S	48°28'48.3"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4164/2020	248	200	20	4.000	02/02/2025
	Pratinha I	P2	Passagem Profeta Jeremias, S/N entre Pass. Novo Horizonte e Pass. Samaritana	1°22'7.30"S	48°28'13.70"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4529/2020	251,33	136	20	2.720	16/07/2025
	Pratinha II	P1	Rua Bandeirante, S/N entre a Trav. Liberdade e Trav. Fluminense	1°21'24.46"S	48°28'12.43"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 5052/2020	270	105,33	20	2.107	22/10/2025
	Raimundo Jinkings	P1	Rua Juscelino Kubitscheck, S/N entre as Ruas José Alves e Jocelim Brasil, no Conj. Raimundo Jinkings	1°20'51.36"S	48°27'49.77"O	Inativo	Não se Aplica					
Outeiro	São João do Outeiro	P1	Rua Manoel Barata, S/N esquina com a Tv. Belém	1°15'43.69"S	48°27'58.64"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4980/2020	273	240	20	4.800	29/09/2025
Icoaraci	São Roque	P1	Tv. São Roque, S/N entre a Rua Oito de Setembro e a Rua Dois de Dezembro	1°17'58.30"S	48°28'38.10"O	Ativo	Em Processo de Regularização da Outorga de Direito					
Icoaraci	Souza Franco	P1	Tv. Souza Franco, S/N entre a Rua Dois de Dezembro (esquina) e a Rua Santa Izabel	1°18'15.38"S	48°28'38.49"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4988/2020	260	272	20	5.440	29/09/2025
		P2		1°18'14.23"S	48°28'42.25"O	Ativo		268,55	134,46	20	2.689	
Belém	Tenoné	P1	Rua das Orquídeas, S/N esquina com a Rua Valparaíso	1°19'20.77"S	48°25'53.23"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4236/2020	275,55	110	20	2.200	16/03/2025
		P2		1°19'19,11"S	48°25'54,80"O	Ativo		267,2	110	20	2.200	
	Tocantins	P1	Rua Golveia Silva s/n, esquina com a Rua dos Líderes	1°19'40.40"S	48°27'15.90"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 4803/020	249	270	18	4.860	26/08/2025
	Quinta dos Paricás	P1	Estrada do Maracacuera, S/N	1°17'45,40"S	48°26'28,90"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 3085/2018 ¹	233	115	12	1.380	11/01/2023
	Viver Primavera	P1	Rua do Ranário, S/N	1°19'28.02"S	48°27'52.65"O	Ativo	Outorga de Direito n.º 3679/2020	80	12,88	20	258	20/01/2025
		P2		1°19'27.30"S	48°27'52.00"O	Ativo		80	9,49	20	190	

¹¹Esse título está no nome/razão social da construtora “SPE Paricás Construção Civil Ltda” (CNPJ 19.113.461/0001-07), que implantou o Residencial Quinta dos Paricás. Como já houve o recebimento definitivo do SAA pela COSANPA, será solicitada a mudança de titularidade da referida Outorga de Direito.

(conclusão)

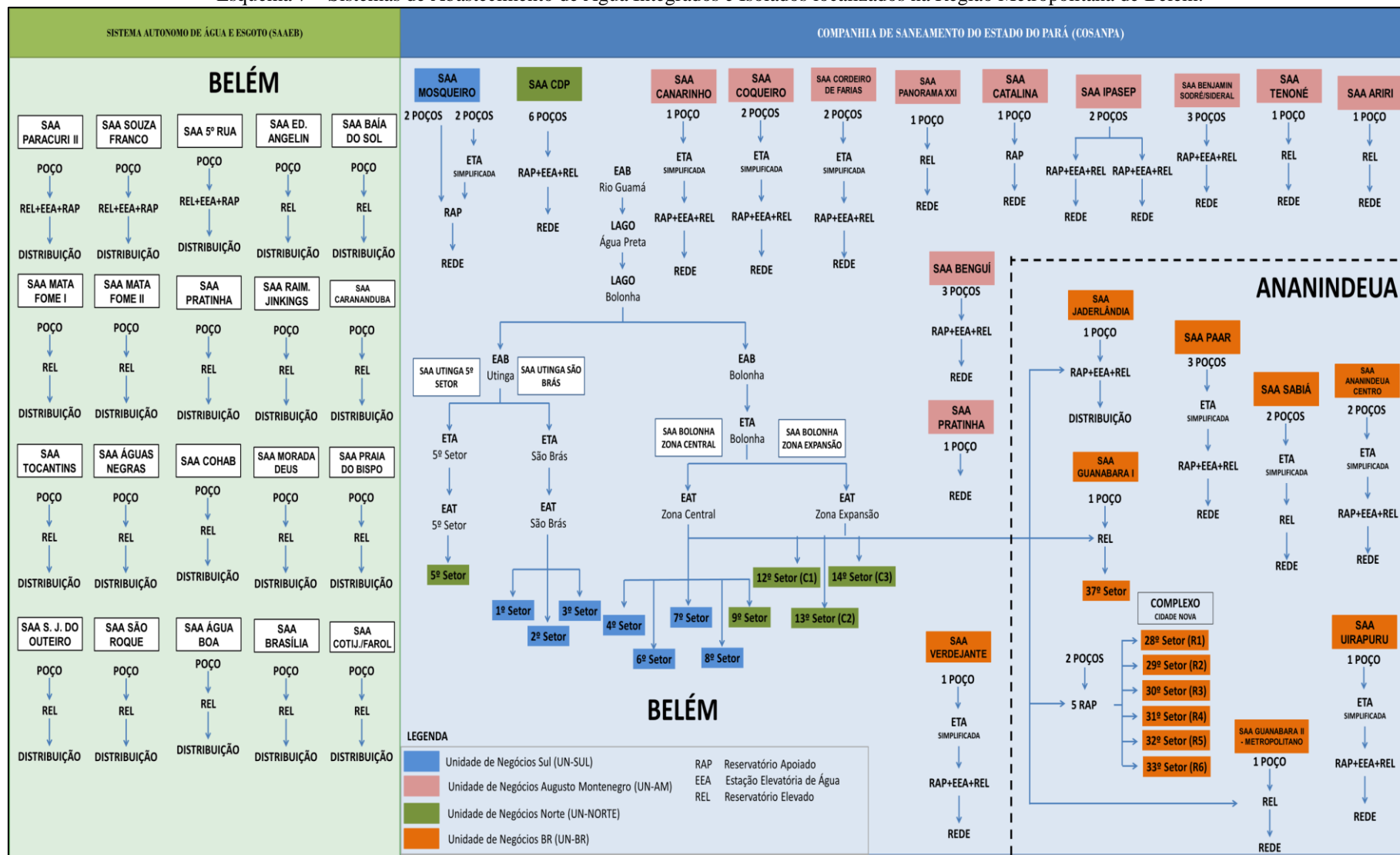
MUNICÍPIO, DISTRITO E/OU ILHA	SISTEMA	POÇO	ENDEREÇO	COORDENADAS		SITUAÇÃO (ATIVO/INATIVO)	OUTORGA DE DIREITO DE USO	PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	VAZÃO OUTORGADA (m³/h)	PERÍODO DE BOMBEAMENTO (h)	VAZÃO OUTORGADA (m³/dia)	VALIDADE DA OUTORGA
				LATITUDE	LONGITUDE							
Mosqueiro	5ª Rua/ Padre Manoel Raiol	P1, P2, P3 e P4	Rua Padre Manoel Raiol, S/N	-	-	Ativo	Outorga de Direito n.º 4392/2020	-	-	-	10.400	28/05/2025
	Baía do Sol	P1	Estrada Furo das Marinhas, S/N	01°03'55.76"S	48°20'08,48"W	Ativo	Outorga de Direito n.º 4358/2020	274	160	20	3.200	14/05/2025
	Carananduba	P1	Rodovia Eng. Augusto Meira Filho, S/N	01°05'56,01"S	48°24'16,69"W	Ativo	Outorga de Direito n.º 4356/2020	270	100	20	2.000	13/05/2025
	Praia do Bispo	P1, P3, P4 e P5	Rua da COSANPA, S/N	-	-	Ativo	Outorga de Direito n.º 4369/2020	-	-	-	10.500	21/05/2025

Fonte: COSANPA (2021a).

A partir da Tabela 8 e do Quadro 13, quanto ao status da Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, verifica-se que mediante a Resolução n.º 406/2016, emitida pela Agência Nacional de Águas (ANA), todos os SAAs Integrados do município de Belém – *SAA Bolonha/Zona Central*, *SAA Bolonha/Zona de Expansão*, *SAA Utinga/São Brás* e *SAA Utinga/5º Setor*, possuem outorga vigente; enquanto que 30 dos 35 SAAs Isolados (85,70%) estão com os seus respectivos pontos de captação em manancial subterrâneo outorgados.

Complementarmente, um resumo das unidades constituintes dos SAAs Integrados e Isolados localizados no município de Belém, inclusive dos Setores localizados no município de Ananindeua e atendidos pelo *SAA Bolonha/Zona de Expansão*, está ilustrado a seguir, no Esquema 7:

Esquema 7 – Sistemas de Abastecimento de Água Integrados e Isolados localizados na Região Metropolitana de Belém.



Fonte: UFPA (2013).

5.1.4. População Atendida x Área de Cobertura

Para complementação da caracterização dos SAAs Integrados e Isolados existentes no município de Belém, foram levantadas informações de *População Atendida* e de *Área de Cobertura*, tendo 2021 como ano-base; conforme Tabela 9 e Tabela 10, a seguir:

Tabela 9 – SAAs tipo Integrados, localizados no município de Belém.

Município	SAA	Sector de Distribuição	Economias Residenciais Totais	População Residente por Domicílio (IBGE, 2010)	População Atendida (hab.)	Área de Cobertura (km²)	
Belém	Bolonha – Zona Central	4º	29.511	3,77	111.257	4,88	
		6º	29.544		111.381	4,69	
		7º	18.911		71.293	4,23	
		8º	41.579		156.751	5,60	
		9º	56.234		212.004	10,30	
	População Total SAA Bolonha – Zona Central (A)				662.686	29,7	
	Utinga – São Brás	1º	9.056	3,77	34.141	1,82	
		2º	8.694		32.776	1,54	
		3º	31.401		118.383	4,55	
	População Total SAA Utinga – São Brás (B)				185.300	7,91	
	Utinga – 5º Setor	5º	26.220	3,77	98.850	6,90	
	População Total SAA Utinga – 5º Setor (C)				98.850	6,90	
	Ananindeua	Bolonha – Zona de Expansão	12º	7.508	3,77	28.304	1,84
			13º	8.160		30.765	2,00
			14º	16.892		63.683	4,14
27º			12.017	3,75	45.064	1,50	
28º			3.203		12.012	1,14	
29º			3.111		11.665	0,79	
30º			4.439		16.646	1,53	
31º			5.263		19.737	2,00	
32º			3.113		11.672	2,63	
33º			2.856		10.711	0,99	
37º			4.434		16.628	4,31	
População Total SAA Bolonha – Zona de Expansão (D)					266.887	22,87	
População Total Sistema Produtor Bolonha (A + B + C +D)				1.213.723	67,38		

Fonte: COSANPA (2021b).

Conforme ilustrado na Tabela 9, a população total atendida pelo Sistema Produtor Bolonha é de 1.213.723 habitantes, sendo 1.069.588 habitantes residentes em Belém, o que equivale a 71,65% da população total do município, e 144.135 habitantes residentes em Ananindeua, representando 27,16% da população total do município.

Complementarmente, o restante da população residente em Belém e coberta com sistema público de abastecimento de água é atendida por Sistemas Isolados, conforme Tabela 10, a seguir:

Tabela 10 – SAAs tipo Isolados, localizados no município de Belém.

(continua)

Município	UN	Setor de Distribuição	Economias Residenciais Totais	População Residente por Domicílio (IBGE, 2010)	População Atendida (hab.)	Área de Cobertura (km²)
Belém	UN-NORTE	10º Setor – CDP	14.461	3,77	54.518	5,80
	UN-BR	SAA Águas Lindas/Verdejante	903		3.404	0,67
	UN-AM	11º Setor – Pratinha	1.753		6.607	0,75
		15º Setor – Panorama XXI	4.957		18.689	0,25
		16º Setor – Catalina	3.892		14.673	0,44
Belém	UN-AM	17º Setor – Benguí	8.000		30.161	3,36
		18º Setor – Cordeiro de Farias	9.750		36.758	1,10
		19º Setor – IPASEP/Satélite	8.311		31.334	2,49
		23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral	6.622		24.966	1,48
		25º Setor – Coqueiro	6.600		24.884	1,98
		26º Setor – Ariri Bolonha	3.522		13.279	1,94
		SAA Canarinho	1.141		4.302	-
		SAA Tenoné	2.655		10.009	
		SAA Residencial Viver Primavera	637		2.400	
		SAA Quinta dos Paricás	2.826		10.656	
	SAAEB (UN-AM)	Eduardo Angelim	—			0,87
		Mata Fome				2,40
		Pratinha II				1,00
		Pratinha I				0,76
		Raimundo Jinkings				0,32
		Tocantins				0,39
		Águas Negras				0,81
		Morada de Deus				7,60
		COHAB				
		Paracuri				
		São Roque				
		Souza Franco				

(conclusão)						
Município	UN	Setor de Distribuição	Economias Residenciais Totais	População Residente por Domicílio (IBGE, 2010)	População Atendida (hab.)	Área de Cobertura (km²)
Belém	SAAEB (UN-AM)	Água Boa		—		1,43
		Brasília				1,27
		São João do Outeiro				3,65
		Cotijuba				1,81
		5ª Rua				2,80
		Baía do Sol				0,83
		Carananduba				7,24

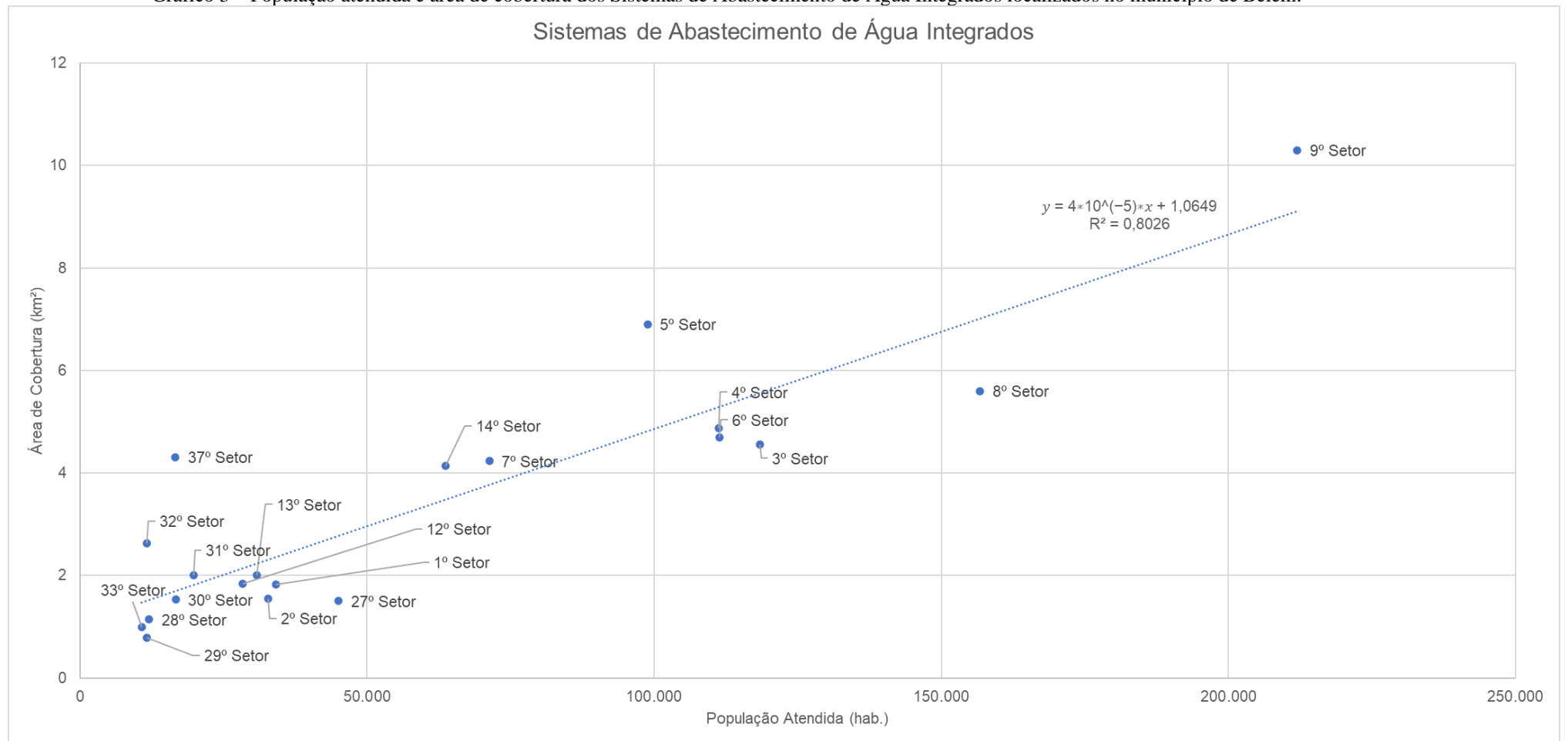
Fonte: COSANPA (2021b).

Não foi possível estimar a população atendida pelos SAAs incorporados do SAAEB em função de todos estarem, desde o recebimento dos mesmos pela COSANPA, em fase de atualização cadastral.

5.2 Fase 1.2 – Seleção de dois Setores para análise

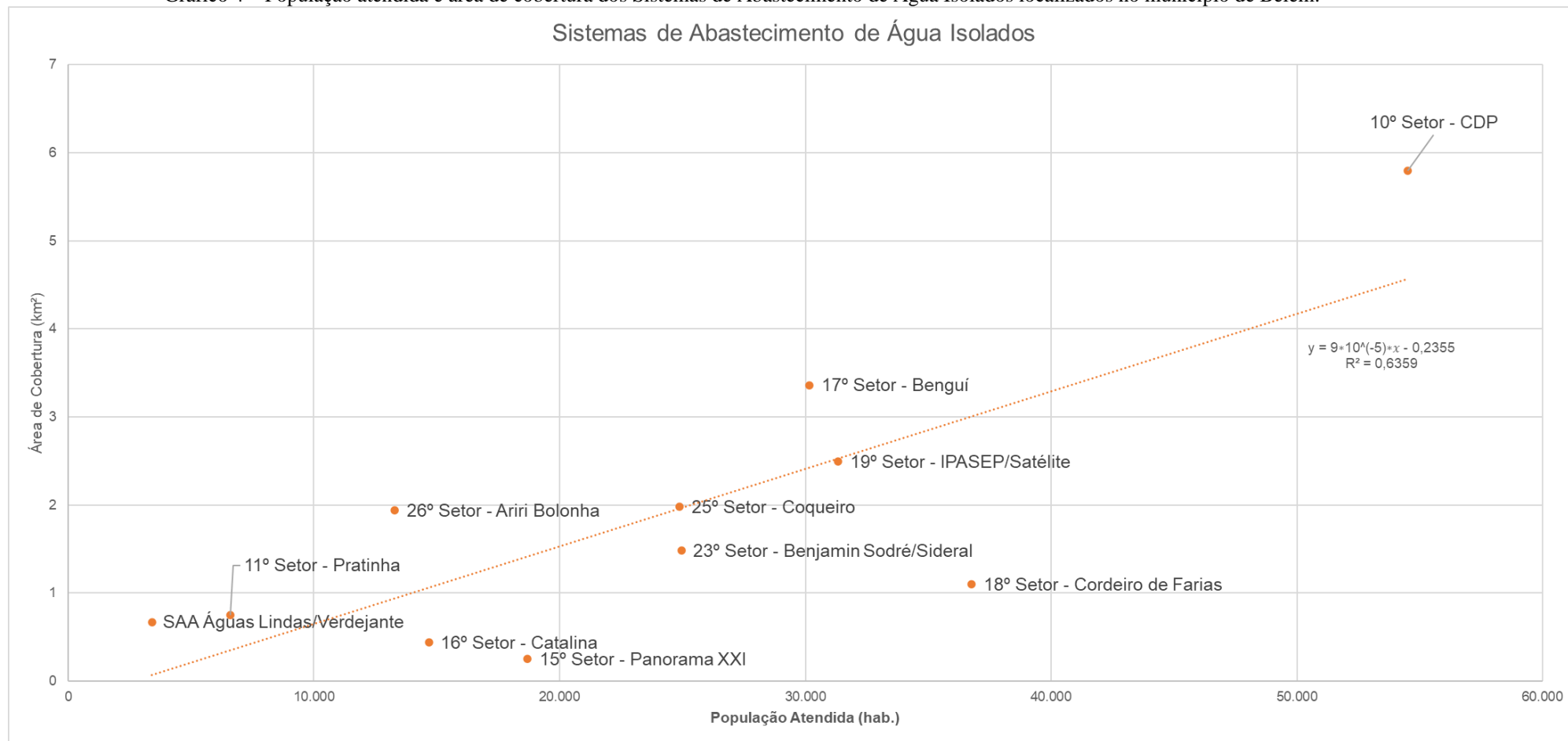
Após o levantamento das informações de “População Atendida” e de “Área de Cobertura” na Fase 1.1, para melhor comparação entre os Setores integrantes de SAAs Integrados e Isolados e seleção dos dois Setores que serão escopo da presente pesquisa, foram plotados o Gráfico 3, o Gráfico 4 e o Gráfico 5, a seguir:

Gráfico 3 – População atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Integrados localizados no município de Belém.



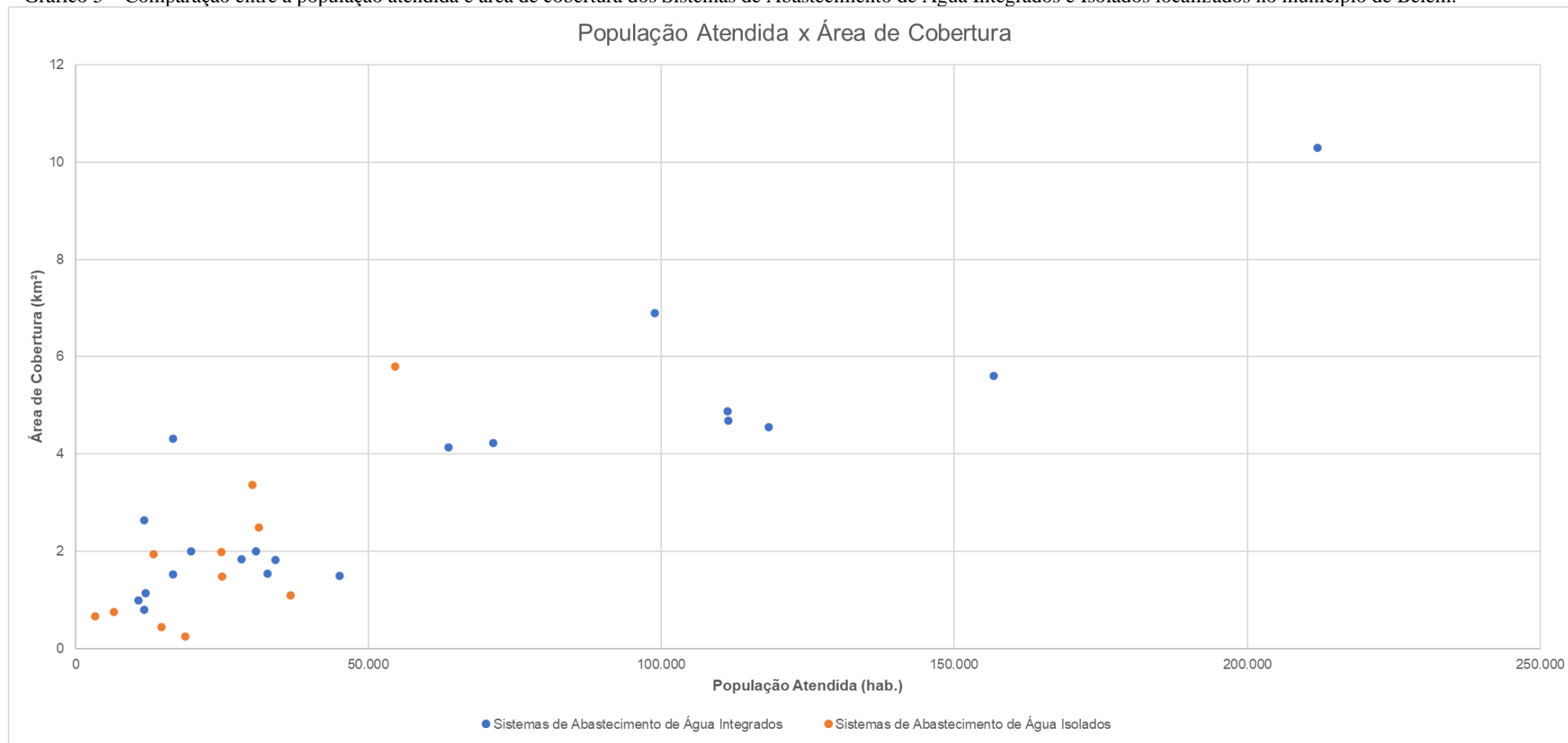
Fonte: Elaboração própria, 2021.

Gráfico 4 – População atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Isolados localizados no município de Belém.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Gráfico 5 – Comparação entre a população atendida e área de cobertura dos Sistemas de Abastecimento de Água Integrados e Isolados localizados no município de Belém.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

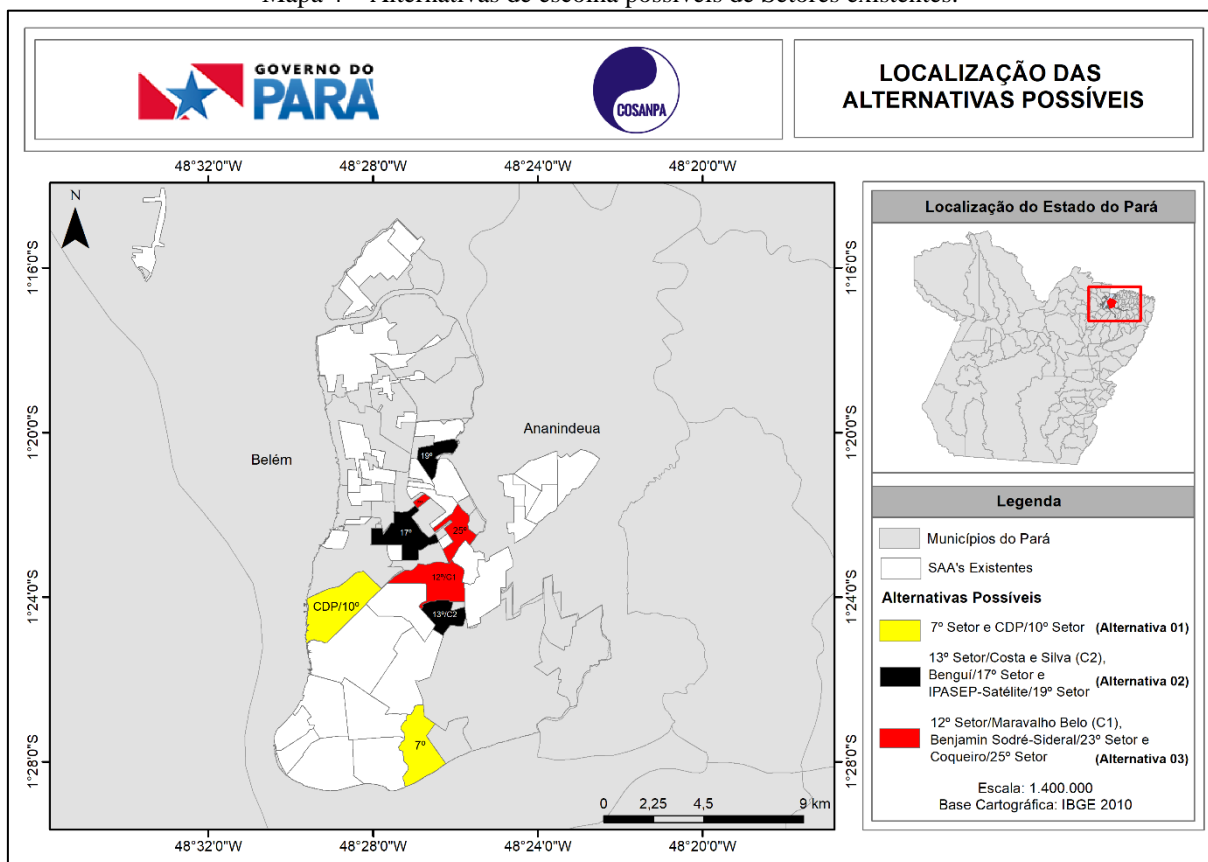
Os Gráficos acima, além de permitirem a visualização simultânea do comportamento das variáveis “População Atendida” e “Área de Cobertura”, bem como a relação existente entre ambas ($R^2 = 0,8026$ nos SAAs Integrados e $R^2 = 0,6359$ nos SAAs Isolados), possibilitam a comparação dos Setores existentes no município de Belém quanto ao porte dos mesmos.

Nesse contexto, em função da distância euclidiana entre os pontos no plano cartesiano, são possíveis algumas alternativas de seleção de dois Setores para análise; conforme explicado no tópico a seguir.

5.2.1. Alternativas de Escolha Possíveis

A partir da análise do Gráfico 5, para avaliação na presente pesquisa, são possíveis 03 (três) alternativas na seleção de dois Setores, a saber: “7º Setor e 10º Setor – CDP” (*Alternativa 01*), “13º Setor – C2 e 17º Setor – Bengui ou 19º Setor – IPASEP/Satélite” (*Alternativa 02*) e “12º Setor – C1 e 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral ou 25º Setor – Coqueiro” (*Alternativa 03*); sendo uma com captação de água bruta em manancial superficial (SAA Integrado) e a outra em manancial subterrâneo (SAA Isolado), conforme localização geográfica ilustrada no Mapa 4:

Mapa 4 – Alternativas de escolha possíveis de Setores existentes.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nesse sentido, a primeira alternativa possível de seleção de Setores para utilização na presente pesquisa seria a de utilização do 7º Setor (População Atendida: 71.293 habitantes; Área de Cobertura: 4,23 km²), abastecido pelo SAA *Bolonha – Zona Central* e do 10º Setor – CDP (População Atendida: 54.518 habitantes; Área de Cobertura: 5,8 km²), do tipo Isolado.

Entretanto, essa alternativa foi descartada em função do 10º Setor – CDP não possuir Estação de Tratamento de Água¹²; somente desinfecção mediante a injeção de cloro gás na água bruta oriunda dos poços profundos.

Portanto, para fins de seleção de dois SAAs/Setores que possuam as mesmas unidades componentes: Captação → Elevação/Adução de Água Bruta → Tratamento → Elevação/Adução de Água Tratada → Reservação → Distribuição, outras alternativas foram analisadas.

Paralelamente, outra alternativa possível de ser adotada consiste na utilização do 13º – C2 (População Atendida: 30.765 habitantes; Área de Cobertura: 2,00 km²), atendido pelo SAA *Bolonha – Zona de Expansão*; sendo os SAAs Isolados correspondentes o 17º Setor – Benguí (População Atendida: 30.161 habitantes; Área de Cobertura: 3,36 km²) ou o 19º Setor – IPASEP/Satélite (População Atendida: 31.334 habitantes; Área de Cobertura: 2,49 km²).

Entretanto, essa alternativa foi descartada em função do 17º Setor – Benguí e o 19º Setor – IPASEP/Satélite, analogamente ao 10º Setor – CDP, não possuírem Estações de Tratamento de Água instaladas e operantes.

Por fim, a última alternativa analisada foi a de adoção do 12º Setor – C1 (População Atendida: 28.304 habitantes; Área de Cobertura: 1,84 km²), atendido pelo SAA *Bolonha – Zona de Expansão*, sendo o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral (População Atendida: 24.966 habitantes; Área de Cobertura: 1,48 km²) e o 25º Setor – Coqueiro (População Atendida: 24.884 habitantes; Área de Cobertura: 1,98 km²) as possibilidades de SAAs Isolados correspondentes.

Ao contrário dos SAAs Isolados das alternativas anteriores, tanto o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral quanto o 25º Setor – Coqueiro possuem Estações de Tratamento de Água instaladas e operantes, permitindo a comparação de forma mais equitativa com o respectivo SAA Integrado.

Portanto, a presente alternativa, com seus respectivos Setores, foi a adotada no presente

¹² Entre 2015 e 2018, foi desenvolvido Projeto Básico para Ampliação e Melhorias do SAA CDP – 10º Setor pela empresa HITA Engenharia. A alternativa de concepção escolhida para detalhamento no Projeto Básico propõe que o Sistema continue sendo atendido de forma isolada e independente, prevendo o aproveitamento das unidades existentes e a implantação de mais 02 (dois) poços produtores e de uma ETA compacta com zeólitos para filtração e remoção de ferro da água captada, na área do Centro de Reservação existente. As obras para implantação das intervenções projetadas estão previstas para serem iniciadas ainda em 2021, com duração total prevista de 18 (dezoito) meses.

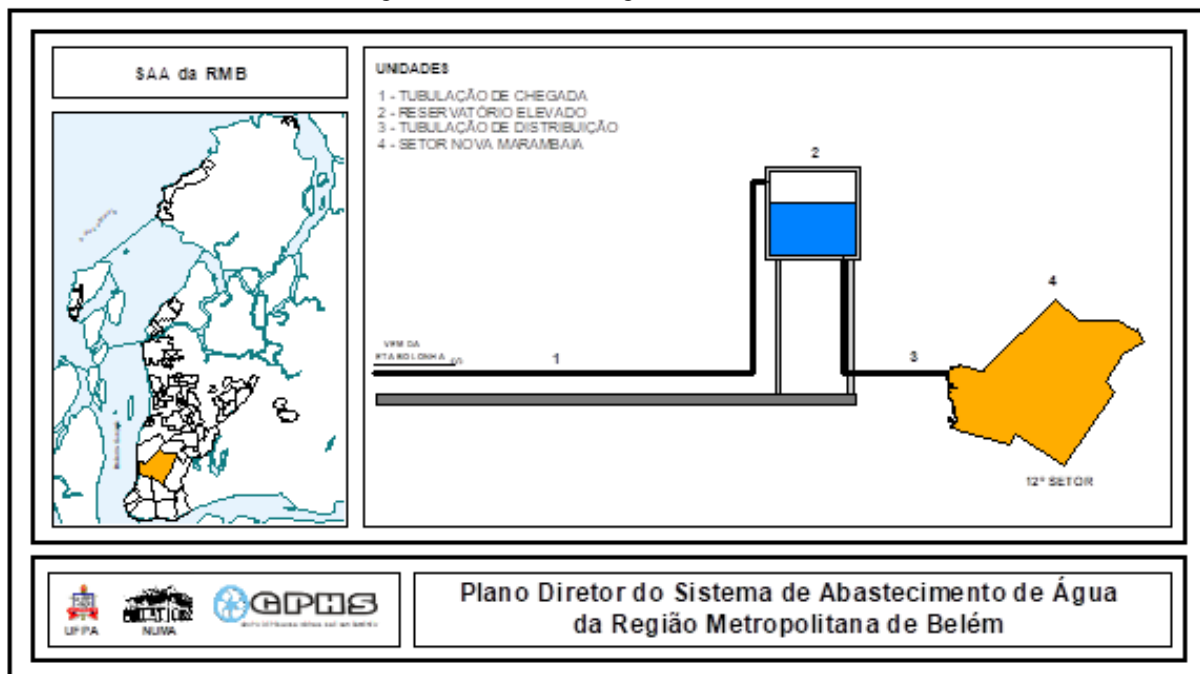
trabalho. Complementarmente, para fins de seleção do SAA Isolado (23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral ou 25º Setor – Coqueiro), foi adotado como critério a existência de projetos e/ou obras recentes em cada Setor, como forma de subsídio ao levantamento de informações nas etapas subsequentes da pesquisa. Nesse contexto, o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral passou por obras de ampliação e melhorias, concluídas em meados de 2014; contemplando a implantação de ETA, RAP e EEAT.

Finalmente, tendo em vista os critérios expostos, **o SAA Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor/C1, operado pela UN-NORTE, foi adotado como Setor componente de Sistema Integrado**; enquanto que o **SAA 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, operado pela UN-AM, foi adotado como Setor integrante de Sistema Isolado**, conforme informações complementares listadas a seguir.

5.2.2. Detalhamento dos Setores Selecionados

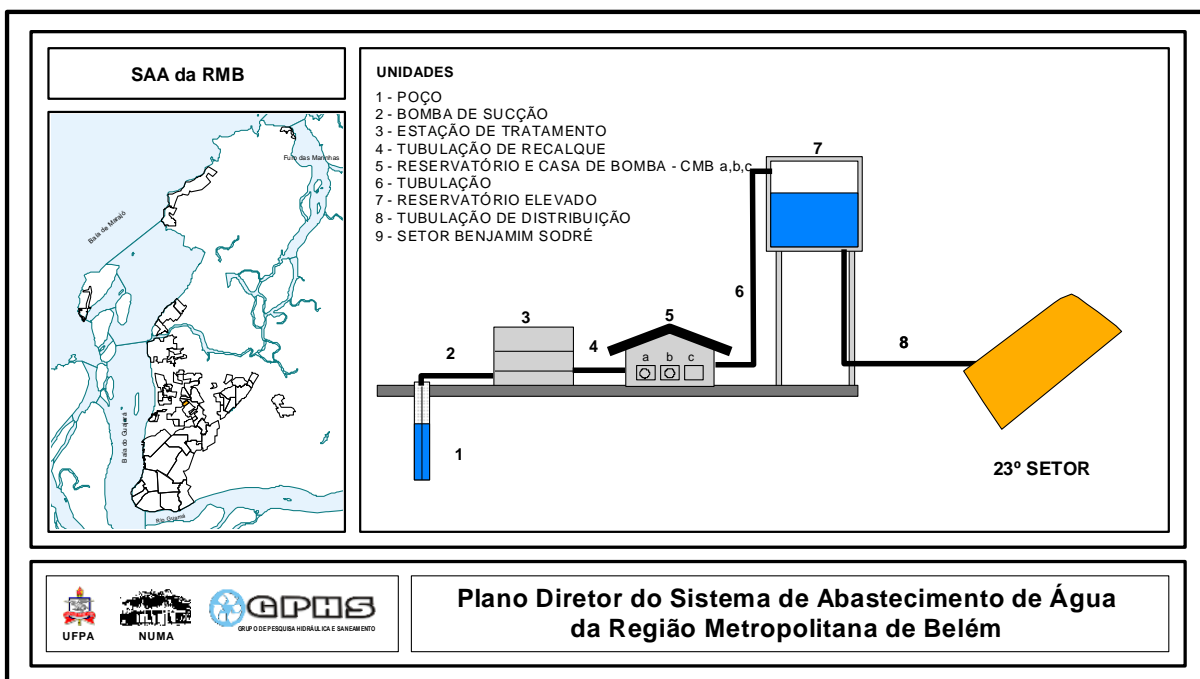
As unidades integrantes do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral estão ilustradas a seguir, na Figura 8 e na Figura 9:

Figura 8 – Unidades integrantes do 12º Setor.



Fonte: UFPA (2006).

Figura 9 – Unidades integrantes do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.



Fonte: UFPA (2006).

Para maior detalhamento, a caracterização das unidades constituintes do 12º Setor e do 23º Setor estão reunidas a seguir, na Tabela 11 e na Tabela 12:

Tabela 11 – Caracterização das unidades constituintes do 12º Setor.

Dados	12º Setor – C1	
Manancial	Superficial	
Sistema de Produção	ETA Bolonha	
Estação Elevatória – CMB	Bombeamento a partir da EEAT Bolonha – Zona de Expansão diretamente para os Reservatórios Elevados do 12º Setor, com vazão de chegada de 313 m³/h	
Adutora de Chegada	Extensão (m)	3.945,4
	Material	FºFº
Tubulação de Chegada	Diâmetro (mm)	-
	Material	-
Reservatório Elevado	Volume útil (m³)	350 e 700
	Área útil (m²)	112,90 e 162,86
Tubulação de Recalque	Diâmetro (mm)	200 e 200
	Material	FoFo e aço
Tubulação de Distribuição	Diâmetro (mm)	200 e 250
	Material	FoFo e aço
Rede de Distribuição de Água	Extensão (m)	30.005,20
	Material	Cimento Amianto, PVC/PBA, PVC/DEFoFo e FºFº

Fonte: COSANPA (2013); (2021a).

Tabela 12 – Caracterização das unidades constituintes do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

(continua)

Dados			SAA Benjamin Sodré/Sideral
Manancial			Subterrâneo
3 Poços	Poço P-5	Profundidade (m)	200
		Vazão (m³/h)	73
		Alt. Manométrica (m)	19,70
	Poço P-7	Profundidade (m)	272
		Vazão (m³/h)	187
		Alt. Manométrica (m)	36,4
	Poço P-8	Profundidade (m)	268
		Vazão (m³/h)	141
		Alt. Manométrica (m)	37,4
Adutora de Água Bruta	Material		-
	Comprimento (m)		-
	Diâmetro (mm)		-
Estação de Tratamento de Água	ETA tipo desferrização composta de aerador tipo bandeja e filtros rápidos, com capacidade de tratamento de 460 m³/h		
Reservatório Apoiado	Volume útil (m³)	300	
Estação Elevatória de Água Tratada	Configuração		1+1
	Vazão (m³/h)		460
	Alt. Manométrica (m)		35

(conclusão)

Dados		SAA Benjamin Sodré/Sideral
Reservatório Elevado	Volume útil (m ³)	200 + 300
Tubulação de Chegada	Diâmetro (mm)	150
	Material	FoFo
Tubulação de Recalque	Diâmetro (mm)	200; 250; 300
	Material	FoFo; Aço; FoFo
Tubulação de Distribuição	Diâmetro (mm)	150; 300
	Material	FoFo; Aço
Rede de Distribuição de Água	Extensão (m)	34.845,00

Fonte: COSANPA (2013); (2021a).

Por fim, na Tabela 13, estão reunidas informações referentes às ligações e economias de ambos os Setores:

Tabela 13 – Ligações e economias de água do 12º Setor por categoria (em Janeiro/2021).

Setor de Abastecimento	Nº ligações	Nº de economias	Ativas	Inativas	Hidrometradas	Não Hidrometradas
12º Setor – C1 (Mar. Belo)	5.910	7.134	4.911	1.406	3.318	3.816
23º setor – B. Sodré/Sideral	5.809	7.323	4.531	1.074	778	3.753

Fonte: COSANPA (2021b).

Em seguida, na Etapa 2, de **levantamento de informações e estabelecimento de indicadores para os dois Setores selecionados**, foram realizadas duas fases: a primeira fase consistiu no levantamento e sistematização de dados dos dois Setores selecionados, com coleta de informações gerenciais e de controle na COSANPA; enquanto na segunda fase foram determinados indicadores de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica desses dois Setores.

5.3. Fase 2.1 – Levantamento de informações operacionais e comerciais para os dois Setores selecionados

Na sequência, segue detalhamento das informações operacionais e comerciais levantadas do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

5.3.1. Volume de Água Macromedido ($\times 10^3 m^3/ano$)

Enquanto isso, o volume de água macromedido, determinado a partir da vazão de entrada no REL do 12º Setor – C1 e das vazões de produção individuais dos poços no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, conforme registrado no banco de dados da Unidade Executiva de Pitometria e Macromedição (UEPM) da COSANPA, estão reunidos a seguir, na Tabela 14:

Tabela 14 – Volume de água macromedido no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Ano	Mês	23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral				12º Setor – C1
		Volume de Água Macromedido (x10³ m³/mês)			Volume de Água Macromedido Total (x10³ m³/mês)	Volume de Água Macromedido Total (x10³ m³/mês)
		Poço 05	Poço 07	Poço 08		
2019	Janeiro	55,352*	123,986*	96,764*	276,101	277,380*
	Fevereiro	49,758	136,386	97,298	283,442	273,504
	Março	57,197	156,246	101,674	315,117	277,380*
	Abril	55,565	149,575	92,359	297,499	
	Maio	57,757	131,773	95,723	285,253	
	Junho	53,355	135,741	96,764*	285,860	
	Julho	57,262	135,238		289,264	
	Agosto	56,875	125,607		279,246	
	Setembro	52,240	108,849		257,853	
	Outubro	56,963	110,598		264,325	
	Novembro	54,860	90,988		242,612	
	Dezembro	57,042	82,842		236,648	
Volume de Água Macromedido Total (x10³ m³/ano)					3.313,22	3.330,024
População Atendida (hab.)					24.966	28.304
Volume de Água Macromedido Total	Por Habitante (x10³ m³/hab.ano)				0,13271	0,11765
	Por Economia (x10³ m³/economia.ano)				0,50034	0,44353
	Por Extensão de Rede (x10³ m³/km.ano)				95,08	110,98

Fonte: COSANPA (2021a).

*Valor estimado a partir do volume de água macromedido médio calculado nos meses em que houve registro das vazões exploradas.

5.3.2. Volume de Água Faturado ($\times 10^3 m^3/ano$)

O volume de água faturado¹³, equivalente ao volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas) para fins de faturamento no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, estão reunidos a seguir, na Tabela 15:

Tabela 15 – Volume de água faturado no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Ano	Mês	Volume de Água Faturado Total ($\times 10^3 m^3/mês$)	
		12º Setor – C1	23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral
2019	Janeiro	89,998	75,830
	Fevereiro	85,718	74,946
	Março	89,341	76,462
	Abril	83,310	77,581
	Maio	83,055	76,458
	Junho	85,286	76,572
	Julho	88,055	74,726
	Agosto	85,357	75,468
	Setembro	85,169	75,691
	Outubro	86,766	72,900
	Novembro	85,344	70,659
	Dezembro	82,273	78,070
Volume de Água Faturado Total ($\times 10^3 m^3/ano$)		1.029,672	905,363
População Atendida (hab.)		28.304	24.966
Volume de Água Faturado Total	Por Habitante ($\times 10^3 m^3/hab.ano$)	0,03638	0,03626
	Por Economia ($\times 10^3 m^3/economia.ano$)	0,13714	0,13672
	Por Extensão de Rede ($\times 10^3 m^3/km.ano$)	34,32	25,98

Fonte: COSANPA (2021b).

¹³ Com a realização da pesquisa, verificou-se que a COSANPA não realiza estimativa do “Volume de Água Consumido e Não-Faturado”, a saber: uso próprio, caminhão-pipa, combate a incêndio, favelas etc. Portanto, para efeitos práticos, *Volume Consumido = Volume Faturado*.

5.3.3. Volume de Água Micromedido ($\times 10^3 m^3/ano$)

O volume de água micromedido, equivalente ao volume anual de água medido pelos hidrômetros instalados nas economias ativas de água no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, estão reunidos a seguir, na Tabela 16:

Tabela 16 – Volume de água micromedido no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Ano	Mês	Volume de Água Micromedido Total ($\times 10^3 m^3/mês$)	
		12º Setor – C1	23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral
2019	Janeiro	51,893	12,947
	Fevereiro	47,788	11,803
	Março	51,942	13,111
	Abril	47,072	15,371
	Maiο	48,019	11,197
	Junho	48,754	13,667
	Julho	52,256	11,732
	Agosto	49,085	12,868
	Setembro	48,467	12,919
	Outubro	50,078	10,861
	Novembro	49,071	4,738
	Dezembro	47,126	10,007
Volume de Água Micromedido Total ($\times 10^3 m^3/ano$)		591,551	141,221
População Atendida (hab.)		28.304	24.966
Volume de Água Micromedido Total	Por Habitante ($\times 10^3 m^3/hab.ano$)	0,02090	0,00566
	Por Economia ($\times 10^3 m^3/economia.ano$)	0,07879	0,02133
	Por Extensão de Rede ($\times 10^3 m^3/km.ano$)	19,72	4,05

Fonte: COSANPA (2021b).

5.3.4. Arrecadação Total (R\$/ano)

Os valores arrecadados com a prestação dos serviços de abastecimento de água na área atendida pelo 12º Setor – C1 e pelo 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral estão reunidos a seguir, na Tabela 17:

Tabela 17 – Montante faturado e arrecadado no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Ano	Mês	12º Setor – C1			23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral		
		Montante (R\$/mês)		Performance (%)*	Montante (R\$/mês)		Performance (%)*
		Faturado	Arrecadado		Faturado	Arrecadado	
2019	Janeiro	466.480,26	368.222,19	78,94	537.638,07	94.454,97	17,57
	Fevereiro	430.579,02	407.033,01	94,53	273.993,80	103.790,41	37,88
	Março	452.173,28	342.428,35	75,73	276.848,05	87.745,95	31,69
	Abril	407.881,26	376.816,27	92,38	261.602,47	97.337,50	37,21
	Maior	414.962,96	316.131,03	76,18	263.479,89	96.060,52	36,46
	Junho	441.354,77	350.900,50	79,51	266.748,00	92.252,21	34,58
	Julho	485.709,10	387.095,50	79,70	261.881,91	107.002,78	40,86
	Agosto	473.185,82	362.552,20	76,62	259.773,85	97.410,08	37,50
	Setembro	463.834,51	370.688,73	79,92	258.261,97	102.555,60	39,71
	Outubro	474.943,33	407.767,33	85,86	251.946,82	89.568,50	35,55
	Novembro	473.150,33	356.041,57	75,25	239.669,25	84.786,71	35,38
	Dezembro	452.228,34	428.235,92	94,69	280.579,88	99.194,29	35,35
Total (R\$/ano)		5.436.482,98	4.473.912,60	–	3.432.423,96	1.152.159,52	–
População Atendida (hab.)		28.304			24.966		
Total	Por Habitante (R\$/hab.ano)	192,07	158,07		137,48	46,15	
	Por Economia (R\$/econ.ano)	724,09	595,89		518,34	173,99	

Fonte: COSANPA (2021b).

*Determinada pela razão entre o “Montante Arrecadado (R\$/mês)” e o “Montante Faturado (R\$/mês)”, em percentual.

A diferença entre a performance comercial do 12º Setor (que variou entre 75,25 e 94,69%) e a do 23º Setor (que variou entre 17,57 e 40,86%) pode ser associada ao padrão socioeconômico da população residente na área de cobertura dos dois Setores; onde o 12º Setor possui como área de cobertura parte dos bairros Castanheira e Marambaia, enquanto o 23º Setor está inscrito em parte dos bairros Cabanagem e Parque Verde.

Nesse contexto, o padrão socioeconômico das localidades pode ser inferido pela classificação das economias atendidas por ambos os Setores, conforme cadastro comercial da concessionária. De acordo com a Resolução n.º 01/2014 da Agência Reguladora Municipal de Belém, as economias residenciais, definitivas ou temporárias, atendidas com os serviços de

abastecimento de água, são classificadas em:

- “a) R1 – Imóvel dotado com até 04 (quatro) pontos de utilização de água. Consumo estimado por economia de 10m³;
- b) R2 – Imóvel dotado com mais de 04 (quatro) e até 06 (seis) pontos de utilização de água. Consumo estimado por economia de 20m³;
- c) R3 – Imóvel dotado com mais de 06 (seis) e até 10 (dez) pontos de utilização de água. Consumo estimado por economia de 30m³;
- d) R4 – Imóvel dotado com mais de 10 (dez) pontos de utilização de água. Nesta categoria incluem-se as piscinas de prédios residenciais. Consumo estimado por economia de 40m³” (BELÉM, 2014).

Assim, admitindo que quanto menor a quantidade de pontos de consumo de água, mais significativa a probabilidade de o poder aquisitivo da família residente no imóvel ser menor, a classificação das economias residenciais na área de cobertura do 12º e do 23º Setores está relacionada a seguir, na Tabela 18:

Tabela 18 – Classificação das economias residenciais do 12º e do 23º Setores.

Mês/Ano	Classificação Economias Residenciais	12º Setor – C1	23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral
		%	
Março/ 2019	R1	14,59	44,98
	R2	43,49	36,85
	R3	30,35	15,82
	R4	11,57	2,35
TOTAL		100,00	

Fonte: COSANPA (2021b).

Portanto, tendo em vista que o 12º Setor possui a maioria das economias residenciais classificadas como R2 (43,49%) e o 23º Setor, por sua vez, como R1 (44,98%), verifica-se indícios de confirmação da hipótese adotada, bem como do impacto da mesma na diferença entre a performance comercial de ambos os Setores.

5.3.5. Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água ($\times 10^3$ kWh/ano)

O consumo de energia elétrica nos equipamentos eletromecânicos do Sistema Produtor Bolonha, ao longo dos meses do ano de referência, estão reunidos a seguir, na Tabela 19:

Tabela 19 – Consumo total de energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha no ano de referência.

Ano	Mês	Consumo Total ($\times 10^3$ kWh/mês)
2019	Janeiro	4.061,70
	Fevereiro	4.057,60
	Março	3.974,96
	Abril	3.693,88
	Maio	3.569,81
	Junho	4.205,09
	Julho	4.664,76
	Agosto	4.212,36
	Setembro	4.734,45
	Outubro	4.732,34
	Novembro	4.489,18
	Dezembro	5.224,01
Consumo Total Anual ($\times 10^3$ kWh/ano)		51.620,14

Fonte: COSANPA (2021a).

Na pesquisa foi constatado que a Equatorial Energia, concessionária regional de energia elétrica, emite apenas uma fatura para todas as unidades de captação, bombeamento e adução de água superficial localizados na área do Sistema Produtor Bolonha.

Em razão disso, conforme metodologia desenvolvida em estudo realizado pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (UFPA, 2014), a COSANPA utiliza valores percentuais para calcular a participação de cada unidade no consumo total de energia elétrica, no caso:

- 30,56% da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) no Rio Guamá;
- 22,23% da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) no Lago Bolonha;
- 1,49% da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros da ETA Bolonha;
- 11,15% da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) do Sistema Bolonha – Zona de Expansão;
- 34,57% das demais unidades, a saber: Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB's) Utinga – São Brás e Utinga – 5º Setor, além da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) do Sistema Bolonha – Zona Central; bem como das unidades administrativas.

Nesse sentido, a partir dos percentuais acima, o consumo de energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha pode ser desmembrado da seguinte forma (Tabela 20):

Tabela 20 – Consumo total de energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha, por Estação Elevatória, no ano de referência.

Ano	Mês	Estações Elevatórias				
		Rio Guamá	Lago Bolonha	Lavagem dos Filtros ETA Bolonha	Bolonha/ Zona de Expansão	Utinga/São Brás, Utinga/5º Setor e Bolonha/Zona Central
2019	Janeiro	1.241,26	902,92	60,52	452,88	1.404,13
	Fevereiro	1.240,00	902,00	60,46	452,42	1.402,71
	Março	1.214,75	883,63	59,23	443,21	1.374,14
	Abril	1.128,85	821,15	55,04	411,87	1.276,97
	Maio	1.090,93	793,57	53,19	398,03	1.234,08
	Junho	1.285,08	934,79	62,66	468,87	1.453,70
	Julho	1.425,55	1.036,98	69,50	520,12	1.612,61
	Agosto	1.287,30	936,41	62,76	469,68	1.456,21
	Setembro	1.446,85	1.052,47	70,54	527,89	1.636,70
	Outubro	1.446,20	1.052,00	70,51	527,66	1.635,97
	Novembro	1.371,89	997,94	66,89	500,54	1.551,91
	Dezembro	1.596,46	1.161,30	77,84	582,48	1.805,94
Consumo Total Anual ($\times 10^3$ kWh/ano)		15.775,11	11.475,16	769,14	5.755,65	17.845,08

Fonte: COSANPA (2021a).

Considerando as informações da Tabela 20, é possível determinar o consumo de energia elétrica ($\times 10^3$ kWh/ano) por habitante atendido por Estação Elevatória do Sistema Produtor Bolonha – Tabela 21:

Tabela 21 – Estimativa do consumo total anual por habitante ($\times 10^3$ kWh/hab. ano).

	Estações Elevatórias			
	Rio Guamá	Lago Bolonha	Lavagem dos Filtros ETA Bolonha	Bolonha/ Zona de Expansão
Consumo Total Anual ($\times 10^3$ kWh/ano)	15.775,11	11.475,16	769,14	5.755,65
População Atendida (hab.)	1.213.722 ¹⁴	246.775 ¹⁵		70.996 ¹⁶
Consumo Total Anual por Habitante ($\times 10^3$ kWh/hab. ano)	0,01300	0,04650	0,00312	0,08107

Fonte: COSANPA (2021a).

¹⁴ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central”, “Bolonha – Zona de Expansão”, “Utinga – São Brás” e “Utinga – 5º Setor”, com base nos dados da Tabela 9.

¹⁵ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central” e “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

¹⁶ População total atendida pelo Sistema “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

Tendo em vista que para a chegada da água tratada no 12º Setor – C1 são necessários todos os bombeamentos constantes na Tabela 21 (EEAB Rio Guamá, EEAB Lago Bolonha e EEAT Bolonha – Zona Central) e sendo computado, adicionalmente, o consumo da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros da ETA Bolonha, o “Consumo Total Anual por Habitante” é de $0,14368 \times 10^3 \text{ kWh/hab.ano}$ – ou de $0,17966 \times 10^3 \text{ kWh/economia.ano}$. Logo, considerando a população atendida especificamente pelo 12º Setor, que é de 28.304 habitantes, o consumo total de energia elétrica no referido setor é de $4.066,72 \times 10^3 \text{ kWh/ano}$.

Paralelamente, o consumo total de energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência estão na Tabela 22:

Tabela 22 – Consumo total de energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.

Ano	Mês	Consumo Total de Energia Elétrica ($\times 10^3 \text{ kWh/mês}$)
2019	Janeiro	159,86
	Fevereiro	158,47
	Março	156,88
	Abril	178,23
	Maio	179,79
	Junho	182,18
	Julho	163,65
	Agosto	162,82
	Setembro	178,37
	Outubro	163,82
	Novembro	165,80
	Dezembro	180,38
Consumo Total de Energia Elétrica ($\times 10^3 \text{ kWh/ano}$)		2.030,25
População Atendida pelo 23º Setor (hab.)		24.966
Consumo Total Anual	Por Habitante ($\times 10^3 \text{ kWh/hab. ano}$)	0,08132
	Por Economia ($\times 10^3 \text{ kWh/econ. ano}$)	0,30659

Fonte: COSANPA (2021a).

5.3.6. Despesas de Exploração com Energia Elétrica (R\$/ano)

Analogamente ao refinamento dos dados no item anterior, as despesas de exploração com energia elétrica do Sistema Produtor Bolonha, ao longo dos meses do ano de referência, estão reunidos a seguir, na Tabela 23:

Tabela 23 – Despesas de exploração com energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha no ano de referência.

Ano	Mês	DEX com EE (R\$/mês)
2019	Janeiro	1.492.170,57
	Fevereiro	1.644.688,78
	Março	1.543.306,70
	Abril	1.399.907,02
	Maio	1.376.641,51
	Junho	1.655.284,03
	Julho	1.743.284,09
	Agosto	1.676.578,37
	Setembro	1.835.108,87
	Outubro	1.811.532,47
	Novembro	1.666.616,47
	Dezembro	1.970.217,28
DEX com EE (R\$/ano)		19.815.336,16

Fonte: COSANPA (2021a).

Conforme padronização adotada pela Companhia de Saneamento do Pará para as unidades operacionais localizadas na área do Sistema Produtor Bolonha, a participação de cada unidade nas despesas de exploração com energia elétrica pode ser estimada da seguinte forma (Tabela 24):

Tabela 24 – Despesas de exploração com energia elétrica no Sistema Produtor Bolonha, por Estação Elevatória, no ano de referência.

Ano	Mês	Estações Elevatórias				
		Rio Guamá	Lago Bolonha	Lavagem dos Filtros ETA Bolonha	Bolonha/ Zona de Expansão	Utinga/São Brás, Utinga/5º Setor e Bolonha/Zona Central
2019	Janeiro	456.007,33	331.709,52	22.233,34	166.377,02	515.843,37
	Fevereiro	502.616,89	365.614,32	24.505,86	183.382,80	568.568,91
	Março	471.634,53	343.077,08	22.995,27	172.078,70	533.521,13
	Abril	427.811,59	311.199,33	20.858,61	156.089,63	483.947,86
	Maio	420.701,65	306.027,41	20.511,96	153.495,53	475.904,97
	Junho	505.854,80	367.969,64	24.663,73	184.564,17	572.231,69
	Julho	532.747,62	387.532,05	25.974,93	194.376,18	602.653,31
	Agosto	512.362,35	372.703,37	24.981,02	186.938,49	579.593,14
	Setembro	560.809,27	407.944,70	27.343,12	204.614,64	634.397,14
	Outubro	553.604,32	402.703,67	26.991,83	201.985,87	626.246,77
	Novembro	509.317,99	370.488,84	24.832,59	185.827,74	576.149,31
	Dezembro	602.098,40	437.979,30	29.356,24	219.679,23	681.104,11
DEX com EE (R\$/ano)		6.055.566,73	4.404.949,23	295.248,51	2.209.409,98	6.850.161,71

Fonte: COSANPA (2021a).

Portanto, as despesas de exploração com energia elétrica (*R\$/ano*) por habitante atendido por Estação Elevatória do Sistema Produtor Bolonha – Tabela 25:

Tabela 25 – Estimativa das despesas de exploração com energia elétrica por habitante ao ano (*R\$/ano*).

	Estações Elevatórias			
	Rio Guamá	Lago Bolonha	Lavagem dos Filtros ETA Bolonha	Bolonha/ Zona de Expansão
DEX com EE (<i>R\$/ano</i>)	6.055.566,73	4.404.949,23	295.248,51	2.209.409,98
População Atendida (<i>hab.</i>)	1.213.722 ¹⁷	246.775 ¹⁸		70.996 ¹⁹
DEX com EE por Habitante (<i>R\$/hab. ano</i>)	4,99	17,85	1,20	31,12

Fonte: COSANPA (2021a).

Assim, considerando que todas as Estações Elevatórias da Tabela 25 são necessários para a chegada da água tratada no 12º Setor – C1 e considerando o consumo adicional da Estação Elevatória de Lavagem dos Filtros da ETA Bolonha, as “Despesas de Exploração com Energia Elétrica por Habitante ao Ano” é de *R\$ 55,16/hab. ano* – ou de *R\$ 68,96/economia. ano*. Logo, considerando a população atendida especificamente pelo 12º Setor, que é de 28.304 habitantes, as despesas de exploração com energia elétrica no referido setor são de *R\$ 1.561.248,64/ano*.

Paralelamente, as despesas de exploração com energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência estão na Tabela 26:

Tabela 26 – Despesas de exploração com energia elétrica no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.

(continua)

Ano	Mês	DEX com EE (<i>R\$/mês</i>)	DEX EE (<i>R\$/hab. mês</i>)
2019	Janeiro	89.475,87	3,58
	Fevereiro	87.914,00	3,52
	Março	81.528,11	3,27
	Abril	85.028,92	3,41
	Maio	86.376,31	3,46

¹⁷ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central”, “Bolonha – Zona de Expansão”, “Utinga – São Brás” e “Utinga – 5º Setor”, com base nos dados da Tabela 9.

¹⁸ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central” e “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

¹⁹ População total atendida pelo Sistema “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

(conclusão)			
Ano	Mês	DEX com EE (R\$/mês)	DEX EE (R\$/hab.mês)
2019	Junho	90.731,36	3,63
	Julho	82.717,30	3,31
	Agosto	85.043,42	3,41
	Setembro	92.795,41	3,72
	Outubro	84.885,50	3,40
	Novembro	83.330,28	3,34
	Dezembro	92.410,23	3,70
DEX com EE (R\$/ano)		1.042.236,71	
População Atendida pelo 23º Setor (hab.)		24.966	
DEX com EE	Por Habitante (R\$/hab.ano)	41,75	
	Por Economia (R\$/econ.ano)	157,39	

Fonte: COSANPA (2021a).

5.3.7. Despesas de Exploração com Produtos Químicos (R\$/ano)

A quantidade de produtos químicos utilizada na operação da Estação de Tratamento de Água (ETA) Bolonha, disponibilizada nas planilhas de controle da Unidade Executiva de Produção (UEPRO) da COSANPA, está ilustrada a seguir, na Tabela 27:

Tabela 27 – Quantidade de produtos químicos utilizados na ETA Bolonha no ano de referência.

Produtos Químicos		Cloro Gás (R\$ 8,10/kg)		Polímero (R\$ 13,05/kg)		Policloreto de Alumínio (PAC) (R\$ 3,56/kg)		Custo Total Mensal (R\$/mês)
Ano	Mês	Massa (kg)	Custo (R\$)	Massa (kg)	Custo (R\$)	Massa (kg)	Custo (R\$)	
2019	Janeiro	38.150	309.015	950	12.397,50	76.850	273.586	594.998,50
	Fevereiro	35.450	287.145	890	11.614,50	131.300	467.428	766.187,50
	Março	36.100	292.410	450	5.872,50	109.700	390.532	688.814,50
	Abril	46.430	376.083	430	5.611,50	119.598	425.768,88	807.463,38
	Maio	51.500	417.150	1.300	16.695	118.910	423.319,60	857.434,60
	Junho	44.800	362.880	1.200	15.660	133.150	474.014	852.554
	Julho	44.200	358.020	650	8.482,50	129.000	459.240	825.742,50
	Agosto	37.285	302.008,50	650	8.482,50	117.960	419.937,60	730.428,60
	Setembro	35.000	283.500	520	6.786	93.900	334.284	624.570
	Outubro	37.000	299.700	864	11.275,20	90.500	322.180	633.155,20
	Novembro	36.300	294.030	864	11.275,20	91.760	326.665,60	631.970,80
	Dezembro	35.100	284.310	864	11.275,20	81.000	288.360	583.945,20
Custo Total Anual (R\$/ano)								8.597.264,78
População Atendida pela ETA Bolonha ²⁰ (hab.)								929.572
Despesa de Exploração Total				Por Habitante (R\$/hab. ano)				9,24
				Por Economia (R\$/econ. ano)				34,84

Fonte: COSANPA (2021a).

Tendo em vista que a “Despesa de Exploração Total por Habitante” (R\$/hab.ano) com produtos químicos na ETA Bolonha é de R\$9,24/hab. ano e considerando que o 12º Setor – C1 tem 28.304 habitantes, isso resulta em uma Despesa de Exploração com Produtos Químicos de R\$261.528,96/ano.

Paralelamente, as despesas de exploração com produtos químicos no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência estão na Tabela 28:

²⁰ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central” e “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

Tabela 28 – Quantidade de produtos químicos utilizados no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência.

Produto Químico		Cloro Gás (R\$ 8,10/kg)	Custo Total Mensal (R\$/mês)	Custo Total Mensal por Habitante (R\$/hab. mês)
Ano	Mês	Massa (kg)		
2019	Janeiro	850,00	6.885,00	0,28
	Fevereiro	800,00	6.480,00	0,26
	Março	800,00	6.480,00	0,26
	Abril	600,00	4.860,00	0,19
	Maio	580,00	4.698,00	0,19
	Junho	600,00	4.860,00	0,19
	Julho	600,00	4.860,00	0,19
	Agosto	600,00	4.860,00	0,19
	Setembro	600,00	4.860,00	0,19
	Outubro	600,00	4.860,00	0,19
	Novembro	600,00	4.860,00	0,19
	Dezembro	600,00	4.860,00	0,19
Custo Total Anual (R\$/ano)			63.423,00	
População Atendida pelo 23º Setor (hab.)			24.966	
Despesa de Exploração Total	Por Habitante (R\$/hab.ano)		2,54	
	Por Economia (R\$/econ.ano)		9,58	

Fonte: COSANPA (2021a).

5.3.8. Despesas de Exploração com Pessoal Próprio (R\$/ano)

As despesas de exploração com pessoal próprio do 12º Setor – C1 englobam os empregados envolvidos na operação das unidades de captação, adução, tratamento e bombeamento, localizadas no Sistema Produtor Bolonha e na operação da unidade de reservação, localizada no bairro da Marambaia, conforme Tabela 29:

Tabela 29 – Despesas de exploração com pessoal próprio no Sistema Produtor Bolonha e no 12º Setor – C1, no ano de referência.

SAA	Sistema Produtor Bolonha	12º Setor – C1
Total de Empregados	46	5
Vencimento Médio Mensal (R\$)	2.705,33	
Total Mensal de Vencimentos (R\$)	124.445,18	13.526,65
Total Acrescido de Encargos (160%) (R\$)	323.557,47	35.169,29
População Atendida (<i>hab.</i>)	929.572²¹	28.304
DEX com Pessoal Próprio por Habitante (R\$/ <i>hab. ano</i>)	0,35	1,24
DEX Total com Pessoal Próprio	Por Habitante (R\$/ <i>hab. ano</i>)	1,59
	Por Economia (R\$/ <i>econ. ano</i>)	6,00

Fonte: COSANPA (2021a).

Tendo em vista que a “Despesa de Exploração Total por Habitante” (R\$/hab.ano) com pessoal próprio na ETA Bolonha e no 12º Setor – C1 é de R\$1,59/*hab. ano* e considerando que o 12º Setor – C1 tem 28.304 habitantes, isso resulta em uma Despesa de Exploração com Pessoal Próprio de R\$45.003,36/*ano*.

Paralelamente, as despesas de exploração com pessoal próprio no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência estão na Tabela 30:

Tabela 30 – Despesas de exploração com pessoal próprio no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Total de Empregados		5
Vencimento Médio Mensal (R\$)		2.705,33
Total Mensal de Vencimentos (R\$)		13.526,65
Total Acrescido de Encargos (160%) (R\$)		35.169,29
População Atendida pelo 23º Setor (<i>hab.</i>)		24.966
DEX com Pessoal Próprio	Por Habitante (R\$/ <i>hab. ano</i>)	1,41
	Por Economia (R\$/ <i>econ. ano</i>)	5,31

Fonte: COSANPA (2021a).

²¹ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central” e “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

5.3.9. Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros (R\$/ano)

Para determinação das despesas de exploração com serviços de terceiros, foram levantados os custos oriundos dos serviços de retirada de vazamentos e de recomposição asfáltica realizados por empresas terceirizadas da Companhia de Saneamento do Pará na área de abrangência dos referidos Setores.

Enquanto isso, a informação “FN014 – Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros (R\$/ano)”, constante no glossário do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, prevê que, nesse campo, devem ser levados em consideração somente despesas com mão-de-obra de empregados terceirizados (SNIS, 2020b).

Entretanto, na presente pesquisa, conforme citado anteriormente, entendeu-se que os dados dos custos decorrentes dos serviços de retirada de vazamentos seriam mais interessantes de serem levantados; sem quaisquer prejuízos para as etapas posteriores de determinação de indicadores para os dois Setores (Fase 2.2) e de análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados (Etapa 3).

Nesse contexto, as despesas de exploração com serviços de terceiros no 12º Setor – C1 no ano de referência estão na Tabela 31:

Tabela 31 – Despesas de exploração com serviços terceirizados no 12º Setor – C1, no ano de referência.

Ano	Mês	Custo Total Mensal (R\$/mês)
2019	Janeiro	9.983,81
	Fevereiro	9.961,90
	Março	10.824,82
	Abril	6.904,75
	Maio	7.365,82
	Junho	9.097,25
	Julho	7.424,14
	Agosto	10.048,73
	Setembro	8.255,65
	Outubro	11.875,07
	Novembro	10.292,83
	Dezembro	10.155,46
Custo Total Anual (R\$/ano)		112.190,23
População Atendida pelo 23º Setor (hab.)		28.304
Despesa de Exploração Total	Por Habitante (R\$/hab. ano)	3,96
	Por Economia (R\$/econ. ano)	16,94

Fonte: COSANPA (2021a).

Enquanto isso, as despesas de exploração com serviços de terceiros no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral no ano de referência estão na Tabela 32:

Tabela 32 – Despesas de exploração com serviços terceirizados no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, no ano de referência.

Ano	Mês	Custo com Retirada de Vazamentos (R\$/mês)	Custo com Recomposição Asfáltica (R\$)	Custo Total Mensal (R\$/mês)
2019	Janeiro	0,00	0,00	0,00
	Fevereiro	0,00	428,31	428,31
	Março	0,00	0,00	0,00
	Abril	0,00	0,00	0,00
	Maio	442,38	1.391,76	1.834,14
	Junho	1.202,96	1.938,73	3.141,69
	Julho	0,00	3.512,33	3.512,33
	Agosto	0,00	91,74	91,74
	Setembro	8.498,15	0,00	8.498,15
	Outubro	0,00	0,00	0,00
	Novembro	0,00	53,74	53,74
	Dezembro	4.174,46	1.697,21	5.871,67
Custo Total Anual (R\$/ano)				23.431,77
População Atendida pelo 23º Setor (<i>hab.</i>)				24.966
Despesa de Exploração Total		Por Habitante (R\$/ <i>hab. ano</i>)		0,93
		Por Economia (R\$/ <i>econ. ano</i>)		3,54

Fonte: COSANPA (2021a).

5.3.10. Resumo das Informações Levantadas

Um resumo das informações operacionais e comerciais levantadas na presente pesquisa está a seguir, na Tabela 33:

Tabela 33 – Resumo das informações operacionais e comerciais levantadas no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

Código	Informações	SAAs		Unidades
		12º Setor – C1	23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral	
AG005	Extensão da Rede de Água	30,005	34,845	km
AG012	Volume de Água Macromedido	3.330,024	3.313,22	$\times 10^3 m^3/ano$
		0,11765	0,13271	$\times 10^3 m^3/hab.ano$
AG011	Volume de Água Faturado	1.029,672	905,363	$\times 10^3 m^3/ano$
		0,03638	0,03626	$\times 10^3 m^3/hab.ano$
AG008	Volume de Água Micromedido	591,551	141,221	$\times 10^3 m^3/ano$
		0,02090	0,00566	$\times 10^3 m^3/hab.ano$
FN006	Arrecadação Total	4.473.912,60	1.152.159,52	R\$/ano
		158,07	46,15	R\$/hab.ano
AG028	Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água	4.066,72	2.030,25	$\times 10^3 kWh/ano$
		0,14368	0,08132	$\times 10^3 kWh/hab.ano$
FN013	Despesas de Exploração com Energia Elétrica	1.561.248,64	1.042.236,71	R\$/ano
		55,16	41,75	R\$/hab.ano
FN011	Despesas de Exploração com Produtos Químicos	261.528,96	63.423,00	R\$/ano
		9,24	2,54	R\$/hab.ano
FN010	Despesas de Exploração com Pessoal Próprio	45.003,36	35.169,29	R\$/ano
		1,59	1,41	R\$/hab.ano
FN014	Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros	112.190,23	23.431,77	R\$/ano
		3,96	0,93	R\$/hab.ano

Fonte: COSANPA (2021a); (2021b).

A comparação das informações levantadas para o 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, bem como o estabelecimento de indicadores preliminares para os Volumes Macromedido, Faturado e Micromedido (em $\times 10^3 m^3/hab.ano$, em $\times 10^3 m^3/economia.ano$ e em $\times 10^3 m^3/km.ano$) e para as parcelas constituintes das Despesas de Exploração (em $R\$/hab.ano$ e em $R\$/economia.ano$), permitem concluir que, apesar de distintos entre si quanto ao manancial e à configuração, os referidos Setores são próximos entre si quanto ao “Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água” ($0,14368 \times 10^3 kWh/hab.ano$ e $0,17966 \times 10^3 kWh/econ.ano$ para o 12º Setor, bem como $0,08132 \times 10^3 kWh/hab.ano$ e $0,30659 \times 10^3 kWh/econ.ano$ para o 23º Setor), às “Despesas de Exploração com Energia Elétrica” ($R\$55,16/hab.ano$ e $R\$ 68,96/econ.ano$ para o 12º Setor, bem como $R\$41,75/hab.ano$ e $R\$157,39/econ.ano$ para o 23º Setor) e às “Despesas de Exploração com Pessoal Próprio” ($R\$1,59/hab.ano$ e $R\$6,00/econ.ano$ para o 12º Setor, bem como $R\$1,41/hab.ano$ e $R\$5,31/econ.ano$ para o 23º Setor).

Em contrapartida, quanto às “Despesas de Exploração com Produtos Químicos” ($R\$9,24/hab.ano$ e $R\$34,84/econ.ano$ para o 12º Setor, bem como $R\$2,54/hab.ano$ e $R\$9,58/econ.ano$ para o 23º Setor) e às “Despesas de Exploração com Serviços de Terceiros” ($R\$3,96/hab.ano$ e $R\$16,94/econ.ano$ para o 12º Setor, bem como $R\$0,93/hab.ano$ e $R\$3,54/econ.ano$ para o 23º Setor), verificou-se que o Setor integrante de Sistema atendido por manancial superficial apresentou despesas superiores ao Setor atendido por manancial subterrâneo.

Esse fenômeno pode ser atribuído à quantidade de produtos químicos utilizada para potabilização da água bruta distribuída a partir do Sistema Produtor Bolonha, bem como à maior idade da Rede de Distribuição de Água assentada no 12º Setor em relação ao 23º Setor, expressa mediante a existência de redes de Cimento Amianto naquele, ao contrário deste; aumentando diretamente a probabilidade da ocorrência de vazamentos (perdas físicas).

5.4. Fase 2.2 – Determinação de indicadores para os dois Setores selecionados

5.4.1. Indicadores de Custos de Implantação

Para fins de complementação da análise de sustentabilidade econômica dos dois Setores selecionados na presente pesquisa, foram estimados os indicadores de custos de implantação de ambos, em R\$/ano; bem como dos Sistemas de Abastecimento de Água em que esses Setores integram. Nesse contexto, para fins de levantamento dos custos de implantação do 12º Setor – C1, é necessário que sejam considerados os custos de todas as unidades à montante; desde a captação de água bruta no Rio Guamá, passando pela adução/elevação/tratamento de água bruta, bem como pela reservação, elevação e distribuição de água tratada na área de cobertura do referido Setor.

Entretanto, em função do Sistema Produtor Bolonha se tratar de SAA demasiadamente antigo – por exemplo, a implantação da 1ª etapa da ETA Bolonha remonta à década de 1980; foram encontradas dificuldades para identificação dos custos à época da implantação do Sistema e, conseqüentemente, para atualização dos valores para preços correntes. Portanto, foram aplicadas as metodologias de Jungles (1994) e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010), conforme descrito na Metodologia do presente trabalho, para estimativa dos custos de implantação de ambos os SAAs.

Na Tabela 34, a seguir, é detalhada a aplicação da metodologia de Jungles (1994) para a estimativa dos custos de implantação do SAA Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor/C1 e do SAA 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral:

Tabela 34 – Estimativa dos custos de implantação do SAA Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor/C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral mediante aplicação da metodologia de Jungles (1994).

(continua)				
Sistema e/ou Setor	Componentes do SAA	Modelo Matemático	Custos de Implantação (R\$)	Total – Sistema e/ou Setor (R\$)
Sistema Produtor Bolonha	Estações de Recalque	$Y_1 = 730,14 * L_1^{0,340} * X_1^{0,750}$	EEAB Rio Guamá: 4.147.977,53	22.580.318,53
			EEAB Lago Bolonha: 2.979.489,45	
			EEAT Bolonha – Zona de Expansão: 823.664,08	
	Adutoras FºFº	$Y_3 = 31,17L_3^{0,872} * X_3^{0,362}$	AAB Rio Guamá – Lago Água Preta: 52.223,98	
			AAB Lago Bolonha – ETA Bolonha: 5.790,73	
	Estação de Tratamento	$Y_5 = 1.200,36X^{0,969}$	5.981.799,33	
12º Setor/C1	Reservatórios	$Y_4 = 31.186,13X_4^{0,610}$	8.589.373,44	2.259.697,85
	Adutoras FºFº	$Y_3 = 31,17L_3^{0,872} * X_3^{0,362}$	42.611,63	
	Reservatórios	$Y_4 = 31.186,13X_4^{0,610}$	2.172.135,72	
	Rede de Distribuição	$Y_6 = 171,81L_6^{0,540}X_6^{0,530}$	44.950,50	
Custo Global do Sistema (R\$)			24.840.016,38	
INCC Acumulado (Jan./2003 – Mar./2021) (%)			134,81	
Custo Global Corrigido (R\$)			58.326.842,46 ²²	

²² Complementarmente, ao se considerar os custos de implantação das demais unidades constituintes do Sistema Produtor Bolonha – no caso, as “EEAB’s Utinga/São Brás” e “Utinga/5º Setor”, bem como a “EEAT

(conclusão)

Sistema e/ou Setor	Componentes do SAA	Modelo Matemático	Custos de Implantação (R\$)
23º Setor	Estações de Recalque	$Y_1 = 730,14 * L_1^{0,340} * X_1^{0,750}$	44.405,44
	Estação de Tratamento	$Y_5 = 1.200,36X^{0,969}$	131.969,64
	Reservatórios	$Y_4 = 31.186,13X_4^{0,610}$	1.840.120,98
	Rede de Distribuição	$Y_6 = 171,81L_6^{0,540}X_6^{0,530}$	48.730,88
Custo Global do Sistema (R\$)			2.065.226,94
INCC Acumulado (Jan./2003 – Mar./2021) (%)			134,81
Custo Global Corrigido (R\$)			4.849.359,38

Fonte: Jungles (1994); Costa (2003).

Onde: “X” é a capacidade instalada e “L” é o comprimento/altura.

Para mensuração dos custos de implantação do Sistema Produtor Bolonha, foram consideradas as seguintes premissas:

- “Estação de Recalque” – foram consideradas as duas Estações Elevatórias constituintes da EEAB Guamá, que é composta por um total de 08 (oito) CMB’s, de 5.400 m³/h (1.500 L/s) cada e altura manométrica de 24 m.c.a.; bem como a Estação Elevatória de Água Bruta denominada “EEAB Bolonha”, que, por sua vez, é composta por um total de 08 (oito) CMB’s, de 3.350 m³/h (930,55 L/s) cada e altura manométrica de 26 m.c.a. Finalmente, foi considerada a Estação Elevatória de Água Tratada denominada “EEAT Bolonha/Zona de Expansão”, composta por um total de 04 (quatro) CMB’s, de 1.159 m³/h (321,94 L/s) cada e altura manométrica de 47,3 m.c.a.;
- “Estação de Tratamento” – foi considerada a Estação de Tratamento de Água do tipo Ciclo Completo (constituída por Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração e Desinfecção) denominada “ETA Bolonha”, cuja vazão de tratamento ($Q_{TRATAMENTO}$) é de 6,72 m³/s (6.720 L/s);
- “Adutoras FºFº” – foram consideradas as duas AAB’s existentes, com diâmetros de 1.750 mm e 1.500 mm, que interligam a EEAB Guamá ao Lago Água Preta, com extensão total de 2.250 metros; bem como a AAB que interliga o Lago Bolonha à ETA Bolonha, que possui diâmetro de 1.750 mm e extensão de 400 metros;
- “Reservatórios” – foi considerado o Reservatório Apoiado existente, com volume de 10.000 m³ e altura útil de 2,05 metros.

Bolonha/Zona Central”, o custo global de implantação seria de R\$83.812.872,98 (ou US\$16.232.738,03); considerando Março/2021 como data de referência.

Complementarmente, para mensuração dos custos de implantação do 12º Setor, foram consideradas as seguintes premissas: “Adutoras FºFº” e “Rede de Distribuição” – foram consideradas as extensões de 3.945,4 metros e de 30.005,20 metros, respectivamente; “Reservatórios” – foram consideradas as duas unidades de reservação existentes no 12º Setor, de 350 m³ e 700 m³; sendo todas as informações extraídas da Tabela 11.

Em paralelo, para estimativa dos custos de implantação do 23º Setor, foram consideradas as seguintes premissas: “Estações de Recalque” – foram consideradas as bombas existentes nos poços P-5 (73 m³/h), P-7 (187 m³/h) e P-8 (141 m³/h), além das bombas existentes na EEAT (460 m³/h); “Estação de Tratamento” – foi considerada a capacidade da ETA tipo desferrização do 23º Setor (460 m³/h); “Reservatórios” – foi considerado o volume do RAP (300 m³) e dos REL’s (200 m³ e 300 m³) do 23º Setor; “Rede de Distribuição de Água” – foi considerada a extensão de RDA existente no 23º Setor (34.845,00 m); sendo todas as informações extraídas da Tabela 12.

De forma complementar, na Tabela 35, é detalhada a aplicação da metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010) para a estimativa dos custos de implantação do 12º Setor/C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral:

Tabela 35 – Estimativa dos custos de implantação do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral mediante aplicação da metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

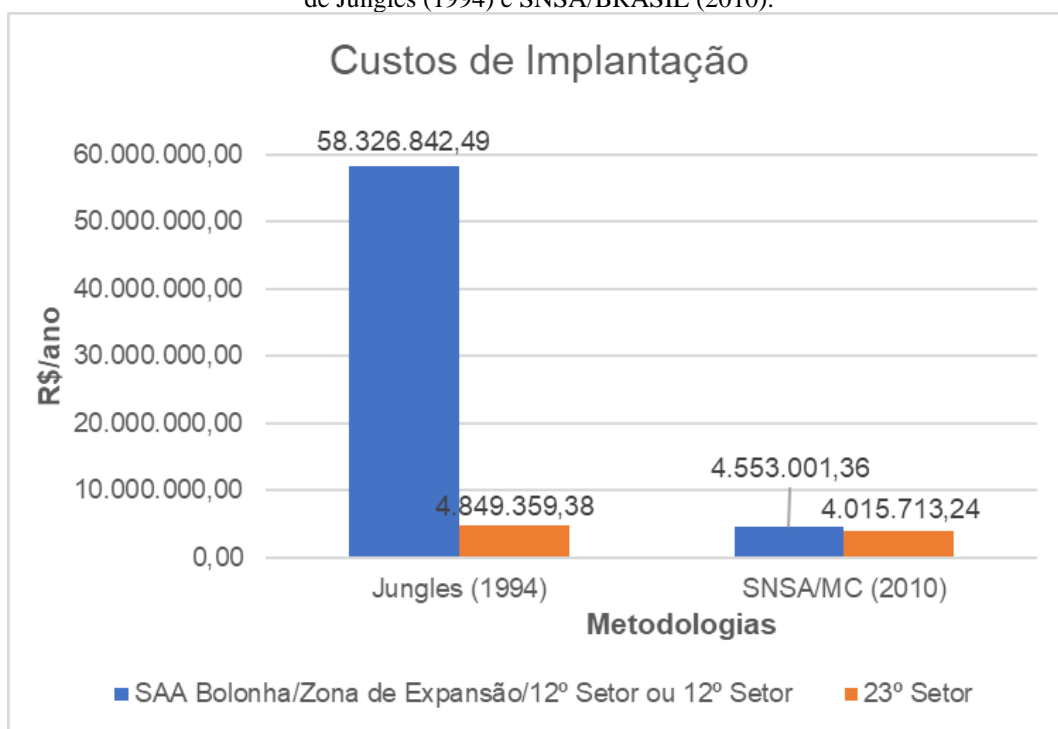
mediante aplicação da metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.					
Indicador	Especificação	Custo (R\$/hab.)	Atendimento (Domicílios)	Custo (R\$)	
				12º Setor	23º Setor
IAA_CG	Composição do <i>Custo Global de Sistema de Abastecimento de Água</i> por habitante como ocupante domiciliar (IBGE; 2008)	543,00	$1.000 < D < 2.000$	2.702.880,00	2.383.920,00
		429,00	$2.001 < D < 4.000$		
		360,00	$4.001 < D < 10.000$		
		286,00	$10.001 < D < 20.000$		
		224,00	$20.001 < D < 34.000$		
		208,00	$34.001 < D < 64.000$		
INCC Acumulado (Jan./2011 – Mar./2021) (%)				68,45	
Custo Global Corrigido (R\$)				4.553.001,36	4.015.713,24

Fonte: BRASIL (2010).

Não foi possível estimar os custos de implantação das unidades constituintes do Sistema Produtor Bolonha em função da limitação inerente à metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010), especialmente no que tange a quantidade de domicílios (economias) atendidos pelo SAA. Assim, na aplicação da referida metodologia, foram consideradas as 7.508 e 6.622 economias residenciais totais existentes, respectivamente, no 12º e no 23º Setor; equivalentes à quantidade de imóveis existentes em cada um, conforme Tabela 9.

Para melhor visualização das estimativas obtidas, um resumo dos custos de implantação está ilustrado a seguir, no Gráfico 6:

Gráfico 6 – Estimativa dos custos de implantação do 12º e do 23º Setores, mediante aplicação das metodologias de Jungles (1994) e SNSA/BRASIL (2010).



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Observa-se que os custos estimados na implantação do Sistema Integrado com manancial superficial – R\$58.326.842,49²³ para Jungles (1994) e R\$4.553.001,36²⁴ para SNSA/MC (2010), para ambas as metodologias, são superiores aos custos do Sistema Isolado com manancial subterrâneo – R\$4.849.359,38 para Jungles (1994) e R\$4.015.713,24 para SNSA/MC (2010).

Assim, em função dos portes distintos entre os SAAs Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor e Benjamin Sodré/Sideral, para possibilitar a comparação entre ambos, conforme premissa do presente trabalho²⁵, para o Sistema Integrado, foi considerado o Setor de Distribuição ao invés do SAA como um todo; sendo, portanto, adotado um fator de proporcionalidade, em função da população atendida, para verificação dos custos inerentes ao 12º Setor dentre os custos totais do Sistema Produtor Bolonha, permitindo, assim, a comparação dos mesmos com os custos de implantação das unidades integrantes do 23º Setor, conforme Tabela 36:

²³Considerando todas as unidades integrantes do SAA Bolonha – Zona de Expansão – 12º Setor.

²⁴Considerando somente a quantidade de domicílios atendidos pelo 12º Setor.

²⁵Considerando definição de *linha hidroenergética*, conforme Rego (2016), detalhada na Fase 1.2 da Metodologia

Tabela 36 – Custos inerentes ao 12º Setor dentre os custos totais do Sistema Produtor Bolonha.

Sistema e/ou Setor	Componentes do SAA	Custos de Implantação (R\$)	População Atendida (hab.)	Custo de Implantação por Habitante (R\$/hab.)
Sistema Produtor Bolonha	Estações de Recalque	EEAB Rio Guamá: 9.739.866,03	1.213.722 ²⁶	8,02
		EEAB Lago Bolonha: 6.996.139,18	246.775 ²⁷	28,35
		EEAT Bolonha – Zona de Expansão: R\$1.934.045,62	70.996 ²⁸	27,24
	Adutoras F°Fº	AAB Rio Guamá – Lago Água Preta: 122.627,12	1.213.722 ¹⁵	0,10
		AAB Lago Bolonha – ETA Bolonha: 13.597,21	246.775 ¹⁶	0,06
	Estação de Tratamento	5.981.799,33		24,24
	Reservatórios	8.589.373,44		34,81
12º Setor/CI	Adutoras F°Fº	42.611,63	28.304	1,51
	Reservatórios	2.172.135,72		76,74
	Rede de Distribuição	44.950,50		1,59
	Custo de Implantação Total por Habitante (R\$/hab.)			
População Atendida pelo 12º Setor (hab.)				28.304
Custo de Implantação Total do 12º Setor (R\$)				5.735.972,59

Fonte: Jungles (1994); Costa (2003).

Portanto, para efeitos de padronização, os custos de implantação estimados pela metodologia de Jungles (1994), atualizada por Costa (2003) – R\$5.735.972,59 para o 12º Setor e R\$4.849.359,38 para o 23º Setor, foram adotados como fonte oficial na presente pesquisa.

Complementarmente, foi feita validação dos valores referenciais estabelecidos pelas metodologias desenvolvidas por Jungles (1994) e pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL, 2010), a partir da planilha orçamentária real da obra de Ampliação e Melhorias do Sistema de Abastecimento de Água Benjamin Sodré/Sideral²⁹, iniciada em 2013 e concluída em 2014, no valor de R\$2.739.016,58 – em valores corrigidos, a obra é de R\$4.408.721,09; considerando o INCC acumulado de Jan./2012 até Mar./2021, que é de 60,96%. Nesse sentido, aplicou-se os valores de referência, comparando-se o *orçamento resultante* com a *planilha real levantada*, conforme Gráfico 7:

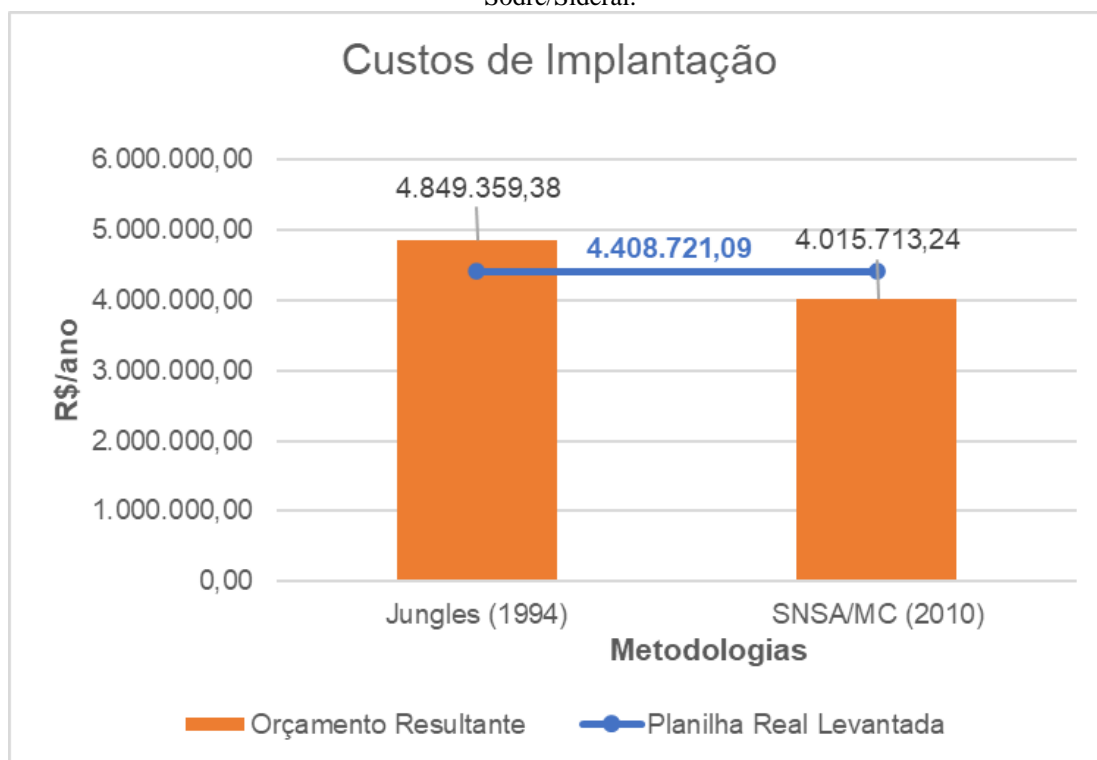
²⁶ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central”, “Bolonha – Zona de Expansão”, “Utinga – São Brás” e “Utinga – 5º Setor”, com base nos dados da Tabela 9.

²⁷ População total atendida pelos Sistemas “Bolonha – Zona Central” e “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

²⁸ População total atendida pelo Sistema “Bolonha – Zona de Expansão”, com base nos dados da Tabela 9.

²⁹ Conforme exposto anteriormente, isso se deu em função das dificuldades encontradas para a identificação dos custos à época da implantação do Sistema Produtor Bolonha e, conseqüentemente, para atualização dos valores para preços correntes.

Gráfico 7 – Comparação do orçamento resultante com a planilha real levantada no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.



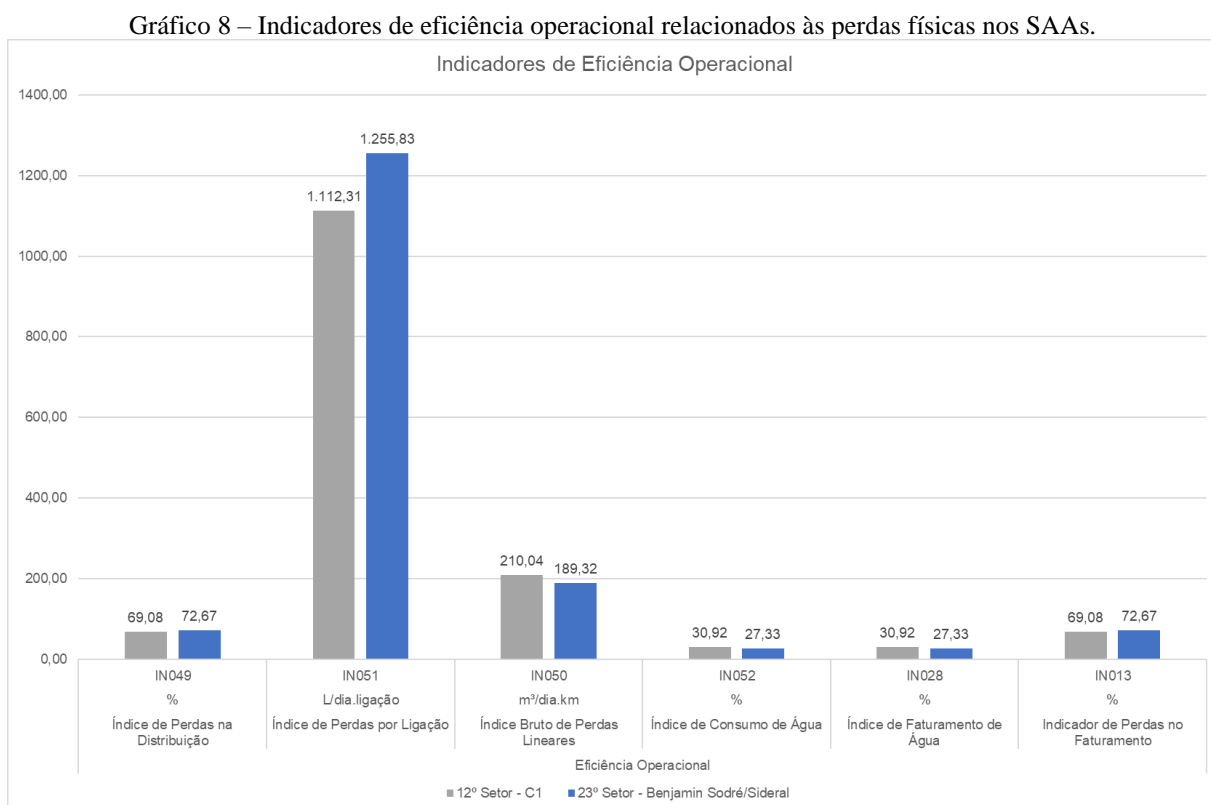
Fonte: Elaboração própria, 2021.

Conforme verificado na comparação acima, mesmo com as diferenças percentuais obtidas, as disparidades observadas entre o orçamento resultante, oriundo da aplicação da metodologia, e a planilha real levantada, procedente do banco de dados da COSANPA, para fins de estimativa, não foram demasiadamente expressivas – sendo de 9,09% para Jungles (1994) e de -9,79% para SNSA/MC (2010); referendando a aplicabilidade de ambas as metodologias adotadas na estimativa de orçamentos globais de unidades de sistemas de saneamento, como subsídio para gestão de investimentos e qualificação do gasto público em infraestrutura de saneamento básico (BRASIL, 2010).

De forma complementar, na realização desta fase, com base nas informações levantadas na fase anterior, foram determinados indicadores de eficiência operacional e de sustentabilidade econômica, conforme ilustrado a seguir.

5.4.2. Indicadores de Eficiência Operacional

Na análise dos indicadores de eficiência operacional, para o 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, conforme as fórmulas propostas pelo SNIS (Quadro 9), podem ser destacados os indicadores referentes às perdas físicas no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, conforme Gráfico 8, a seguir:



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Conceitualmente, as perdas físicas constituem parcela intrinsecamente vinculada aos Sistemas de Abastecimento de Água, devendo ser consideradas no balanço hídrico. O volume de água perdido é resultante da subtração do volume *consumido* (faturado) do volume total *explotado* (produzido/macromedido) e se aplica a todas as unidades do SAA.

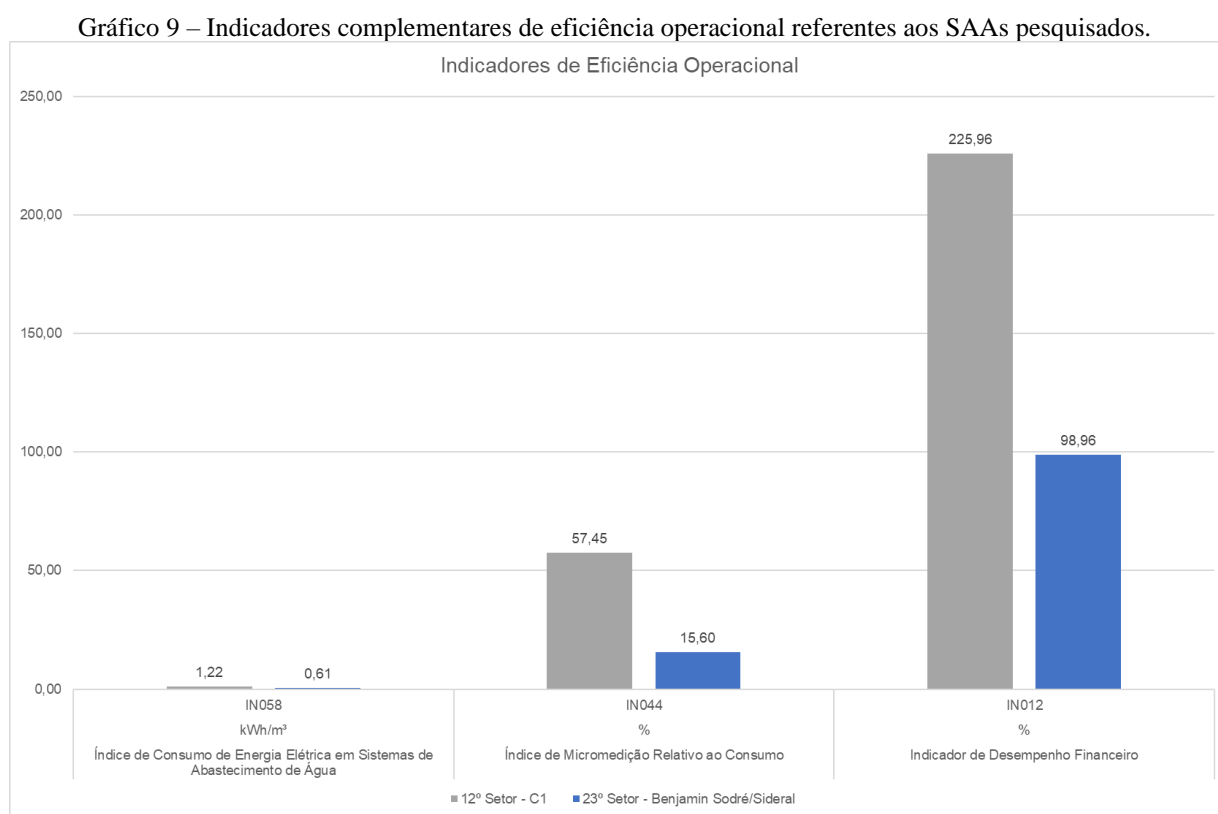
No caso, quanto ao “Índice de Perdas na Distribuição”, foram observados percentuais da ordem de 69,08% (12º Setor) e 72,67% (23º Setor). Para ambos os Setores, esse indicador foi superior à média do Estado do Pará (29,83%) e à média Nacional (27,21%); ilustrando a necessidade da priorização de investimentos, pela concessionária, em programas institucionais de controle e de redução de perdas de água.

Esse padrão, de elevadas perdas físicas nos dois Setores pesquisados, é confirmado pelos indicadores de “Índice de Perdas por Ligação” (*L/dia.ligação*) e de “Índice Bruto de Perdas

Lineares” ($m^3/dia.km$); tendo em vista que, tanto para o 12º Setor – C1 quanto para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, os indicadores calculados foram superiores às médias estadual e nacional constantes no SNIS (2020a).

Complementarmente, esses indicadores estão coerentes com os determinados por Viegas (2009) para o Conjunto Residencial Benjamin Sodré, atendido pelo 23º Setor, a saber: “Índice de Perdas na Distribuição” – 70,04%; “Índice de Perdas por Ligação” – 1.446 L/ligação.dia e “Índice Bruto de Perdas Lineares” – 157,96 $m^3/dia.km$ ou L/dia.m.

A seguir, no Gráfico 9, estão reunidos os indicadores complementares de eficiência operacional relacionados ao 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral:



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quanto ao “Índice de Micromedição relativo ao Consumo” (%), foram calculados percentuais na ordem de 57,45% (12º Setor) e 15,60% (23º Setor), que ilustram a fração do *volume micromedido* (hidrometrado) em relação ao *volume macromedido* (distribuído). Para o 12º Setor – C1, esse indicador foi superior à média do Estado do Pará (50,77%) e inferior à média brasileira (68,01%), enquanto que para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, o indicador calculado foi inferior aos referidos valores de referência estadual e nacional; destacando a necessidade de fortalecimento da performance comercial no referido Setor no que tange a

micromedição.

Paralelamente, quando comparadas as Despesas de Exploração de ambos os Setores com as receitas advindas da cobrança pela prestação dos serviços, o que é ilustrado pelo “Indicador de Desempenho Financeiro” (%), verifica-se que, nos dois casos, o montante arrecadado supera e/ou é demasiadamente próximo das despesas registradas, principalmente para o 12º Setor – C1 (225,96%); representando situação favorável à sustentabilidade econômica dos referidos Sistemas.

Por fim, quanto ao “Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água”, foram observados os valores de $1,22 \text{ kWh/m}^3$ (12º Setor) e de $0,61 \text{ kWh/m}^3$ (23º Setor).

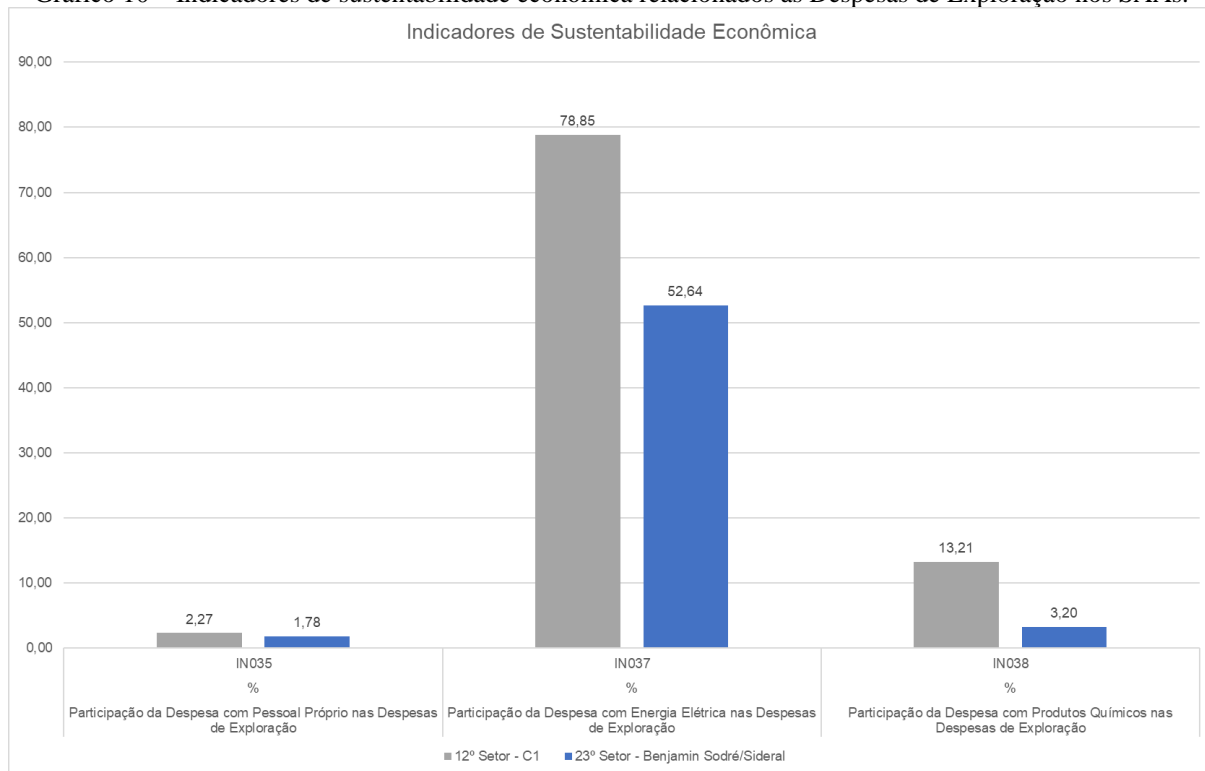
Esse indicador está diretamente relacionado à informação de “Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água” ($\times 10^3 \text{ kWh/hab. ano}$), que, por sua vez, está relacionada com a configuração e o tipo de unidades, com o número de equipamentos e com a rotina de operação e manutenção do SAA (PEREIRA & CONDURÚ, 2014). Portanto, a diferença entre o referido indicador, para ambos os Setores, está intrinsecamente associada, dentre outros fatores, aos vários bombeamentos necessários para a disponibilização do volume de água distribuído no 12º Setor – C1 a partir do Sistema Produtor Bolonha.

A seguir, estão listados os indicadores de sustentabilidade econômica calculados para o 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

5.4.3. Indicadores de Sustentabilidade Econômica

Na análise dos indicadores de sustentabilidade econômica, para o 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, conforme as fórmulas propostas pelo SNIS (Quadro 9), podem ser destacados os indicadores referentes às Despesas de Exploração no 12º Setor – C1 e no 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, conforme Gráfico 10, a seguir:

Gráfico 10 – Indicadores de sustentabilidade econômica relacionados às Despesas de Exploração nos SAAs.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, as despesas de exploração consistem no “valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo despesas com *pessoal, produtos químicos, energia elétrica, serviços de terceiros, água importada, esgoto exportado, despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX*, além de *outras despesas de exploração*” (SNIS, 2020b).

Conforme pontuado anteriormente, dentre as parcelas que compõem a DEX, as mais significativas são as despesas com mão-de-obra (39,50%), energia elétrica (16,30%), produtos químicos (3,20%) e com serviços terceirizados (20,80%) (FREITAS, 2008).

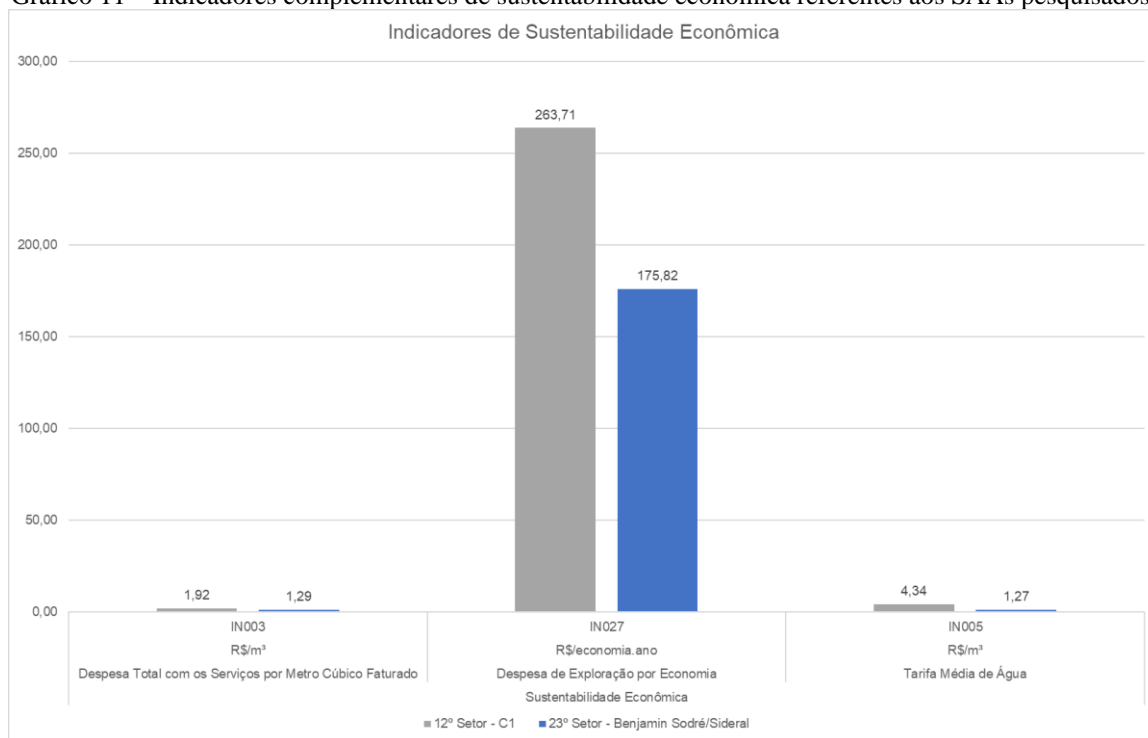
Nesse contexto, observa-se que as parcelas componentes da DEX nos dois Setores pesquisados, considerando *exclusivamente* as parcelas componentes com maior incidência, variou entre 78,85% (12º Setor) e 52,64% (23º Setor) – Energia Elétrica; 13,21% (12º Setor) e

3,20% (23º Setor) – Produtos Químicos e 2,27% (12º Setor) e 1,78% (23º Setor) – Pessoal Próprio; sendo o restante referentes aos Serviços Terceirizados.

Portanto, considerando, principalmente, as elevadas despesas com energia elétrica, é necessário que a busca pela eficiência na operação dos sistemas seja eminentemente priorizada, tendo em vista que as despesas de exploração, decorrentes da operação dos sistemas, impactam diretamente no valor da tarifa a ser cobrada pela prestação dos serviços, na capacidade de investimentos e no equilíbrio econômico-financeiro do prestador.

A seguir, no Gráfico 11, estão reunidos os indicadores complementares de sustentabilidade econômica relacionados ao 12º Setor – C1 e para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral:

Gráfico 11 – Indicadores complementares de sustentabilidade econômica referentes aos SAAs pesquisados.



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Complementarmente, quanto às “Despesas de Exploração por Economia”, foram observados valores de R\$ 263,71/*economia.ano* (12º Setor) e de R\$ 175,82/*economia.ano* (23º Setor). Para o 12º Setor – C1, esse indicador foi superior à média do Estado do Pará (R\$ 234,84/*economia.ano*) e inferior à média brasileira (R\$ 289,93/*economia.ano*), enquanto que para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, o indicador calculado foi inferior aos referidos valores de referência estadual e nacional; destacando a necessidade de otimização do controle operacional dos Setores estudados, visando à eficiência e, consequentemente, à

sustentabilidade econômica na prestação dos serviços.

Por fim, no que tange a “Tarifa Média de Água”, foram observados valores de R\$ 4,34/m³ (12º Setor) e de R\$ 1,27/m³ (23º Setor). Esses valores estão diretamente relacionados à informação de “Arrecadação Total” (R\$/ano), resultando em uma maior tarifa média para o 12º Setor – C1 em função da arrecadação cerca de quatro vezes maior deste em relação ao 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral. Quando comparados aos valores de referência estadual e nacional, a tarifa média do 12º Setor é maior do que ambos (R\$ 1,65/m³ e R\$ 2,60/m³, respectivamente), enquanto a do 23º Setor é inferior a ambos.

5.5 Etapa 3 – Análise da eficiência e da sustentabilidade econômica dos Setores selecionados

Nessa etapa, foi realizada a análise da eficiência e da sustentabilidade econômica na prestação dos serviços no município de Belém, especificamente dos Setores estudados, a partir dos indicadores calculados para cada Sistema e dos valores de referência estabelecidos; bem como das notas previstas para atribuição em função do enquadramento desses indicadores nos intervalos compostos pelos respectivos valores de referência, conforme Tabela 37 e Tabela 38, a seguir:

Tabela 37 – Análise de eficiência operacional do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

(continua)

Código (SNIS)	Indicadores	Unidades	12º Setor – C1		23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral	
			Calculado	Nota/Categoria de Qualidade	Calculado	Nota/Categoria de Qualidade
IN049	Índice de Perdas na Distribuição	%	69,08	3,00 (Ruim)	72,67	3,00 (Ruim)
IN051	Índice de Perdas por Ligação	<i>L/dia.ligação</i>	1.112,31	3,00 (Ruim)	1.255,83	3,00 (Ruim)
IN050	Índice Bruto de Perdas Lineares	<i>m³/dia.km</i>	210,04	3,00 (Ruim)	189,32	3,00 (Ruim)
IN058	Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água	kWh/m³	1,22	3,00 (Ruim)	0,61	9,00 (Excelente)
IN052	Índice de Consumo de Água	%	30,92	3,00 (Ruim)	27,33	3,00 (Ruim)
IN044	Índice de Micromedicação Relativo ao Consumo		57,45	7,00 (Bom)	15,60	3,00 (Ruim)

(conclusão)

Código (SNIS)	Indicadores	Unidades	12º Setor – C1		23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral	
			Calculado	Nota/Categoria de Qualidade	Calculado	Nota/Categoria de Qualidade
IN028	Índice de Faturamento de Água	%	30,92	3,00 (Ruim)	27,33	3,00 (Ruim)
IN013	Indicador de Perdas no Faturamento		69,08	3,00 (Ruim)	72,67	3,00 (Ruim)
IN012	Indicador de Desempenho Financeiro		225,96	9,00 (Excelente)	98,96	9,00 (Excelente)
Nota Final			41,11 (Ineficiente)		43,33 (Ineficiente)	

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 38 – Análise de sustentabilidade econômica do 12º Setor – C1 e do 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral.

Código (SNIS)	Indicadores	Unidades	12º Setor – C1		23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral	
			Calculado	Nota/Categoria de Qualidade	Calculado	Nota/Categoria de Qualidade
IN003	Despesa Total com os Serviços por Metro Cúbico Faturado	$R\$/m^3$	1,92	9,00 (Excelente)	1,29	9,00 (Excelente)
IN027	Despesa de Exploração por Economia	$R\$/economia.ano$	263,71	7,00 (Bom)	175,82	9,00 (Excelente)
IN035	Participação da Despesa com Pessoal Próprio nas Despesas de Exploração	%	2,27	9,00 (Excelente)	1,78	9,00 (Excelente)
IN037	Participação da Despesa com Energia Elétrica nas Despesas de Exploração		78,85	3,00 (Ruim)	52,64	3,00 (Ruim)
IN038	Participação da Despesa com Produtos Químicos nas Despesas de Exploração		13,21	3,00 (Ruim)	3,20	9,00 (Excelente)
IN005	Tarifa Média de Água	$R\$/m^3$	4,34	9,00 (Excelente)	1,27	3,00 (Ruim)
Nota Final			66,67 (Parcialmente Sustentável)		70,00 (Parcialmente Sustentável)	

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Conforme observado na Tabela 37, a maioria dos indicadores de eficiência operacional, tanto para o 12º Setor – C1, quanto para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral, ficaram enquadrados na categoria “Ruim”; o que contribuiu diretamente para a classificação de ambos os SAAs como “Ineficientes”.

Essa situação foi resultante, principalmente, dos indicadores relacionados às perdas físicas nos Sistemas, como o “Índice de Perdas na Distribuição” (%), o “Índice de Perdas por Ligação” (*L/dia.ligação*), o “Índice Bruto de Perdas Lineares” (*m³/dia.km*), o “Índice de Consumo de Água” (%), o “Índice de Faturamento de Água” (%) e o “Indicador de Perdas no Faturamento” (%); onde os mesmos ficaram demasiadamente distantes dos respectivos valores de referência, conforme levantado no SNIS (2019a), a saber: de 27,21 a 41,91%; de 259,77 a 546,01 *L/dia.ligação*; de 17,85 a 41,42 *m³/dia.km*; de 58,09 a 72,79%; de 58,08 a 69,61% e de 30,39 a 64,40%; respectivamente.

Em contrapartida, o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral apresentou uma excelente classificação quanto ao “Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água” (*kWh/m³*), bem como o 12º Setor – C1 demonstrou uma boa performance comercial quanto à hidrometração, o que resultou no enquadramento do “Índice de Micromedicação Relativo ao Consumo” (%) na categoria “Bom”. Complementarmente, ambos os Sistemas apresentaram avaliação “Excelente” quanto ao “Indicador de Desempenho Financeiro” (%); representando situação favorável quanto à sustentabilidade econômica dos mesmos.

Nesse contexto, a presente pesquisa ilustra a necessidade da priorização de investimentos institucionais nos Sistemas de Abastecimento de Água operados pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), visando à melhoria da gestão operacional dos mesmos mediante a otimização das condições de macromedicação, de micromedicação, de setorização, de automação, de controle de pressões e de recuperação de vazamentos.

Paralelamente, conforme verificado na Tabela 38, em contrariedade ao desempenho majoritariamente ruim dos indicadores de eficiência operacional, os indicadores de sustentabilidade econômica apresentaram desempenho categorizado, em sua maioria, como “Excelente”; destacadamente na “Despesa Total com os Serviços por Metro Cúbico Faturado” (*R\$/m³*), na “DEX por economia” (*R\$/economia.ano*) – para o 23º Setor, na “Participação da Despesa com Pessoal Próprio na DEX” (%), na “Participação da Despesa com Produtos Químicos na DEX” (%) – para o 23º Setor, e na “Tarifa Média de Água” (*R\$/m³*) – para o 12º Setor.

Contrariamente, os indicadores “Participação da Despesa com Energia Elétrica na DEX” (%), “Participação da Despesa com Produtos Químicos na DEX” (%) – para o 12º Setor,

e “Tarifa Média de Água” ($R\$/m^3$) – para o 23º Setor, apresentaram classificação “Ruim”; contribuindo para que ambos os Setores estudados expressassem nota final enquadrada como “Parcialmente Sustentável”.

Esse padrão quanto à sustentabilidade econômica na prestação dos serviços de abastecimento de água foi verificado também por Bezerra (2012) que, na avaliação de aspectos operacionais, de despesas, de produtividade, de atendimento e de qualidade da água, verificou que cinco dos dez maiores municípios paraenses – Belém, Santarém, Marabá, Parauapebas e Cametá – são classificados como “Parcialmente Sustentáveis”, enquanto que os outros cinco municípios – Ananindeua, Marituba, Castanhal, Abaetetuba e Bragança – foram enquadrados como “Não Sustentáveis”.

Nesse sentido, é imprescindível que as concessionárias de abastecimento de água, em atendimento à Lei n.º 14.026/2020, que prevê que as normas de referência do setor de saneamento básico devem estimular a sustentabilidade econômica na prestação de serviços (BRASIL, 2020), objetivem o aperfeiçoamento da gestão comercial; tendo em vista que a mesma tem reflexo direto no valor pago pelo consumidor na prestação dos serviços de abastecimento de água.

6 CONCLUSÃO

A partir da realização do presente trabalho, foi permitido o diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água localizados no município de Belém, capital do estado do Pará, operados pela Companhia de Saneamento do Pará, com as suas respectivas particularidades, bem como atestar a relação matemática existente entre a população atendida e a área de cobertura em SAAs ($R^2 = 0,8026$ nos SAAs Integrados e $R^2 = 0,6359$ nos SAAs Isolados).

Na continuidade do levantamento de dados, mediante a mensuração dos custos para implantação dos Setores estudados, foram observados valores relativamente próximos para ambos os Setores – R\$5.735.972,59 para o 12º Setor/C1 e R\$4.849.359,38 para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral. Complementarmente, recomenda-se que sejam realizados estudos complementares que resultem no estabelecimento de indicadores referenciais específicos por manancial (Superficial e/ou Subterrâneo) ou por configuração de SAA (Integrado ou Isolado).

Quanto aos indicadores de Eficiência Operacional, foi verificado que, apesar dos indicadores de perdas físicas serem análogos para ambos os Setores estudados (69,08% para o 12º Setor – C1 e 72,67% para o 23º Setor – Benjamin Sodré/Sideral), do ponto de vista da performance comercial, o Setor integrante de SAA com manancial superficial (12º Setor) possui maior “Índice de Micromedição Relativo ao Consumo” (57,45%) e de arrecadação em relação ao montante faturado, denominado “Indicador de Desempenho Financeiro” (225,96%), em relação ao Setor integrante de SAA com manancial subterrâneo (23º Setor).

Mesmo não havendo relação direta entre o tipo de manancial e a performance comercial dos Setores, em função da equalização das Despesas de Exploração no SAA Integrado relacionada à maior abrangência/cobertura do Sistema, mesmo com gastos elevados percentuais de Energia Elétrica (78,85%) e de Produtos Químicos (13,21%), essas despesas foram mais facilmente superadas frente ao montante arrecadado no referido Setor – DEX Total de R\$1.980.037,18 e Arrecadação de R\$4.473.912,60; ilustrando os ganhos de escala do SAA Integrado com manancial superficial, conforme ilustrado pelos indicadores preliminares relacionados por $\times 10^3 m^3/\text{hab.ano}$, $R\$/\text{hab.ano}$ e $R\$/\text{economia.ano}$.

Além disso, no Sistema Integrado, em função da concentração das instalações de captação, adução, tratamento, reservação e elevação, o controle operacional é otimizado; o que é particularmente útil em grandes conglomerados urbanos, que possuem grandes demandas de água potável.

Complementarmente, de acordo com estudo elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), o Aquífero Pirabas, que é mais explorado em razão do maior volume de produção de água e do menor teor de ferro, com vazões médias da ordem de 250 m³/h, armazena

cerca de 84% de toda a reserva hídrica subterrânea da Região Metropolitana de Belém, sendo que, nesse universo, somente 3,2% compõe a denominada reserva renovável. Portanto, a exploração de água subterrânea no município de Belém, considerando o caráter não-renovável do principal Sistema Aquífero, deve ser cuidadosamente gerenciada, em conformidade com as regulamentações do órgão gestor de recursos hídricos.

Por sua vez, quanto aos indicadores de Sustentabilidade Econômica, foi verificada a necessidade de otimização das Despesas de Exploração com Energia Elétrica de ambos os Setores estudados e com Produtos Químicos no Setor integrante de SAA com manancial superficial, em função do elevado percentual de incidência dessas parcelas na DEX Total. Nesse sentido, é necessária a incorporação de premissas de eficiência hidroenergética na otimização das rotinas operacionais dos referidos Sistemas, bem como a determinação dos produtos químicos – coagulantes, polímeros auxiliares de floculação e agentes desinfetantes –, mais adequados para a realidade local, especialmente no que tange a sazonalidade da qualidade da água bruta do manancial superficial utilizado para abastecimento público, além da verificação das dosagens ótimas indicadas por meio da realização de ensaios contínuos de tratabilidade.

Por fim, ambos os Setores pesquisados foram classificados, quanto à análise de eficiência e de sustentabilidade econômica, como ineficientes e parcialmente sustentáveis, respectivamente, o que ilustra a necessidade urgente pelo aperfeiçoamento da gestão operacional e comercial da concessionária regional prestadora dos serviços; visando ao atendimento das premissas da Lei n.º 14.206/2020, bem como à garantia da capacidade econômico-financeira do prestador, conforme previsto no Decreto n.º 10.710/2021 (BRASIL, 2021a), contribuindo para a expansão continuada da cobertura dos sistemas e, por conseguinte, para a universalização do abastecimento de água potável no município de Belém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2010). *Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água*. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2013). *Atlas Geográfico Digital de Recursos Hídricos do Brasil*. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/atlasrh2013/>>. Acesso em: 13 mai. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2018). *Estudos Hidrogeológicos para a Gestão das Águas Subterrâneas da Região de Belém/PA*. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/4e560d0e-9534-44e2-8e19-31ba5fb3596a>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- ALBUQUERQUE JUNIOR, I. P. *Implementação de Padrão Operacional para Redução de Perdas em Zonas de Macromedicação*. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019, Natal/RN. Anais do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro/RJ: ABES, 2019.
- ALEGRE, H. *et al.* Performance Indicators for Water Supply Services. 2. Ed. London: *International Water Association Publishing*, 2006. 289p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=nfSZiheXeRsC&pg=PR9&lpg=PR9&dq=performance+indicators+water+supply+services+second+edition&source=bl&ots=3f98pD4Cyy&sig=TeGnHIYx7dWBFu8bHip_-02nnXo&hl=pt-BR&sa=X&ei=i2ZrUM_vOJKm8ATS5ICoDg&ved=0CCgQ6AEwAA>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- ALTAFIN, I. G. *Abordagem de Avaliação da Sustentabilidade dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário, Aplicada ao Distrito Federal*. 2008. Tese (Doutorado em Ciências e em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2008.
- ALVIM, A. T. B.; BRUNA, G. C.; KATO, V. R. C. Políticas Ambientais e Urbanas em Áreas de Mananciais: Interfaces e Conflitos. *Cadernos Metrôpole*, v. 17, n. 33, p. 83-107, 2015.
- ALVIM, A. T. B.; KATO, V. R. C.; ROSIN, J. R. G. A Urgência das Águas: Intervenções Urbanas em Áreas de Mananciais. *Cadernos Metrôpole*, v. 19, p. 143-164, 2008.
- ARAÚJO, G. C.; BUENO, M. P.; SOUSA, A. A.; MENDONÇA, P. S. M. *Sustentabilidade Empresarial: Conceitos e Indicadores*. In: Anais do III Congresso Brasileiro de Administração, 2018, Campo Grande/MS.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.211 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água*. Rio de Janeiro, 1992a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público*. Rio de Janeiro, 1992b.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). *A Infraestrutura Urbana*. Disponível em:

<www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial12.pdf>. Acesso em: 01 set. 2020.

BARROS, A. J. A.; MESQUITA, K. F. C.; BEZERRA, G. C. M.; CONDURU, M. T.; PEREIRA, J. A. R. *Impacto da Expansão da Rede de Distribuição de Água na Despesa de Energia Elétrica nos Municípios do Arquipélago do Marajó, estado do Pará, Brasil*. In: XV Seminario Iberoamericano de Redes de Agua Potable y Drenaje Urbano, 2017, Bogotá – Colômbia. Anais do XV Seminario Iberoamericano de Redes de Agua Potable y Drenaje Urbano. Bogotá – Colômbia: Universidad de Los Andes, 2017.

BELÉM (2014). *Resolução n.º 01, de 07 de julho de 2014*. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=272742>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

BEZERRA, G. C. M. *Avaliação da Sustentabilidade da Prestação dos Serviços de Abastecimento de Água em Municípios*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2012.

BRASIL (1997). *Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL (2001). Ministério do Desenvolvimento Regional. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução n.º 16, de 08 de maio de 2001*. Disponível em: <<https://cnrh.mdr.gov.br/resolucoes/62-resolucao-n-16-de-08-de-maio-de-2001/file>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRASIL (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL (2010). Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Nota Técnica SNSA n.º 492/2010*. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Referencias_Custos_Globais_Sistemas_Saneamento_Basico.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

BRASIL (2011). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 set. 2020.

BRASIL (2020). *Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm>. Acesso em: 01 ago. 2020.

BRASIL (2021a). *Decreto n.º 10.710, de 31 de maio de 2021*. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.710-de-31-de-maio-de-2021-323171056>>. Acesso em: 03 jun. 2021.

BRASIL (2021b). Ministério da Saúde. *Portaria n.º 888, de 4 de maio de 2021*. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRITO, L. P. G.; CAVENAGHI, S.; JANNUZZI, P. M. Estimativas e projeções populacionais para

pequenos domínios: uma avaliação da precisão para municípios do Rio de Janeiro em 2000 e 2007. *Rev. bras. estud. popul.*, São Paulo/SP, v. 27, n. 1, p. 35-57, jun. 2010.

CARMO, F. J. J. *Vazamentos na Rede de Distribuição de Água: Impactos no Faturamento e no Consumo de Energia Elétrica do 3º Setor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2009.

CARVALHO, O.; VIANA, O. Ecodesenvolvimento e Equilíbrio Ecológico: Algumas Considerações sobre o Estado do Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, v. 29, n. 2, abr./jun. 1998.

COELHO, A. C. *Micromedição em Sistemas de Abastecimento de Água*. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro Comum*. 2ª ed. Rio de Janeiro/RJ: Editora da FGV, 1991.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Projeto Básico de Ampliação e Melhorias do Sistema de Abastecimento de Água Águas Lindas*. Belém/PA, 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Listagem de Sistemas de Abastecimento de Água*. Belém/PA, 2020a.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Termo de Referência para Elaboração de Projeto Básico para Ampliação e Melhorias de Sistema de Abastecimento de Água*. Belém/PA, 2020b.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Relatório de Informações Operacionais e Comerciais*. Belém/PA, 2021a.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento – GSAN*. Belém/PA, 2021b.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. *Manual de Prescrições para Elaboração de Projetos de Sistemas de Abastecimento de Água*. Curitiba/PR, 2014.

COSTA, A. J. *Metodologia para Análise de Tarifas de Sistemas de Abastecimento de Água – SAA com base nos Custos de Implantação e Operação do Sistema*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2003.

COSTA, R. F. *Métodos e Aplicações de Técnicas de Locação de Vazamentos Não-Visíveis em Sistemas de Abastecimento de Água*. In: Anais Eletrônicos do 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2018, São Paulo/SP.

FENZL, N.; MENDES, R. L. R.; FERNANDES, L. L. *A Sustentabilidade do Sistema de Abastecimento de Água: da Captação ao Consumo de Água em Belém*. Belém/PA: NUMA/UFGPA, 2018.

FERRAZ, J. M. G. *As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores*. In: L. A. Skorupa J. F. Marques, J. M. G. Ferraz. *Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas*. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, p. 17-35, 2003.

FERREIRA, J. F. H. *Avaliação do Consumo e da Despesa de Energia Elétrica no Estudo de Concepção de Sistema de Abastecimento de Água*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2019.

FREITAS, N. C. *Proposta de um Sistema de Apuração de Custos para Empresas de Saneamento: Um Estudo de Caso na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE*. 2008. Dissertação (Mestrado Profissional em Controladoria) – Programa de Pós-Graduação em Controladoria – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2008.

GOMES, H. P.; BEZERRA, S. T. M. *DTA – Documento Técnico de Apoio n.º D2: Macromedicação*. 3.ed, João Pessoa, 2009.

HELLER, L.; RODRIGUES, L. A. Visão Estratégica para o Futuro do Saneamento Básico no Brasil. In: HELLER, L.; MORAES, L. R. S. M.; BRITO, A. L. P.; BORJA, P. C.; REZENDE, S. *Panorama do Saneamento Básico no Brasil*, v. 6, 2011.

HENDGES, A. S. *Princípios da Política Nacional de Saneamento Básico*. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2011/09/13/principios-da-politica-nacional-de-saneamento-basico-artigo-de-antonio-silvio-hendges/#:~:text=O%20controle%20social%2C%20a%20transpar%C3%Aancia,Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamento%20B%C3%A1sico.>>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

HERRERA, M. *et al.* Predictive Models for Forecasting Hourly Urban Water Demand. *Journal of Hydrology*, v. 387, p. 141-150, jun. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.005>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). *IBGE Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 mai 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2020). *Projeções Populacionais*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 28 mai 2020.

JUNGLES, A. E. *Análise de Alternativas de Expansão de Capacidade dos Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água em Santa Catarina*. 1994. Tese de Doutorado. Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis, SC.

JUSTO, M. C. D. M. *Financiamento do Saneamento Básico no Brasil: Uma Análise Comparativa da Gestão Pública e Privada*. 2004. 165f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) — Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

KLEVAS, V.; STREIMIKIENE, D.; KLEVIENE, A. Sustainability assessment of the energy projects implementation in regional scale. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, p. 155-166, 2009.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento Básico no Brasil: Considerações sobre Investimentos e Sustentabilidade para o Século XXI. *Rev. Adm. Pública*, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, abr./2011.

- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos Metodológicos na Construção do Conhecimento Científico: a Pesquisa Bibliográfica. *Rev. Katál* – Florianópolis/SC, v. 10, n. esp., p. 37-45, 2007.
- MEDINA, S. P.; FALFÁN, I. L. Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. Economía, sociedad y territorio, *El Colegio Mexiquense* – México, v. 15, n. 47, p. 01-33, 2015.
- MELO, M. T.; QUEIROZ, T. M.; VINAGA, L.; FERREIRA, J. R. S.; MARCHETTO, M. Variabilidade das Classes da Água e Índice de Estado Trófico do Riacho Queima Pé. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 27, n. 1, p. 68-79, 2019.
- MORAES, L. R. S. *Medidas Estruturantes a Serem Consideradas em Planos e Programas de Saneamento Básico: o Controle de Perdas de Água e Medidas de Racionalização e Eficiência Energética*. In: XVII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, 2013, Vitória/ES. Anais do XVII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Vitória/ES: ASSEMAE, 2013.
- MOTTA, R. G. *Importância da Setorização Adequada para Combate às Perdas Reais de Água de Abastecimento Público*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2010.
- MOURA, L. G. V. *Indicadores para a Sustentabilidade em Sistemas de Produção da Agricultura Familiar*. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Agenda 2030 – ONU Brasil*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 01 ago. 2020.
- PARÁ (2001). *Lei n.º 6.381, de 25 de julho de 2001*. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/2001/07/25/9760/>>. Acesso em: 16 abr. 2021.
- PARÁ (2010). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. *Resolução n.º 13, de 04 de maio de 2010*. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CERH-n%C2%BA-13-Diretrizes-procedimentos-de-solicita%C3%A7%C3%A3o-de-outorga.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2021.
- PEREIRA, J. A. R.; CONDURÚ, M. T. *Abastecimento de Água: Informação para Eficiência Hidroenergética*. 1ª ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2014. 127 p.
- PROGRAMA DE SANEAMENTO DA BACIA DA ESTRADA NOVA – PROMABEN. *Elaboração de Projeto Executivo da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE e Emissário Final Necessários na Implantação do Programa de Saneamento Básico da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN II, no município de Belém/PA*. Belém/PA, 2020.
- RAUEN, V. A. B.; GROHMAN, C. H.; GOVEIA, S. S.; MIOTO, C. L.; MARIRI, L. B.; PARANHOS FILHO, A. C.; ALMEIDA, M. H. T. Geotecnologias na Determinação da Vulnerabilidade à Ocorrência de Vazamentos em Redes de Abastecimento de Água. *Geociências*, v. 35, n. 3, p. 414-425, 2016.
- REGO, A. G. *Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia para Avaliação de Desempenho*

Hidroenergético de Sistemas de Abastecimento de Água. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônica – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2016.

RIBEIRO, P. F. M.; MELO, M. C. Comparativo entre Custos Operacionais na Potabilização de Águas Superficiais e Subterrâneas em Pequenas Cidades. *Percorso Acadêmico*, v. 10, n. 19, p. 109-125, 2020.

RICHTER, C., AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de Água: Tecnologia atualizada*. Editora: Blucher. 1991.

RODRIGUES, P. R. *Resíduos Sólidos sobre o prisma da Educação Ambiental*. 2012. Monografia (Especialização em Educação Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu, Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2012.

SCHUSSEL, Z. G. L. O Desenvolvimento Urbano Sustentável – Uma Utopia Possível? *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 9, p. 57-67, 2004.

SHEN, L.; OCHOA, J. J.; SHAH, M.; ZHANG, X. The Application of Urban Sustainability Indicators and a Comparison between Various Practice. *Habitat International*, 35 (1), Elsevier, Nova York/EUA, p. 17-29, 2011.

SHEN, L., YI PENG, X. Z.; YUZHE, W. An Alternative Model for Evaluating Sustainable Urbanization, *Cities*, 29 (1), Elsevier, Nova York/EUA, p. 32-39, 2012.

SILVA, A. C. da; PITHON, A. J. C.; FERNANDES, J. L.; SANTOS, L. M. Análise de Viabilidade Econômica Financeira para a Implantação de uma Central de Massa em uma Indústria Cerâmica de Itaboraí, RJ. *Cerâmica [online]*. vol. 60, n. 356, p. 490-500, 2014.

SILVA, C. M.; PÁDUA, V. L.; BORGES, J. M. Contribuição ao Estudo de Medidas para Redução da Perda Aparente de Água em Áreas Urbanas. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. XIX, n. 3, p. 253-274, jul-set/2016.

SILVA, J.A. *Direito Ambiental Constitucional*. 2.ed. São Paulo: Malheiros, 1995. 243p.

SILVA, J. R. P.; CARMO, E. M. *Estudo dos Conflitos Ambientais no Assentamento e APP's do Igarapé do Bruno – Apiacás/MT*. In: 3º Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife/PE. Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife/PE: UFPE, 2010.

SILVA, W. T. P.; SILVA, L. M.; CHICHORRO, J. F. Gestão de Recursos Hídricos: Perspectivas do Consumo Per Capita de Água em Cuiabá. *Eng. Sanit. e Amb.*, vol. 13, n. 1, p. 8-14, jan-mar/2008.

SILVEIRA, D. T.; GERHARDT, T. E. *Método de Pesquisa*. 1ª ed. Porto Alegre/PR: Editora da UFRGS, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2020a). *Série Histórica*. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 07 jul 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2020b). *Glossário de Informações e Indicadores*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 29 jul 2020.

SOARES, A. S.; DALSASSO, R. L.; TRENNEPOHL, F. G. *Fatores que Influenciam no Tempo de Reparo dos Vazamentos em um Sistema de Abastecimento de Água (Estudo de Caso)*. In: Anais Eletrônicos do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015, Rio de Janeiro/RJ.

SOARES, N. S.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; BRAGA, M. J. Relação de Causalidade entre Consumo Per Capita de Papel e Renda Per Capita no Brasil. *Cerne*, v. 15, n. 3, p. 265-272, jul-set/2009.

TEIXEIRA, L. C. G. M.; COELHO, P. D. B.; PONTE, V. S. X. *Determinação do Coeficiente de Consumo Per Capita de Água Potável em Edifícios Multifamiliares de Classe Média-Alta no Município de Belém/PA*. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019, Natal/RN. Anais do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro/RJ: ABES, 2019.

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de Água*. 3ª ed. São Paulo/SP: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento. *Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário dos Municípios de Belém, Ananindeua e Marituba*. Belém: UFPA/NUMA, 2013. 1 v., 295 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento. *Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém*. Belém: UFPA/NUMA, 2006. 1 v., 114 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento. *Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém*. Belém: UFPA/NUMA, 2006. 2 v., 285 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento. *Relatório Diagnóstico Hidroenergético UFPA – EEAT Bairro Guanabara, Ananindeua/PA*. Belém: UFPA, 2014.

VIEGAS, A. A. *Estudo das Perdas de Água no Sistema de Abastecimento e nas Residências do Conjunto Benjamim Sodré*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2009.

ANEXOS

AUTORIZAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DOS DADOS DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (COSANPA)



Companhia de Saneamento do Pará

CARTA DE AUTORIZAÇÃO

A **COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ – COSANPA**, Sociedade de Economia Mista, com sede em Belém - PA, sito à Avenida Magalhães Barata nº. 1201, São Brás, CEP 66.060-670, neste ato representada por seu Diretor de Expansão e Tecnologia – **Nagib Charone Filho**, tenho ciência e autorizo a realização da pesquisa intitulada “Avaliação da Sustentabilidade Econômica de Sistemas de Abastecimento de Água com Captação de Água em Manancial Superficial e Subterrâneo” sob responsabilidade do empregado público efetivo Arthur Julio Arrais Barros lotado na Unidade Executiva de Estudos e Projetos. Para isto, serão disponibilizados ao empregado os documentos para análise que serão utilizados na realização da pesquisa na COSANPA.

Belém (PA), 22 de setembro de 2020.

Engº Nagib Charone Filho
Diretor de Expansão e Tecnologia