



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
AMBIENTAL

Jonatan Onis Pessoa

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO

FEIRA DE SANTANA, BA - BRASIL

JULHO DE 2016

Jonatan Onis Pessoa

**QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador:
Prof. Dr. Sílvio Roberto Magalhães Orrico

FEIRA DE SANTANA, BA –BRASIL
JULHO DE 2016

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

P567q Pessoa, Jonatan Onis
Qualidade da água de rios e sistemas de esgotamento sanitário /
Jonatan Onis Pessoa. – Feira de Santana, 2016.
117 f. : il.

Orientador: Sílvio Roberto Magalhães Orrico.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2016.

1. Água de rios – Bahia. 2. Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES). 3.
Qualidade da água – Bahia. 4. Saneamento básico. I. Orrico, Sílvio Roberto
Magalhães, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 628.3(814.2)

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E SISTEMAS DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO

Jonatan Onis Pessoa

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

Aprovada por:

Prof. Sílvio Roberto Magalhães Orrico (Orientador), Dr. - Orientador
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Prof. Eduardo Henrique Borges Cohim Silva, Dr.
(Universidade Estadual de Feira de Santana)

Prof. Luiz Roberto Santos Moraes, PhD
(Universidade Federal da Bahia)

FEIRA DE SANTANA, BA

JULHO DE 2016

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais Paulo e Jecilene e ao
meu melhor amigo e irmão Jonas Onis Pessoa
pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por me presentear os melhores pais do mundo

A minha Família, em especial aos meus pais Paulo e Jecilene e ao meu irmão Jonas Onis Pessoa pela força, incentivo e compreensão

Ao PPGECEA pela oportunidade e aos professores, funcionários e colegas desse Programa pelos ensinamentos e inúmeros momentos agradáveis

Ao meu orientador Sílvio Orrico pela amizade, incentivo, ensinamentos e infinita paciência

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro

Aos meus sobrinhos Alice e João Pedro que pelo simples fato de existirem me deram forças para concluir essa etapa da minha vida

A todos meus colegas que fiz na Bahia, especialmente Guilherme, Márcio e Dona Helena, pelo apoio nos momentos em que senti saudades de casa

Aos funcionários da GEOHIDRO por disponibilizarem o material do PEMAPES

A Luciana Rocha do INEMA pela atenção e importantes contribuições na aquisição de material relacionado à pesquisa

A Isabela Mello pela contribuição na confecção dos mapas

Ao Professor Maurício Santana Lordêlo pela contribuição na análise estatística dos dados

Ao Professor Roque Angélico Araújo pelo intermédio com funcionários da EMBASA

A BB pela paciência, incentivo, puxões de orelha em momentos que foram necessários

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão dessa dissertação de mestrado.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGECEA/UEFS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Jonatan Onis Pessoa

Julho/2016

Orientador: Sílvio Roberto Magalhães Orrico

Programa: Engenharia Civil e Ambiental

Os sistemas de esgotamento sanitário (SES), quando bem operados, são intervenções que podem contribuir para a minimização da degradação de ambientes aquáticos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água de rios em cidades com sistema público de esgotamento sanitário implantado. Para tanto, foram selecionadas dez cidades do Estado da Bahia, sendo sete delas contendo SES e três sem tais serviços. Utilizou-se o registro trimestral realizado pelo INEMA da concentração de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, oxigênio dissolvido e o Índice de Qualidade da Água - IQA de 14 pontos monitorados no período compreendido entre 2008 a 2015. Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando o teste de Kruskal-Wallis. Verificou-se que valores médios de IQA variaram entre 26 a 72. Os quatro pontos monitorados nas cidades sem sistema público de esgotamento sanitário apresentaram águas classificadas como “boa” ao passo que 40% dos pontos monitorados nas cidades com SES tiveram águas classificadas como “regular” ou “ruim”. Os resultados encontrados sugerem que o lançamento de esgotos nos sistemas de águas pluviais e nos corpos receptores parece ser a principal causa dos baixos valores de IQA. Dessa forma, constata-se a fragilidade das cidades quanto à fiscalização de ligações irregulares de esgoto. Campanhas de educação ambiental são recomendadas visando a redução de tais práticas e a melhoria da qualidade da água nos rios das cidades avaliadas.

Palavras-chave: Esgotamento Sanitário, Qualidade das Águas, IQA, Efetividade.

Abstract of Dissertation presented to PPGECEA/UEFS as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Jonatan Onis Pessoa

July/2016

Advisor:

Department: Civil and Environment Engineering

Sewage systems when properly operated can help to minimize of aquatic environments degradation. In this context, this study aimed to evaluate the river water quality in towns with and without sewage. Therefore, ten towns of Bahia State were selected, seven of them containing sewage and three devoid of such services. It was used secondary data from water river quality (INEMA – Environmental Stare Agency), sewage (SNIS). Parameters analyzed were concentration of fecal coliforms, biochemical oxygen demand, total phosphorus, dissolved oxygen and the Water Quality Index - IQA 14 points monitored in the period 2008 to 2015. Data were submitted the statistical analysis using the Kruskal-Wallis test. It was found that average AQI values ranged from 26 to 72. The four points monitored in towns without public sewage system presented classified waters as "good" while 40% of monitored points in cities with SES have waters classified as "regular 'or' bad ". Results suggest that the release of sewage into storm water systems and receiving bodies seems to be the main cause of low AQI values. Thus, there has been the weakness of the towns as the supervision of illegal sewage connections. Environmental education campaigns are recommended in order to reduce such practices and to improve water quality in rivers in these towns.

Keywords: Sewer Systems, Water quality, WQI, Effectiveness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de informações obtidas por meio das diversas fontes de dados e do PEMAPES para cada cidade avaliada.....	59
Figura 2 - Aspectos a serem analisados em relação aos SES, áreas de estudo e qualidade das águas dos rios avaliados	60
Figura 3 - Localização das cidades avaliadas na pesquisa	62
Figura 4 - Síntese dos critérios utilizados para escolha das áreas de estudo	64
Figura 5 - Diagrama dos pontos avaliados nos Rio Colônia e no Rio Cachoeira	65
Figura 6 - Diagrama dos pontos avaliados no Rio de Contas	66
Figura 7 - Diagrama dos pontos avaliados no Rio Jiquiriçá.....	66
Figura 8 - Diagrama dos pontos avaliados no Riacho Principal	66
Figura 9 - Fluxograma da análise estatística empregada.....	70
Figura 10 - Valores médios do parâmetro Coliformes Termotolerantes nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2	73
Figura 11 - Valores médios do parâmetro DBO nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2	76
Figura 12 - Valores médios do parâmetro DBO nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2.	76
Figura 13 - Valores médios do parâmetro Fósforo Total nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2	80
Figura 14 - Valores médios do parâmetro Nitrogênio Total nos pontos avaliados, período 2008 a 2015.....	80
Figura 15 - Valores médios do IQA e análise estatística nos pontos avaliados, período 2008 a 2015.....	82
Figura 16 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-COL-200, monitorado na cidade de Itororó, durante os anos de 2008 a 2015	89
Figura 17 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-COL-300, monitorado na cidade de Itajú do Colônia, durante os anos de 2008 a 2015	90
Figura 18 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto PRG-PRN-300, monitorado na cidade de Feira de Santana, durante os anos de 2008 a 2015.....	90
Figura 19 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-RCH-700, monitorado na cidade de Itabuna, durante os anos de 2008 a 2015.....	91
Figura 20 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-500, monitorado na cidade de Laje, durante os anos de 2008 a 2015	91
Figura 21 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-600, monitorado na cidade de Laje, durante os anos de 2008 a 2015	92
Figura 22 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-400, monitorado na cidade de Mutuípe, durante os anos de 2008 a 2015.....	92
Figura 23 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto CON-CON-550, monitorado na cidade de Jequié, durante os anos de 2008 a 2015	93

Figura 24 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto CON- JQZ-100, monitorado na cidade de Jequié, durante os anos de 2008 a 2015.....	93
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais artigos que correlacionam saneamento e saúde publicados entre 1995 e 2014.....	52
Quadro 2 - Cidades, rios e bacias hidrográficas dos pontos de monitoramento selecionados	65
Quadro 3 - Características populacionais e do uso e ocupação do solo nos municípios das cidades avaliadas.....	67
Quadro 4 - Vazão média diária dos diferentes rios avaliados na pesquisa - período de 2008 a 2015.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo cronológico dos sistemas de esgotos no Brasil	18
Tabela 2 - Comparação entre sistema separador absoluto e sistema combinado	19
Tabela 3 - Cidades com índice de atendimento superior a 50% da população total no Estado da Bahia, segundo dados do SNIS 2014	25
Tabela 4 - Atuação dos prestadores dos serviços públicos de esgotamento sanitário na Bahia e sua respectiva natureza jurídica.....	26
Tabela 5 - Indicadores operacionais de desempenho de esgotamento sanitário utilizados pelo SNIS	34
Tabela 6 - Estudos envolvendo indicadores de serviços públicos de esgotamento sanitário	46
Tabela 7 - Estudos sobre a qualidade da água de rios a partir de parâmetros físico-químicos biológicos que sugerem o lançamento de esgotos no corpo d'água.....	49
Tabela 8 - Parâmetros e pesos finais para determinação do IQA.....	50
Tabela 9 - Diferenças entre eficiência e eficácia.....	56
Tabela 10 - Parâmetros avaliados na pesquisa e parâmetros e pesos finais utilizados para determinação do Índice de Qualidade das Águas - IQA	61
Tabela 11 - Classificação da qualidade da água em função do IQA	61
Tabela 12 - Total de campanhas realizadas por meio do Programa Monitora – ano 2008 a 2015 no Estado da Bahia.....	63
Tabela 13 - Características das áreas adjacentes aos pontos de monitoramentos avaliados	67
Tabela 14 - Faixa de variação e análise estatística do parâmetro Coliformes Termotolerantes – período 2008 a 2015.....	72
Tabela 15 - Faixa de variação e análise estatística dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido – período 2008 a 2015	75
Tabela 16 - Faixa de variação e análise estatística dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total – período 2008 a 2015	79
Tabela 17 - População atendida pelos serviços públicos de esgotamento sanitário nas cidades avaliadas.....	83
Tabela 18 - Volumes e índices de coleta e tratamento de esgotos nas cidades avaliadas	84
Tabela 19 - Extensão de rede de esgoto e quantidade de ligações ativas de esgotos nas cidades avaliadas – período 2008 a 2014.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CNG	Conselho Nacional de Geografia
COMON	Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EMASA	Empresa Municipal de Águas e Saneamento
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento de Itabuna
EMSAE	Empresa Municipal de Água e Esgoto de Sobradinho
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IARE	Índice de Atendimento de Rede de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INE	Instituto Nacional de Estatística
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
INGÁ	Instituto de Gestão das Águas e Clima da Bahia
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IQVU	Índice de Qualidade de Vida Urbana
PDDU	Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano
PEMAPES	Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário da Bahia
RMS	Região Metropolitana de Salvador
RPGA	Região de Planejamento e Gestão das Águas
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES).....	17
3.1.1 Breve Histórico	17
3.1.2 Tipos de sistemas de esgotamento sanitário	19
3.2 SITUAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BAHIA	25
3.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE RIOS NA BAHIA	26
3.4 ÁGUAS DE RIOS NO MEIO URBANO.....	28
3.5 INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO	33
3.5.1 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS.....	33
3.5.2 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE	35
3.5.3 Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário – PEMAPES.....	36
3.6 BENEFÍCIOS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO.....	36
3.7 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	41
3.7.1 Definições e a importância dos indicadores.....	41
3.7.2 Critérios para construção de sistemas de indicadores	42
3.7.3 Principais estudos sobre sistemas de indicadores	44
3.8 EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE	54
4. METODOLOGIA	59
4.1 FONTES E TIPOS DE DADOS	59
4.2 DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	61
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	64
4.4 ANÁLISE DE DADOS	69
5. RESULTADOS	72
5.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS NAS CIDADES COM E SEM SISTEMA PÚBLICO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	72
5.2 QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS E SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS CIDADES AVALIADAS	83
5.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E INDICADORES DE QUALIDADE DOS SES USUAIS COM RELAÇÃO AOS 3ES	88
6. CONCLUSÕES	97
7. REFERÊNCIAS	99

1. INTRODUÇÃO

Os serviços públicos de saneamento básico¹ devem ser implantados com o objetivo de promover a conservação do meio ambiente e garantir a saúde da população. Os rios, por compor o meio ambiente e por propiciar a realização de diversas atividades, também devem ser beneficiados com tais serviços públicos.

Nesse cenário, os sistemas de esgotamento sanitário (SES) possuem significativa importância, pois são responsáveis por tornarem os resíduos líquidos em efluentes ambientalmente adequados antes do seu lançamento em corpos receptores. Tal atividade pode contribuir para a redução do aporte de contaminantes em fontes de água.

No Brasil, assim como ocorre em diversos outros países, o sistema separador absoluto é notadamente o SES mais utilizado. Uma das justificativas para a adoção desse sistema de esgotamento sanitário no País é devido à ocorrência de chuvas de elevadas intensidades e de baixa frequência. Outro motivo para a escolha desse SES no âmbito nacional é a capacidade do mesmo separar completamente esgotos domésticos de águas pluviais, teoricamente.

Entretanto, na prática, são observadas ligações irregulares, responsáveis pelo lançamento indesejado de esgotos sanitários no sistema de drenagem pluvial, e vice-versa; o que acaba por descaracterizar o sistema outrora denominado separador absoluto, podendo resultar em problemas operacionais nos sistemas de esgotamento e de águas pluviais.

Diante da dificuldade em atender plenamente a população com o SES considerado ideal no âmbito nacional (sistema separador absoluto), algumas alternativas devem ser adotadas para garantir que toda a população seja beneficiada com os serviços públicos de esgotamento sanitário, na medida em que o sistema seja gradualmente transformado naquele preconizado como solução ideal.

Uma alternativa que vem sendo considerada por pesquisadores é a adoção de um sistema misto, aproveitando a rede de drenagem já implementada. A partir dessa estratégia, os esgotos sanitários seriam coletados e afastados dos domicílios, contribuindo para a salubridade ambiental e para a eliminação de soluções individuais

¹ Para efeito dessa dissertação, os componentes do saneamento básico são o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais, conforme preconizado na Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, referente às diretrizes nacionais do saneamento básico.

inadequadas (entendidas como aquelas em que a coleta e o tratamento dos esgotos não são corretamente efetuados, considerando tanto os aspectos construtivos como de operação e manutenção, gerando riscos ambientais).

Além de proporcionar os serviços públicos de esgotamento à população, torna-se necessária a constante avaliação da qualidade desses serviços. Atualmente, esta atividade é realizada por meio de indicadores de desempenho. Contudo, apesar dos mesmos virem sendo constantemente aprimorados, eles geralmente não englobam a avaliação da qualidade das águas dos rios, estando restritos a aspectos como número de ligações, extensão de rede. Esta lacuna está em dissonância com o principal objetivo dos SES que é a proteção ambiental e a garantia da saúde da população.

Face ao exposto, torna-se imprescindível entender até que ponto o SES implantado em uma dada localidade de fato está cumprindo seu papel socioambiental. Finalmente, há também a necessidade da realização de uma análise acerca dos indicadores de saneamento básico a fim de verificar se os mesmos traduzem efetividade a qualidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário prestados à população.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da implantação de sistemas de esgotamento sanitário na qualidade das águas dos rios.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar a qualidade da água em trechos de rios no meio urbano das cidades avaliadas.
- b) Comparar a qualidade da água em trechos de rios no meio urbano em cidades com sistema público de esgotamento sanitário e em cidades sem SES.
- c) Avaliar os indicadores de qualidade de SES usuais com relação à efetividade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES)

3.1.1 Breve Histórico

O entendimento de todo e qualquer tema é facilitado quando se conhece seus aspectos históricos. Nesse sentido, antes de apresentar os diferentes tipos de sistemas de esgotamento sanitário, será realizado um breve histórico acerca do surgimento e as circunstâncias que levaram a originar os SES existentes nos dias de hoje.

A literatura apresenta diferentes datas para o surgimento dos sistemas de esgotamento sanitário. Neste trabalho, será considerado o estudo realizado por Tsutiya e Bueno (2004), no qual os autores relatam que o primeiro SES foi a Cloaca Máxima, originária na antiga Roma, que recebia esgotos domésticos da região do Fórum Romano.

Os mesmos autores afirmam ainda que foram encontradas evidências de que na Europa medieval também eram utilizados drenos semelhantes aos dos romanos. Todavia, neste caso, o lançamento de excrementos na rede coletora era uma prática proibida. O destino desses dejetos eram as ruas, o que ocasionava sérios problemas de saúde pública.

Fernandes (2000) associa essa problemática ao fato dos primeiros sistemas de esgotamento executados pelo homem terem como principal objetivo o de proteger a população das águas pluviais. Hammer (1979) relata que essa prática persistiu até os séculos XVI e XVII.

Foi somente durante o século XVIII que as autoridades voltaram atenção ao problema de coleta e afastamento de esgotos domésticos. Isso ocorreu em virtude da popularização da privada com descarga hídrica, cujo fato culminava em elevado consumo de água e, conseqüentemente, significativa geração de águas residuárias (TSUTIYA; ALÉM SOBRINHO, 2000).

Segundo Hammer (1979), a autorização para o despejo de esgoto doméstico nas galerias pluviais se deu em Londres, por volta de 1815, sendo que essa prática se tornou

compulsória em 1847. Por sua vez, o primeiro sistema projetado destinado a receber águas pluviais, industriais e domésticas ocorreu na Alemanha, em 1842.

No ano de 1879, nos Estados Unidos, optou-se em separar a rede coletora de esgoto sanitário da rede de águas pluviais frente às características hidrológicas da região. Esse sistema recebeu o nome de separador absoluto, e tem sido utilizado como o principal modelo de coleta e transporte até os dias de hoje (TSUTIYA; ALÉM SOBRINHO, 2000).

Os primeiros registros da implantação do sistema sanitário no Brasil são do 1855 quando os ingleses foram contratados para implantar sistemas de esgotamento nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (FERNANDES, 2000). A Tabela 1 apresenta os principais eventos da evolução cronológica dos SES no País.

Tabela 1 - Resumo cronológico dos sistemas de esgotos no Brasil

Data	Local	Acontecimento
1855	Rio de Janeiro	Contratação dos ingleses para implantar sistemas de esgotamento para as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo
1857	Rio de Janeiro	Inauguração do sistema de esgotos (separador parcial) da Cidade, tornando-se uma das primeiras cidades do mundo dotada de rede coletora de esgotos
1873	Recife	Iniciada a construção da primeira rede coletora de esgotos sanitários desta capital
1876	São Paulo	Inaugurado o primeiro sistema coletor de esgotos (separador parcial) da cidade
1892	Campinas	Execução da rede coletora desta cidade
1897	Belo Horizonte	Inauguração da cidade com água e esgotos projetados por Saturnino de Brito
1900	São Paulo	Saturnino de Brito inventou o tanque fluxível
1907	São Paulo	Saturnino de Brito iniciou as obras de esgotos e drenagem da cidade de Santos
1912	Rio de Janeiro	Adoção do sistema separador absoluto
1920	São Paulo	Invenção do tubo de ferro fundido centrifugado por De Lavaud
1928	São Paulo	Construção da estação de tratamento de esgotos de Santo Ângelo
1962	Campina Grande	Fundação da primeira empresa pública de saneamento (SANE-SA) no País.
1968	Brasília	Criação do PLANASA - Plano Nacional de Saneamento
1968	São Paulo	Criação da CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

Fonte: adaptado de Fernandes, 2000.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o sistema de esgotamento no Brasil ocorreu inicialmente na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 1855, sofrendo forte influência inglesa. Este fato é relatado por Dias (2003) e Dias e Rosso (2011).

Dias (2003) e Dias e Rosso (2011) lembram que o sistema de esgoto implantado na cidade carioca era do tipo separador parcial, transportando além do esgoto sanitário, as águas pluviais que precipitavam sobre os lotes das residências. Dias e Rosso (2011)

reportam que apenas no ano de 1912 foi implantado o novo sistema, separador absoluto, na cidade do Rio de Janeiro, corroborando com as informações relatadas por Fernandes (2000).

3.1.2 Tipos de sistemas de esgotamento sanitário

A partir da apresentação dos principais aspectos históricos sobre os sistemas de esgotamento sanitário, é possível verificar que, atualmente, existem três tipos de SES, a saber: i) sistema unitário; ii) sistema separador absoluto; e iii) sistema misto ou parcial. O primeiro, também conhecido como sistema combinado, é aquele onde a coleta e o transporte dos líquidos a serem tratados não ocorrem de forma segregada. Dessa forma, as águas residuárias, as águas pluviais e as águas de infiltração são transportadas por um único sistema.

Diferentemente do sistema unitário, o sistema separador absoluto tem como principal característica, no se refere a seu aspecto conceitual, a separação total das águas pluviais das águas residuárias e águas de infiltração. Por fim, o sistema misto ou parcial é aquele onde o sistema é projetado para receber as águas residuárias, águas de infiltração e uma parcela das águas pluviais, provenientes principalmente de telhados.

Apesar de existir esses três tipos de sistemas de esgotamento sanitário, Pinto e Cavassola (2011) consideram que, na prática, são utilizados apenas dois: o sistema separador absoluto e sistema unitário. Nesse sentido, a Tabela 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens atreladas a estes sistemas.

Tabela 2 - Comparação entre sistema separador absoluto e sistema combinado

Sistema separador absoluto	Sistema combinado
Mantém as possibilidades de interferência e interconexões entre os dois sistemas	Equaciona os problemas das interferências e das interconexões entre os dois sistemas;
Apresenta um custo maior de implantação e um custo maior operacional;	Apresenta, em geral, um menor custo total, um maior custo inicial de implantação e um menor custo operacional;
Possibilita a construção por etapas;	Também possibilita a construção por etapas
Facilidade de tratamento dos efluentes de esgoto sanitário; Dificuldade no tratamento das águas pluviais;	Dificuldade para o tratamento conjunto de águas de chuva e dos efluentes de esgoto sanitário;
Possibilidade de mais de uma operadora ou concessionária para o gerenciamento e gestão do	Uma única operadora ou concessionária para o gerenciamento e gestão do sistema de esgoto

sistema de esgoto sanitário e de drenagem urbana;	sanitário e de drenagem urbana.
Dificuldade de fixação e cobrança de tarifas diferenciadas.	Maior facilidade para fixar tarifas de cobrança em conjunto das águas de chuvas e dos esgotos coletados.

Fonte: Adaptado de Festi, 2005.

A adoção do sistema separador absoluto ou do sistema misto no âmbito nacional é um tema que ainda gera discussão no País. No ano 2009, por meio da Revista DAE, alguns profissionais atuantes na área de saneamento foram convidados a opinar sobre o seguinte questionamento: “O Sistema de Coleta de Esgotos Tipo Unitário é uma Solução Viável para o Brasil?”.

O primeiro profissional a responder foi Isaac Volschan, professor Adjunto do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ. Para ele, em virtude das condições climáticas encontradas no Brasil (chuvas de elevadíssima intensidade, porém de baixa frequência), a opção de SES tenderão sempre a apontar o sistema separador absoluto como o mais adequado para a realidade de clima tropical no País.

Ao mesmo tempo, Isaac Volschan reconhece que o sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto tende a apresentar deficiências estruturais e operacionais, as quais podem resultar na veiculação de esgotos pelo sistema de drenagem urbana. As principais deficiências apontadas por ele são: ligações clandestinas, extravasores da rede e elevatórias de esgotos, instalações prediais cruzadas, e contribuições de esgotos de loteamentos irregulares e favelas.

Face a esta situação, o professor da Escola Politécnica da UFRJ faz algumas recomendações em função de diferentes cenários relativos às condições sanitárias de uma dada localidade. Estes cenários são descritos a seguir e são apresentadas as intervenções sanitárias para cada um deles, segundo Volschan.

Cenário 1: Há deficiência inerente do próprio sistema separador absoluto

- Intervenção: emprego de intervenções de “captações em tempo seco”, no sistema de micro, meso e macro drenagem urbana, cuja funcionalidade deva ser de caráter complementar ao sistema de esgotamento sanitário e visa auxiliar o controle da poluição por esgotos sanitários.

Cenário 2: Áreas urbanas sem SES do tipo absoluto, e que temporariamente utilizam as galerias de águas pluviais para a coleta e o transporte de esgotos sanitários

• Intervenção: podem ser aplicadas estruturas similares ao do cenário 1, ressaltando que neste caso, entende-se que deva ser otimizada a concepção de uma solução que permita a captação, o transporte e o tratamento das vazões de tempo seco por meio de elementos e estruturas que venham futuramente exercer a mesma função, quando implantada a rede coletora de esgotos; assim, pode-se entender que o sistema de esgotamento sanitário estaria sendo construído gradualmente e em etapas, que em um primeiro momento contaria com os elementos e estruturas de transporte e tratamento, para posteriormente contar com a rede coleta de esgotos convencional do sistema separador absoluto.

Cenário 3: Áreas urbanas desprovidas de sistemas de esgotamento sanitário

• Intervenção: entende-se que não seja tecnicamente coerente o emprego de soluções e a realização de investimentos em estruturas físicas que não configurem, desde um primeiro momento, a implantação, ainda que parcial, do futuro sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.

Cenário 4: Áreas urbanas cujos sistemas de esgotamento sanitário não estejam integralmente implantados (o que também inclui a execução das ligações domiciliares a rede coletora de esgotos, a reversão dos extravasores de esgotos eventualmente existentes, e a interceptação de esgotos de ocupações irregulares)

• Intervenção: devem ser primeiramente beneficiadas com investimentos que levem a integralização do sistema; neste caso, não faz sentido realizar investimentos para captar vazões em tempo seco em detrimento de investimentos para interligação de domicílios e da própria rede existente ao sistema público.

O Prof. Dr. Milton Tomoyuki Tsutiya, Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia, tendo trabalhado na Sabesp por 31 anos, autor de 5 livros de saneamento e mais de 130 trabalhos técnicos é o segundo participante a contribuir com essa temática.

Tsutiya é incisivo frente à sua preferência entre os dois sistemas (separador misto e separador absoluto). Segundo ele, o SES vigente no Brasil, o sistema separador

absoluto, apresenta maiores vantagens técnicas, econômicas e ambientais do que o sistema misto, e que por isso deve ser mantido. A decisão do profissional está pautada nos seguintes argumentos:

- Vazões: para efeito de comparação, considerando-se as vazões produzidas em 1 hectare, resulta para esgoto sanitário o valor máximo de 1L/s, enquanto que, a vazão de águas pluviais corresponde a cerca de 200L/s, de modo que, a vazão produzida por 1ha equivale a uma população de cerca de 55.000 habitantes;

- Diâmetro dos coletores: o diâmetro mínimo de um coletor de esgoto do sistema separador absoluto é de 150mm, enquanto que, o diâmetro mínimo de uma galeria de águas pluviais é de 500mm. O custo de implantação do diâmetro de 150mm é cerca de 2,5 vezes menor que o custo de implantação do diâmetro de 500mm;

- Tensão trativa: para autolimpeza dos coletores, a tensão trativa mínima para o sistema separador absoluto varia de 1,0 a 1,5Pa, enquanto que para o sistema unitário, a tensão trativa mínima varia de 3,0 a 4,0Pa, com consequente aumento de custo;

- Pavimentação das ruas: o sistema unitário não funciona bem em vias públicas não pavimentadas, o que não acontece com o sistema separador absoluto;

- Extensão dos coletores: no sistema separador absoluto as galerias de águas pluviais são executadas em cerca de 50% das ruas pavimentadas, enquanto que no sistema unitário, as galerias deverão ser implantadas em todas as ruas;

- Flexibilidade: o sistema separador absoluto oferece mais flexibilidade para a execução por etapas, pois as galerias de águas pluviais podem ser construídas em função da pavimentação das ruas e com múltiplos pontos de lançamento, reduzindo consideravelmente as dimensões das galerias;

- Tratamento de esgoto: o custo do sistema unitário é muito maior, pois o pico de vazão pode alcançar centenas de vezes a vazão de esgoto durante o período seco. Como nenhum sistema de tratamento de esgoto pode funcionar adequadamente com uma variação de 1 para 100, torna-se necessária a construção de grandes tanques de equalização de águas pluviais. Entretanto, devido ao custo elevado desses tanques, os países em geral, limitam a vazão afluyente às estações de tratamento de esgoto ao valor entre 2 a 10 vezes a vazão de período seco. A vazão que excede esse limite é extravasada para os corpos de água, sem tratamento.

Rosa H. de O. Martins e Luiz Fernando Orsini Yazaki finalizaram conjuntamente a pesquisa à respeito do uso ou não do separador unitário no Brasil. Ela é Engenheira Civil (EEUM), mestre e doutora (Planejamento e Aproveitamento Integrado de

Recursos Hídricos, EPUSP); engenheira consultora com experiência na área de gestão ambiental dos recursos hídricos (CETESB, MMA, EC, BID). Luiz Yzaki é Engenheiro Civil (EPUSP), líder de projetos da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Atua há mais de 30 anos em projetos de saneamento e drenagem. Foi coordenador técnico-científico da Cooperação Brasil-Itália em Saneamento Ambiental.

Estes dois profissionais expuseram suas opiniões de forma bastante interessante, levando em considerações características da realidade brasileira. Segundo eles, para responder a pergunta “é preciso olhar um pouco além da engenharia tradicional de saneamento básico, de modo a distinguir a “cidade ideal” da “cidade real””. A “cidade ideal”, segundo eles, seria aquela onde não haveria nenhum interveniente que pudesse impedir o bom funcionamento do sistema separador absoluto implantado.

Dentre as várias características dessa “cidade ideal”, citada por Martins e Yazaki destaca-se: i) a urbanização é implantada a partir de um planejamento prévio bem elaborado; ii) os sistemas de esgotos e de drenagem são planejados, projetados e construídos de modo integrado, com a função de proteger a saúde da população e também de preservar rios e córregos da poluição; iii) não há invasões, ocupação de várzeas nem construções clandestinas; iv) não existe a poluição difusa; v) as águas das chuvas são limpas e podem ser lançadas nos corpos d’água sem poluí-los.

Em contraposição, de acordo com os dois últimos participantes, a cidade real é aquela que apresenta as seguintes características principais: i) não é planejada; ii) as redes de drenagem e de esgotos são construídas depois da urbanização; iii) embora projetadas e implantadas separadamente, funcionam como um sistema único; iv) existem muitos órgãos diferentes responsáveis pelo mesmo problema: um cuida do esgoto, outro da drenagem; um trata dos rios e outro do planejamento urbanístico; um órgão é responsável pelo manejo do lixo e outro pela limpeza dos rios. Problemas integrados são tratados de forma rigorosamente desintegrada; e v) o sistema de esgotos sanitários é do tipo separador absoluto e não funciona.

Dadas essas considerações, Martins e Yazaki lembram que foi reconhecendo as diferenças entre a “cidade ideal” e a “cidade real” que algumas importantes cidades do mundo conseguiram avançar muito na recuperação da qualidade de seus rios. Citam dois exemplos recentes: Milão, na Itália, e Seul na Coreia do Sul.

No âmbito nacional, são mencionados o programa Bahia Azul, em Salvador, e da Região dos Lagos, RJ. Segundo os dois pesquisadores, em ambos os casos, a expansão e a recuperação do sistema separador era indicada diante das metas de despoluição que se

pretendia alcançar. Eles lembram que mesmo não utilizando a tecnologia mais avançada, apenas tratando as chamadas vazões de tempo seco, os resultados já são satisfatórios.

Martins e Yazaki finalizam a análise afirmando que o sistema unitário, por esses exemplos, é uma alternativa atraente e que, portanto, deve, no mínimo, ser mais testado nas condições brasileiras. Particularmente, a visão desses dois profissionais é compartilhada pelo autor da presente dissertação, uma vez que estes pesquisadores reconhecem as peculiaridades existentes nas cidades brasileiras e, portanto, não se prendem tão somente a fatores técnicos.

No estado da Bahia também são discutidas as vantagens e desvantagens do sistema misto e do sistema separador absoluto. Machado, Borja e Moraes (2013) apresentam as principais oportunidades e desafios para a implantação do sistema combinado no estado, no que tange os aspectos técnicos, institucionais, ambientais e econômicos.

Dentre os principais entraves elencados pelos autores, destaca-se a dificuldade para obtenção de recursos financeiros para implantação do sistema combinado no estado da Bahia, uma vez que os órgãos financiadores (FUNASA, Ministério das Cidades e recursos advindos do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC) não aprovam financiamento para sistemas de esgotamento sanitário do tipo sistema misto.

Outra dificuldade para a implantação do sistema combinado no estado da Bahia, segundo Machado, Borja e Moraes (2013) é o fato de ser vedada a ligação de esgotos ou o lançamento de efluentes à rede pública de águas pluviais, conforme determina a Política Estadual do Meio Ambiente, Lei nº 10.431/2006 (BAHIA, 2006), regulamentada pelo Decreto nº 11.235/2008.

Demais desafios de natureza técnica, institucional, ambiental e econômica são discutidos pelos autores ao longo do artigo. Do mesmo modo, são descritas as principais possibilidades e vantagens atreladas à implantação do sistema combinado no estado da Bahia. Os autores alertam que para que esta tecnologia tenha êxito, no que se refere a universalização desses serviços públicos e a promoção da qualidade de vida e de saúde da população, é necessária a superação dos desafios citados no artigo.

3.2 SITUAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA BAHIA

De acordo com o último diagnóstico divulgado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, 138 dos 417 municípios que compõe o Estado da Bahia possuem algum atendimento com rede coletora de esgoto (SNIS, 2014).

Tais valores oscilam de 0,8% da população total atendida na cidade de Luís Eduardo Magalhães até 100% da população atendida na cidade de Jeremoabo. As cidades com atendimento superior a 50% da população são apresentadas na Tabela 3. Ressalta-se que os valores elevados da cobertura do sistema de esgotamento sanitário provavelmente são contabilizados levando em conta o sistema misto (drenagem urbana e esgotamento sanitário).

Tabela 3 - Cidades com índice de atendimento superior a 50% da população total no Estado da Bahia, segundo dados do SNIS 2014

Cidade	% da população total atendida	Prestador de Serviço
Senhor do Bonfim	50,5	PMSB
Itamaraju	51,5	EMBASA
Feira de Santana	52,2	EMBASA
Bom Jesus da Lapa	53,7	SAAE
Belmonte	54,8	EMBASA
Santa Inês	55,5	EMBASA
São Félix	57,9	EMBASA
Várzea Nova	58,1	EMBASA
Mucugê	59,9	PMM
Barra do Rocha	60,3	PMBR
Juazeiro	60,7	SAAE
Gongogi	60,9	PMG
Macajuba	61,2	PMM
Ibotirama	61,5	EMBASA
Porto Seguro	62,5	EMBASA
Sobradinho	65,4	EMSAE
Itabuna	67,9	EMASA
Pau Brasil	68,0	PMPB
Valença	70,4	SAAE
Vitória da Conquista	72,3	EMBASA
Pojuca	76,2	PMP
Salvador	78,5	EMBASA
Madre de Deus	79,6	EMBASA
Itapetinga	85,1	SAAE
Jequié	88,1	EMBASA
Rodelas	90,3	PMR
Itajuípe	91,7	SAAE

Jeremoabo	100,0	PMJ
-----------	-------	-----

Fonte: SNIS, 2014.

No que tange à prestação dos serviços públicos de esgotamento sanitário na Bahia, têm-se que os mesmos ocorrem por meio dos seguintes prestadores: Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A – EMBASA; Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE local; Prefeituras Municipais; Empresa Municipal de Águas e Saneamento S.A. – EMASA de Itabuna e Empresa Municipal de Serviços de Água e Esgoto – EMSAE de Sobradinho (SNIS, 2014). A Tabela 4 apresenta a atuação de cada um desses prestadores nos municípios da Bahia e sua respectiva natureza jurídica.

Tabela 4 - Atuação dos prestadores dos serviços públicos de esgotamento sanitário na Bahia e sua respectiva natureza jurídica

Prestador	Nº de municípios	Natureza Jurídica
EMBASA	94	Sociedade de economia mista com gestão pública
SAAE	16	Autarquia municipal
Prefeitura Municipal	26	Administração direta
EMASA	1	Empresa municipal - sociedade de economia mista
EMSAE	1	Empresa municipal - empresa pública

Fonte: SNIS, 2014.

Conforme pode ser observado na Tabela 4, dos 138 municípios que possuem algum atendimento com rede de esgoto no Estado da Bahia, 94 (68% do total) são operadas pela Embasa. Essa empresa tem concessão conjunta dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

3.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE RIOS NA BAHIA

A disponibilidade de dados sobre a avaliação da qualidade das águas dos rios no estado da Bahia teve início em novembro de 2007 com o lançamento do Programa Monitora – Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia. A implantação do mesmo ocorreu em atendimento à Lei Estadual nº 10.432/06 e ao Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Inicialmente, a coordenação do Monitora era de responsabilidade do extinto Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ, passando a ser do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA em 2011, tendo em vista a Lei Estadual nº 12.212/11. Além de coordenar, cabe ao INEMA executar, acompanhar e avaliar os recursos hídricos na Bahia, por meio da Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos - COMON (BAHIA, 2015).

São sintetizados em cinco os principais objetivos do Programa Monitora. O primeiro é avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas para os diferentes fins (BAHIA, 2015a). Acerca desse objetivo, constatou-se, a partir do desenvolvimento da presente pesquisa, que grande parte dos pontos de monitoramento está inserida à montante e/ou na zona rural dos municípios. Este desenho impossibilita avaliar a influência das atividades antrópicas na qualidade das águas à jusante, o que pode mascarar a real situação de uma dada área.

Constitui-se como segundo objetivo do Monitora, o de correlacionar as condições qualitativas aos usos e ocupações do solo nas diferentes bacias (BAHIA, 2015). Esta correlação deveria estar claramente explicitada nos *Relatórios* do Programa. Todavia, nota-se que nos documentos prevalece a preocupação em elencar os pontos de monitoramento que estão em consonância ou em dissonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Poucas são as correlações dos resultados às características locais.

O terceiro objetivo do Programa Monitora é o de gerar informações relativas às áreas prioritárias para o controle da poluição da água (BAHIA, 2015). O cumprimento dessa finalidade pode ser comprometido em função do que já foi comentado em relação ao primeiro objetivo do Programa.

O quarto objetivo do Monitora é o de subsidiar a elaboração de propostas de enquadramento de rios ao passo que o último objetivo desse Programa é fornecer informações para os sistemas nacional e estadual de informações de recursos hídricos (BAHIA, 2015).

Para cumprir os objetivos supracitados, são realizadas campanhas trimestrais. No ano de 2015, foram monitorados 199 corpos d'água no estado da Bahia, incluindo rios, açudes, barragens. O total de pontos de monitoramento nesse ano foi 414, distribuídos em 220 municípios. Tais informações foram obtidas com base na planilha da rede de monitoramento do Programa Monitora, ano 2015, disponibilizada pelo COMON.

Os dados disponíveis para *download* são referentes a parâmetros físico-químicos e biológicos da água, bem como os físico-químicos de sedimentos e pesticidas na água. Somado a estes, há também o Índice de Qualidade das Águas – IQA e o Índice do Estado Trófico – IET. Contudo, deve-se reportar o fato de muitos desses dados não estarem disponíveis de forma contínua ao longo dos anos que ocorreram as campanhas.

3.4 ÁGUAS DE RIOS NO MEIO URBANO

Muitos centros urbanos existentes na atualidade foram construídos em torno de rios devido à disponibilidade de recursos indispensáveis à sobrevivência humana como alimento, água, energia e transporte, dentre outros.

É nessa vertente que se fundamenta o conceito de rios urbanos, os quais, segundo Porath (2003), são aqueles que sofreram e sofrem modificações pelo homem no processo de urbanização, tendo o seu potencial ambiental e paisagístico aproveitado ou não. Sendo assim, é praticamente consensual que a urbanização é uma das principais causas dos impactos negativos nesses rios.

Contudo, é válido frisar que a ocupação das áreas urbanas não é em sua totalidade a causa dos efeitos adversos nos rios urbanos, mas sim a forma desordenada e não planejada como ela ocorre. Diversos trabalhos na literatura confirmam a citada assertiva. Como exemplo, serão apresentados, de forma sucinta, os estudos conduzidos por Rickmann, Ribeiro, Prost, Rockmann Neto (2008) e Cordeiro e Moraes (2009).

No primeiro, os autores avaliaram os problemas socioambientais em rios urbanos localizados em comunidades da cidade de Belém, capital do Pará. Segundo os pesquisadores, esses locais se caracterizam pela ocupação de áreas inapropriadas para habitação, tais como terras alagáveis e de preservação, especialmente por população de baixa renda.

As principais problemáticas resultantes dessa prática são a precariedade ou, como ocorre em alguns casos, a inexistência dos serviços públicos de abastecimento de água, coleta de resíduo sólido e esgotamento sanitário, conforme reportado pelos pesquisadores. A ocupação de áreas como estas, em desarmonia com o meio ambiente, reflete negativamente na qualidade das águas dos rios no meio urbano.

Desse modo, Rickmann, Ribeiro, Prost, Rockmann Neto (2008) alertam para o fato de que a retirada da mata ciliar para a construção de moradias vem contribuindo para a erosão do corpo d'água, favorecendo o processo de erosão de suas margens e a morte do igarapé em alguns trechos.

De igual forma, os autores informaram que a problemática do esgotamento sanitário verificada nas comunidades avaliadas potencializa a degradação dos corpos d'água à medida que a água servida das residências é lançada diretamente no solo ou no igarapé, cujo fato expõe a população a inúmeras doenças, características das áreas de pobreza sem políticas governamentais, como cólera, hepatite, esquistossomose, dentre outras.

Rickmann, Ribeiro, Prost, Rockmann Neto (2008) destacam que embora o poder público tenha responsabilidade no panorama encontrado nas áreas de estudo, há também parcela de responsabilidade por parte da população. A afirmação está atrelada ao fato de que mesmo nos casos em que habitantes possuíam serviços públicos de coleta de resíduos sólidos domiciliares, ainda assim descartavam resíduos sólidos em locais inapropriados. Ainda de acordo com os autores, a situação se torna mais preocupante, pois as pessoas citam os vizinhos como culpados, não se inserindo entre si. Isso denota a necessidade de projetos que abordem a educação ambiental nessas localidades.

Em relação ao estudo de Cordeiro e Moraes (2009), os autores estudaram a influência do processo de urbanização na Área de Proteção Ambiental para a qualidade da condição hídrica do Rio do Cobre, localizado na Cidade de Salvador - BA e identificaram as diretrizes de preservação e conservação para recursos hídricos nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de Salvador.

Segundo os pesquisadores, a urbanização na área avaliada influenciou de forma negativa a qualidade da água do rio analisado. Tal constatação é confirmada a partir dos depoimentos de moradores. De acordo com os habitantes, antigamente a água do manancial era limpa, com ausência de fontes poluidoras, com grande variedade e quantidade de peixes.

Todavia, conforme depoimento da população, atualmente, a água do Rio do Cobre encontra-se poluída sendo uma das causas da redução da atividade da pesca. Os autores destacam ainda que nas décadas de 60 e 70 esses moradores utilizavam a água do Rio do Cobre para seu consumo, visto a qualidade da água de então. Contudo, essa prática já não é atualmente possível em função da poluição do corpo d'água.

Com relação aos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano-PDDU, Cordeiro e Moraes (2009) constataram que os mesmos contemplam diretrizes de conservação e preservação dos recursos hídricos. No entanto, ressaltam que as ações implementadas não correspondem, em termos de abrangência, eficácia, continuidade e terminalidade às medidas planejadas. Para os autores, esse fato possivelmente possa estar relacionado à falta de prioridade do Poder Público e de incentivos financeiros.

Também evidenciando a forte relação entre urbanização e poluição das águas, Haberland et al. (2012) realizaram um estudo com o objetivo de associar o uso e ocupação do solo e a qualidade da água do trecho urbano do Rio das Antas na cidade de Irati, PR. Para tanto, os autores monitoraram oito pontos ao longo da extensão do rio urbano durante os meses de abril a outubro.

Finalizada a pesquisa, Haberland et. al (2012) constataram que todas as amostras avaliadas excederam o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, tendo em vista que a maioria dos resultados dos coliformes alcançou cinco unidade logarítmicas, o que excede os 4000 coliformes termotolerantes permitidos para a classe 3. Os pesquisadores concluíram que a degradação da qualidade da água do rio no trecho avaliado ocorreu em virtude de fatores ligados à urbanização, especialmente no que se refere ao lançamento irregular de esgoto doméstico.

Souza e Gastaldini (2014) avaliaram a qualidade da água em bacias hidrográficas do Rio Vacacaí-Mirim com uso e ocupação do solo distintos, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. No total, foram selecionadas quatro bacias, sendo três caracterizadas como rurais (Rancho do Amaral, Menino Deus II e Menino Deus IV), e uma com característica urbana (Alto da Colina).

Segundo as autoras, as águas com melhor qualidade foram obtidos na área mais preservada, ao passo que na bacia com maior influência da urbanização (Alto da Colina) foram observados os resultados mais preocupantes. De forma similar ao estudo anterior, Souza e Gastaldini (2014) atribuíram a maior degradação na Bacia Hidrográfica Alto da Colina à influência do esgotos domésticos.

Castro, Baptista e Barrud (2009) propuseram uma metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos aspectos quantitativos, qualitativos e no regime dos corpos de água. Para tanto, os autores utilizaram nove indicadores e métodos de análise multicritério. Os autores concluíram que a metodologia é adequada para utilização corrente tendo em vista a abrangência e a facilidade de determinação dos indicadores propostos, bem como a aplicabilidade do procedimento multicriterial pelos técnicos de

órgãos gestores, apresentando resultados significativos para a análise e decisão quanto à possibilidade de implantação de empreendimentos de desenvolvimento urbano.

Demais estudos que tratam da urbanização e seus efeitos na qualidade da água foram realizados por Klein (1979), Silva e Sacomani (2001), no rio Pardo, em São Paulo, por Ren et al. (2003) no rio Huangpu, em Xangai, na China, por Carvalho et al. (2004) no rio Ubá, na cidade de Harmonia, em Minas Gera, por Gurnell, Lee, Souch (2007), por Ebiare e Zeijão (2010), na Nigéria e por Sanders et al. (2013).

Face a essa problemática, faz-se necessário o conhecimento acerca das principais legislações existentes sobre a proteção dos rios no meio urbano. Mais do que isso, torna-se imperativo uma análise crítica sobre elas. Esse exercício foi realizado por Cerqueira e Moraes (2008). Os autores realizaram uma análise crítica sobre a legislação ambiental e urbanística no trato dos sistemas hídricos superficiais, destacando as normatizações na escala urbana.

Adicionalmente, os pesquisadores abordaram os principais aspectos de legislações antes e depois da Constituição Federal de 1988, bem como os do século XXI, com destaque para o contexto atual do Estado da Bahia. Além disso, destacaram dois pontos de grande importância no que tange essa temática: o enquadramento e o lançamento de efluentes em cursos d'água.

Dentre as críticas apresentadas por Cerqueira e Moraes (2008), serão citadas aqui as referentes à Resolução CONAMA n° 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água (doces, salobras e salinas), seus respectivos padrões de qualidade e estabelece as condições para o lançamento de efluentes.

Os autores alertam para o fato de que apesar da Resolução CONAMA n° 357/2005 reconhecer o caráter de planejamento, a mesma não estimula a melhoria progressiva da qualidade hídrica, sendo que permite o enquadramento final dos corpos d'água em classes permissivas à degradação. Nesse cenário, Pizzella e Souza (2007) propõem que à medida em que as necessidades fundamentais e imediatas fossem atingidas, em prazos especificados pelo enquadramento, novas metas seriam especificadas para o atendimento dos parâmetros secundários.

Os autores consideram crítico também o uso das águas como receptor de efluentes, previsto na legislação ambiental desde que obedeça aos padrões e exigências das classes de qualidade da Resolução CONAMA n° 357/2005. Segundo os pesquisadores, o fato se torna ainda mais grave quando é associado com a realidade do

deficiente sistema de gestão brasileiro, principalmente, da fiscalização do tratamento do efluente lançado.

Cerqueira e Moraes (2008) finalizam a análise crítica citando o Art. 42 da Resolução CONAMA nº 357/2005, o qual define que as águas doces, enquanto não tiverem seus enquadramentos aprovados, serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

De acordo com os estudiosos, este item da Resolução acaba sendo determinante para os rios no meio urbano, que na maioria das vezes, não estão enquadrados, reforçando a necessidade da gestão efetiva desse bem. Outras críticas referentes à legislação ambiental e urbanística concernente a rios urbanos podem ser encontradas no trabalho dos mesmos autores.

Finalizando este tópico, deve-se citar o estudo desenvolvido por Cerqueira e Moraes (2009), no qual os autores propuseram indicadores de sustentabilidade que compõe um Sistema de Indicadores para a Gestão de Rios Urbanos.

Destaca-se que esse estudo ocorreu de forma participativa, com base na contribuição de estudiosos, especialistas e membros da comunidade, por meio de consultas estruturadas e o resultado alcançado consiste em uma lista de indicadores quali-quantitativos com recorte para o meio urbano e os corpos d'água superficiais, os quais medem a "condição" do rio e permitem inferir o seu nível de sustentabilidade.

Há de se destacar também que para a elaboração desses indicadores, os autores utilizaram como ideologia norteadora a de que os rios urbanos possuem funções ecossistêmicas e sociais que devem ser garantidas não somente por sua importância para o homem, mas também e, fundamentalmente, por seu direito de existência. Essa visão holística impõe ao homem a necessidade de estar em harmonia com o meio ambiente.

3.5 INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO

3.5.1 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS é o maior e mais importante sistema de informações da área de saneamento básico. Foi criado em 1996, com dados de 1995, pelo Governo Federal (BRASIL, 2015).

Trata-se de um banco de dados que contempla informações operacionais, gerenciais e de qualidade sobre a prestação de serviços públicos de água, esgotos e manejo de resíduos sólidos no País, do tipo auto-informação, ou seja, é o próprio prestador dos serviços que gera a informação. Nesse sentido, auxilia as administrações Federal, Estaduais e Municipais, aos prestadores de serviços, às instituições de regulação, aos agentes de controle social e à população em geral no(a):

- ✓ Planejamento e execução de políticas públicas.
- ✓ Orientação da aplicação de recursos.
- ✓ Avaliação de desempenho dos serviços.
- ✓ Aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia;
- ✓ Orientação de atividades regulatórias.
- ✓ Guia de referência para medição de desempenho.

Desde 1996, os dados relativos aos serviços públicos de água e esgotos são divulgados anualmente por meio do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Tais informações são imputadas e atualizadas pelos prestadores ou municípios, a partir de um programa especificamente preparado para este fim (*snisweb*), que inclui análise crítica automática dos dados (BRASIL, 2015). O último diagnóstico foi divulgado no ano de 2016, referente ao ano de 2014. A Tabela 5 apresenta os indicadores operacionais de desempenho de esgotamento sanitário utilizados pelo SNIS.

Tabela 5 - Indicadores operacionais de desempenho de esgotamento sanitário utilizados pelo SNIS

Código Indicadores Operacionais	Código Indicador (unidade)
I024	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios com água (%)
I046	Índice de esgoto tratado referido à água consumida (%)
I047	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto (%)
I056	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%)
I059	Índice de consumo de energia elétrica

Fonte: BRASIL, 2016 (SNIS 2016).

No *website* do SNIS também é possível adquirir dados desde o início do sistema até os dias atuais, relacionando informações dos três componentes. Essa atividade pode ser feita a partir da aplicação *Web SNIS – Série Histórica*. Para que se faça a correta busca das informações na série histórica, o usuário deve discernir os três diferentes agrupamentos de informações: agregadas, desagregadas e municipais.

As informações agregadas de um prestador de serviço de abrangência regional ou microrregional serão as informações da companhia, empresa ou autarquia como um todo, sem desagregá-las, isto é, separá-las por municípios atendidos por esse prestador (BRASIL, 2015).

Por sua vez, as informações desagregadas de um prestador de serviço de abrangência regional ou microrregional serão aquelas referentes a cada um dos municípios atendidos por esse prestador, o que significa dizer que serão informações separadas município a município. Por fim, as informações municipais correspondem a uma consolidação feita pelo SNIS de todos os prestadores de serviço que atuam em um determinado município (BRASIL, 2015).

Visando facilitar a compreensão de todos os dados gerados pelo diagnóstico de serviços, o SNIS publica anualmente um Glossário de termos e Relação de Indicadores, no qual constam nomes, definições, unidades de medida, além de fórmulas de cálculo e definições complementares (BRASIL, 2015).

À respeito dos dados obtidos a partir dessa fonte, é necessária uma análise criteriosa antes de utilizá-lo, uma vez que se percebe que há informações contraditórias e inconsistentes com o próprio Sistema.

3.5.2 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

As principais pesquisas lideradas pelo IBGE que disponibilizam informações sobre saneamento básico no País são o Censo Demográfico, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada uma dessas fontes.

- O Censo Demográfico é uma pesquisa realizada a cada dez anos, por meio da qual são reunidas informações sobre toda a população brasileira. O primeiro Censo aconteceu em 1872 e recebeu o nome de Recenseamento da População do Império do Brasil. O mais recente foi o Censo 2010 (BRASIL, 2015).

- A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) investiga anualmente informações mais detalhadas sobre características demográficas e socioeconômicas dos habitantes de regiões metropolitanas, estados, macrorregiões e total do País. As principais variáveis pesquisadas sobre esgotamento sanitário se referem à população total residente em domicílios particulares permanentes e a população dos domicílios com algum tipo de esgotamento sanitário: rede coletora, fossa séptica, fossa rudimentar, vala, direto para o rio, lago ou mar e outro tipo. O indicador é a razão, expressa em percentual, entre a população com acesso a esgotamento sanitário e o total da população, subdividida nos segmentos urbano e rural (BRASIL, 2015).

- A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), por sua vez, tem por objetivo investigar as condições do saneamento básico do País junto às prefeituras municipais e empresas contratadas para a prestação desses serviços. Tal investigação, de cobertura nacional, permite não só efetuar uma avaliação da oferta e da qualidade dos serviços prestados como também analisar as condições ambientais e suas implicações diretas com a saúde e a qualidade de vida da população brasileira (BRASIL, 2015).

Desse modo, o conjunto das informações obtidas por meio da PNSB reflete as diferentes realidades do País e possibilita identificar as carências existentes nos municípios brasileiros relativamente ao saneamento básico, contribuindo, assim, para a adoção de métodos, técnicas e processos orientados para a melhoria da qualidade de vida das populações, segundo as peculiaridades locais e regionais (BRASIL, 2015).

3.5.3 Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário – PEMAPES.

O Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário (PEMAPES) foi desenvolvido durante o período de março de 2010 a 2011. Trata-se de um instrumento que, dentre outros objetivos, ofereceu suporte técnico à Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia sobre o panorama geral da situação dos serviços públicos de esgotamento sanitário e de manejo das águas pluviais no estado da Bahia (BAHIA, 2010).

De acordo com Machado, Borja, e Moraes (2013), este Plano ressalta os princípios de universalização do acesso e tecnologias apropriadas, propondo uma solução conjunta para o sistema de esgotamento e manejo de águas pluviais, mediante a implantação de um sistema de transição, composto pela solução de sistema combinado e captação em tempo seco.

Na elaboração do citado Plano, foram consideradas 404 sedes dos 417 municípios do Estado e sedes distritais das operadoras de esgotamento sanitário. Os municípios foram distribuídos estrategicamente em 25 unidades de planejamento, denominadas Região de Desenvolvimento Sustentável (RDS), porém, não contemplando os 13 municípios da Região Metropolitana de Salvador – RMS (BAHIA, 2010).

3.6 BENEFÍCIOS DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO

Indubitavelmente, os serviços públicos de saneamento básico, quando bem projetados e operados de forma correta, podem proporcionar diversos benefícios ao meio ambiente, com efeitos positivos na qualidade de vida da população.

Embora de forma incipiente, tal relação já vinha sendo observada pelo homem há vários anos, conforme registros encontrados na literatura. Destaca-se que os principais estudos acerca dos benefícios dos serviços públicos de saneamento básico são direcionados, em sua grande maioria, ao binômio saneamento – saúde humana.

Nessa vertente, Rosen (1994), ao pesquisar a história da saúde pública, informa que uma das primeiras evidências de intervenções sanitárias que se tem notícia ocorreu no Norte da Índia, há quatro mil anos. A consideração do autor se baseia no fato de terem sido encontrados, por meio de escavações, banheiros e esgotos, ruas largas e pavimentadas nessas comunidades indianas, sugerindo que a população da época já possuía uma certa percepção da importância do saneamento para a saúde pública.

Colaborando nesse aspecto histórico, Heller (1997) reporta que os serviços públicos de saneamento básico oferecidos no século XIX contribuíram para a melhoria da qualidade de vida da população. O indicador utilizado pelo autor para avaliar a relação entre saneamento e saúde foi a mortalidade por febre tifoide nos Estados Unidos. Briscoe (1987) relata que nessa mesma época houve um aumento da expectativa de vida em algumas cidades da França, atrelando o fato à posterior implantação de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Heller (1998) realizou uma ampla revisão da literatura existente com o objetivo de verificar a relação entre saneamento e saúde. Finalizada a pesquisa, o autor concluiu que os dados bibliográficos permitiam atestar que as intervenções em abastecimento de água e esgotamento sanitário podem melhorar os indicadores de saúde pública e, conseqüentemente, a longevidade da população beneficiada por tais serviços.

No âmbito nacional, Branco (1991) contribui com essa temática no que tange, especialmente, o aspecto histórico. Segundo o pesquisador, houve uma redução da morbimortalidade causadas por doenças infecciosas, parasitárias e não infecciosas após ações de saneamento básico implementadas no início do século XIX. Costa et al, (1994) lembram que tais intervenções se tornaram mais presentes no século seguinte, impulsionadas pelos experimentos científicos de Osvaldo Cruz que confirmavam cada vez mais a relação saneamento e saúde humana.

Em se tratando de estudos mais atuais, Libâneo, Chernicharo e Nascimento (2005), avaliaram o binômio saneamento-saúde por meio de dados secundários de âmbito nacional e internacional referentes à cobertura dos serviços público de água e esgotos. Com base em indicadores sociais e de saúde do ano 2000, os pesquisadores concluíram que, tanto no Brasil como nos outros países analisados, o bem-estar das populações é melhor retratado onde existem os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário do que em regiões onde há apenas potenciais reservas hídricas em termos unicamente quantitativos.

Por sua vez, Teixeira e Guilhermino (2006) analisaram a associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros a partir de dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003, do Ministério da Saúde. Os componentes de saneamento básico envolvidos nesse estudo foram abastecimento de água, esgotamento sanitário e serviços de coleta de resíduos sólidos.

Os dados de saneamento básico foram confrontados com indicadores epidemiológicos como taxa de mortalidade infantil, mortalidade proporcional por doença diarreica aguda em menores de cinco anos de idade e mortalidade proporcional por doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades. Segundo os pesquisadores, os resultados encontrados no estudo sugerem que a expansão dos serviços públicos de saneamento básico poderá levar ao declínio dos indicadores epidemiológicos para todas as idades, nos estados brasileiros.

De acordo com Brasil (2007), no ano de 2003, o País passou a dispor de maiores investimentos para área de saneamento básico. Assim, diante desse novo cenário, Teixeira, Gomes e Souza (2011) desenvolveram um estudo com o objetivo de verificar se a ampliação desses serviços resultaram em melhorias na saúde da população, considerando o período de 2001 e 2006. Os componentes de saneamento básico, bem como os indicadores epidemiológicos foram os mesmos avaliados por Teixeira e Guilhermino (2006), cujo trabalho já foi citado.

A partir da pesquisa, Teixeira, Gomes e Souza (2011) verificaram que, de um modo geral, os investimentos realizados no período avaliado contribuíram para a melhoria nos indicadores de saúde. Contudo, os autores advertem que os resultados encontrados não foram expressivos, e sugerem que indicadores epidemiológicos e de desenvolvimento social sejam utilizados na decisão sobre a priorização de investimentos em saneamento básico no País.

Demais autores também relatam a perda da qualidade da água e as consequências ocasionadas pela precariedade dos serviços públicos de esgotamento sanitário. Le Guyader e Atmar (2007) narram surto de hepatite A e de gastroenterite viral em Xangai causada por mariscos colhidos a partir de um estuário poluído por esgotos.

Allmanna et al. (2013) detectaram alta prevalência de vírus entéricos em três lagos em Wuhan, província de Hubei, na China. Os autores associaram a contaminação por despejos de resíduos fecais humanos, indicando contaminação fecal da água utilizada para a natação, pesca e atividades recreativas. Trabalhos da mesma natureza foram

desenvolvidos por Wong et al. (2012); Kitajima et al. (2011), Haramoto et al. (2008, 2005) e Clark e McKendrick (2004).

Diversos estudos como o realizado por Ngure et al., (2014) têm apontado que a precariedade na prestação dos serviços públicos de saneamento básico pode resultar na desnutrição e desenvolvimento inicial de crianças. Resultados semelhantes foram encontrados por Checkley et al. (2004) ao verificarem que crianças peruanas de 2 anos de idade, com as piores condições de fonte de água, armazenamento de água e esgotamento sanitário eram 1,0cm menores que as crianças com melhores condições.

Demais pesquisas que corroboram com essas constatações foram desenvolvidos por Lin et al. (2013); Ngure (2012), Fenn, Bulti e Nduna (2012), Pruss-Ustun et al. (2008); Bhutta, Ahmed e Black (2008); Merchant, Jones e Kiure (2003); Esrey (1996), dentre outros.

Ao mesmo tempo em que se reconhece a estreita relação entre saneamento e saúde, é importante assinalar também que a ausência desses serviços pode afetar paralelamente a qualidade das águas e a economia local. Moynihan, Baker e Mmochi (2012) realizaram um estudo, em Stone Town, na Tanzânia, onde, segundo os autores, intervenções sanitárias que visem o tratamento dos esgotos são praticamente inexistentes.

Como resultados de tal cenário, os pesquisadores reportam que foram encontradas altas concentrações de nutrientes e microrganismos patogênicos nos ecossistemas marinhos. Concluem alertando que desse fato vêm ocorrendo contínua diminuição no uso do mar para atividades culturais e pesqueiras, o que, por sua vez, reduz o turismo e a economia local.

A coleta e o tratamento dos esgotos são etapas primordiais para a garantia da qualidade da água dos rios. Vicq e Leite (2014) avaliaram as condições dos corpos d'água na bacia hidrográfica do córrego Pau Grande, Ouro Branco, Minas Gerais, antes e depois da instalação de 20 fossas sépticas na comunidade de Castiliano, construídas em 2006. A partir de 6 pontos amostrais, os autores monitoraram os parâmetros OD, DBO, P total, coliformes termotolerantes e totais, turbidez e pH, durante os anos 2005 e 2009. De acordo com os pesquisadores, as concentrações de OD tiveram um aumento de mais de 100% ao passo que a quantidade de coliformes termotolerantes foi reduzida mais de 800% à jusante das fossas.

Saad et al. (2015) estudaram os efeitos do uso do solo e da implantação da estação de tratamento de esgoto sobre a qualidade das águas do rio Baquirivu-Guaçu, região

metropolitana de São Paulo. Para tanto, avaliaram a concentração de coliformes termotolerantes, DBO, P total, N total, Índice de Qualidade da Água - IQA e Índice de Estado Trófico - IET., cujos dados foram coletados bimestralmente pela CETESB durante os anos de 1983 a 2012.

De acordo com os autores, a ETE-Arujá, inaugurada em 2004, retardou o processo de degradação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu (BHRBG). Segundo os pesquisadores, tal medida impediu níveis piores de degradação na BHRBG aos verificados no início da década de 2000 além de atenuar temporariamente a pressão sobre os índices de qualidade.

Junior Rodrigues e Carvalho (2010) avaliaram a qualidade da água na Microbacia Hidrográfica dos Córregos Gavanhery e Lambari, no Município de Getulina (SP). Os autores concluíram que o lançamento irregular de esgoto à montante da ETE municipal e a presença de atividades rurais antes e após a ETE contribuíram para a baixa qualidade da águas na Bacia, muito embora a estação de tratamento de esgoto atendesse aos padrões de lançamento de efluentes domésticos.

Matsumoto e Racanicchi (2002) estudaram a influência da implantação de ETE na qualidade da água do Córrego da Mula que faz parte da Bacia Hidrográfica do rio São José do Dourados, em Santa Fé do Sul-SP. Ao final do estudo, os autores constataram que a DBO foi reduzida sensivelmente após a implantação de rede coletora na região, passando de 180mg/L para valores abaixo de 20mg/L. Todavia, segundo os pesquisadores, ligações clandestinas de esgoto sanitário em rede de águas pluviais no trecho canalizado impedia uma melhora ainda mais significativa ao corpo receptor. Estudos que também tratam dos benefícios de ETE para os corpos d'água foram realizados por Bastos (2012) e Fontes e Araújo (2008).

Por fim, é importante frisar que trabalhos que enfoquem diretamente a relação entre cidades com e sem SES e a qualidade da água de rios não foram encontrados na literatura. O resultado mais próximo consistiu em estudos que avaliam a qualidade da água com uso e ocupação do solo, em que é destacado o lançamento de esgotos não tratados como principal causa da degradação ambiental dos rios.

Além disso, nota-se que as pesquisas que tratam do monitoramento de águas fluviais são centradas principalmente na avaliação espacial e/ou temporal. Este fato reforça a importância em desenvolver pesquisas como a realizada no presente trabalho.

3.7 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.7.1 Definições e a importância dos indicadores

O termo indicador vem do latim, *indicare*, que significa indicar, revelar, apontar, assimilar (GARCIA; GUERREIRO, 2006). Demais definições para esse mesmo termo são apresentadas por diferentes estudiosos. Segundo Bellen (2003), um indicador deve ser entendido como um parâmetro ou um conjunto de elementos que pode tornar perceptível uma tendência ou fenômeno que não são detectados imediatamente.

Para Molinari (2006) os indicadores traduzem sinteticamente os aspectos mais relevantes da gestão de uma empresa, simplificando a análise e o entendimento de conceitos mais complexos. Takashina e Flores (1997) definem indicadores como formas de representação quantificáveis das características de produtos e processos.

No âmbito do saneamento básico, Alegre et al. (2000) consideram que um indicador é entendido como uma medida quantitativa da eficiência² e da eficácia³ de uma entidade gestora relativamente a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas. Ainda de acordo com os autores, cada indicador expressa o nível do desempenho efetivamente atingido, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando uma análise que de outro modo seria complexa e menos objetiva (ALEGRE et al. 2008).

Acerca da importância da utilização de indicadores, são apresentados a seguir os principais pontos de vista de diversos estudiosos. De acordo com Silva e Basílio Sobrinho (2008), a principal qualidade dos indicadores é fornecer uma medida que permite mesmo ao público não especializado apreender a informação de maneira clara, concisa e simples, facilitando a tomada de decisão.

Nessa mesma linha de raciocínio, Galvão Jr., Sobrinho e Sampaio (2010) consideram que a utilização de indicadores de desempenho é importante para avaliar a qualidade dos serviços públicos prestados e sua repercussão, e para definir metas de melhoria e de ampliação dos serviços de saneamento básico.

² O termo eficiência será definido no tópico “Eficiência, eficácia e efetividade”.

³ O termo eficácia será definido no tópico “Eficiência, eficácia e efetividade”.

Dias e Rosso (2011) acrescentam que a utilização de indicadores de desempenho dos sistemas de saneamento básico podem, além de contribuir para a elaboração de índices ecológicos de eficiência para os ecossistemas urbanos, promover de forma catalisadora o monitoramento e controle ambiental, ações sistêmicas imprescindíveis em qualquer conjunto de intervenções que visem à saúde ambiental.

Os autores afirmam ainda que o uso de indicadores torna possível definir critérios de projeto e obras de engenharia, avaliar acertos e erros cometidos em programas, análise das alternativas e concepções adotadas. Von Sperling e Von Sperling (2012) avaliaram inúmeras organizações nacionais e internacionais que utilizam indicadores para a prestação, a regulação e o planejamento dos serviços públicos de saneamento básico.

Ao final da análise, os autores concluíram que os indicadores utilizados têm como finalidades principais informar, avaliar e definir critérios, em diferentes âmbitos de atuação (global, nacional e regional) e por diferentes usuários (tomadores de decisão, políticos, economistas, técnicos ou o público em geral).

Borja e Moraes (2003) complementam esse raciocínio ao destacarem que os objetivos dos indicadores não devem se restringir apenas ao interesse do Poder Público em avaliar a eficiência e eficácia das políticas adotadas. Mais do que isso, os autores assinalam que os indicadores devem ser um instrumento de cidadania, na medida em que informa aos cidadãos o estado do meio ambiente e da qualidade de vida.

Finalmente, no entendimento de Flood (1997) “não haverá indicadores sem políticas e não haverá políticas sem indicadores”. A partir dos conceitos e considerações aqui apresentados, é possível verificar que um indicador pode ser considerado como um passo fundamental para orientar o processo decisório, observados todos os atores envolvidos.

3.7.2 Critérios para construção de sistemas de indicadores

A construção de indicadores deve ser embasada em critérios que possibilitem retratar de forma mais completa possível a realidade de uma situação a ser avaliada. No que se refere a essa temática, Borja e Moraes (2003) abordam os aspectos conceituais e metodológicos da construção de sistemas de indicadores, bem como a metodologia para

seu desenvolvimento pautada em uma análise crítica da revisão bibliográfica então existente.

Para eles, o processo de construção de sistemas de indicadores deve ser realizado com base em uma visão sistêmica do meio ambiente, envolvendo diversos profissionais de diferentes áreas do conhecimento. Os autores consideram que, para construções de sistemas de indicadores, dentre outras exigências, é necessário definir: i) os objetivos do sistema de indicadores; ii) o marco teórico/conceitual; iii) os campos disciplinares que participarão da avaliação; iv) as técnicas e instrumentos de coleta de dados; e v) os métodos de ponderação e agregação dos indicadores.

Scipioni et al. (2009) também apresentam suas contribuições para esse assunto. No estudo realizado pelos autores, foi dedicado um tópico destinado à revisão das principais características dos critérios que devem ser nortear o desenvolvimento de indicadores, a saber:

- *multidimensionalidade*: os indicadores devem descrever os diferentes dimensões da sustentabilidade - economia, meio ambiente, sociedade - com uma perspectiva integrada;

- *orientação para a elaboração de políticas*: os indicadores devem apoiar os processos de decisão. Eles devem avaliar os principais problemas, orientar as escolhas e soluções, e facilitar a ratificação dos alvos atingidos;

- *objetividade e relevância*: os indicadores devem ser significativos e também ser uma representação exata do contexto considerado. Na sua definição, são necessárias competências técnicas;

- *com base nos objetivos e no contexto*: os indicadores devem ser coerentes com as metas de desenvolvimento estabelecidas pelo processo da Agenda 21 Local⁴. Isso é importante para garantir a eficácia e a utilidade das avaliações que se seguem em cada contexto local;

- *participação*: a escolha dos indicadores deve ser o resultado de um processo de baixo para cima. Esse processo garante a partilha da ferramenta de medição e validade das avaliações que se seguem a todas as partes.

⁴ A Agenda 21 Local é um instrumento de planejamento de políticas públicas que envolve tanto a sociedade civil e o governo em um processo amplo e participativo de consulta sobre os problemas ambientais, sociais e econômicos locais e o debate sobre soluções para esses problemas através da identificação e implementação de ações concretas que visem o desenvolvimento sustentável local. (<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-local>).

Conforme pode ser observado a partir das considerações feitas acima sobre a construção de indicadores, é possível afirmar que os critérios sugeridos por Borja e Moraes (2003) e Scipioni et al. (2009) corroboram ou são complementares entre si. Alguns desses critérios são aplicados em trabalhos relacionados com indicadores e são descritos a seguir, sendo obtidos a partir de 37 publicações avaliadas pelos pesquisadores.

3.7.3 Principais estudos sobre sistemas de indicadores

De acordo com Borja e Moraes (2003), os estudos relacionados a indicadores são recentes no âmbito nacional. Os autores destacam como primeiros trabalhos publicados no País os realizados por Comune, Cahpino e Rizzieri (1982), Rodrigues (1991), Rojas e Oliveira (1994), Souto et al. (1995), Balassiano et al. (1993); Ornstein (1992) e Borja (1997), dentre outros.

Para cada uma dessas publicações, Borja e Moraes (2003) fazem uma análise criteriosa acerca dos pontos positivos e lacunas existentes. Em relação ao estudo de Comune, Cahpino e Rizzieri (1982), por exemplo, é apontada a ausência de indicadores ambientais e a participação social na proposição de um sistema de indicadores de qualidade de vida urbana (QVU). A mesma deficiência é constatada no trabalho de Rodrigues (1991).

Por outro lado, Borja e Moraes (2003) destacam no estudo de Rojas e Oliveira (1994), o fato dos autores terem utilizados, de forma conjunta e complementar, análises objetivas e subjetivas para a determinação da qualidade de vida. Tal fato se tornou possível, pois os pesquisadores propuseram uma abordagem metodológica embasada na coleta de *informações secundárias* sobre o meio ambiente e as condições de vida junto ao órgão governamental (indicadores objetivos) e a de *informação primária* sobre o meio ambiente, condições de vida e saúde junto à comunidade (indicadores subjetivos).

Outro estudo que ganhou ênfase foi o desenvolvido em Belo Horizonte pela Prefeitura Municipal e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG), tendo como principal objetivo o de construir um Índice de Qualidade de Vida Urbana para Belo Horizonte- IQVU/BH (Prefeitura de Belo Horizonte, 1996; NAHAS; MARTINS, 1995). Para tanto, foi proposto um modelo com onze variáveis, sendo elas: abastecimento, assistência social, cultura, educação, esportes, habitação, infraestrutura, meio ambiente, saúde, segurança e serviços urbanos.

Nesse caso, Borja e Moraes (2003) elencam os principais saltos significativos dessa pesquisa, a saber: i) incorporação da interdisciplinaridade, da integração institucional e da participação ao método de pesquisa; ii) intenção de subsidiar/instrumentalizar a gestão pública em nível local; iii) tentativa de incorporar os diferenciais intraurbanos de qualidade de vida; e iv) intuito de contemplar não só a oferta de serviços, mas também a acessibilidade.

Contudo, é criticado o fato dos pesquisadores terem negligenciado os atores sociais, o que excluiu, portanto, a análise subjetiva. É válido frisar que atualmente a inserção dessa análise combinada vem se tornando uma prática cada vez mais constante, sobretudo em estudos de âmbito internacional como os realizados por Jollands e Harmsworth (2007), Moro et al. (2008) e Marans (2015), por exemplo.

Ademais, verifica-se também que a adoção dessa metodologia que considera tanto os aspectos subjetivos como os aspectos objetivos vêm ganhando espaço em diferentes áreas do conhecimento, conforme verificado no estudo desenvolvido por Lotfi e Koohsari (2009). As autoras avaliaram o nível de acessibilidade às instalações locais (parques, escolas primárias e lojas) usando abordagens objetivas e subjetivas em dois bairros distintos.

Finalizada a pesquisa, as autoras reportam que foram verificadas diferenças consideráveis entre medição objetiva e subjetiva da qualidade de vida em um espaço urbano. Diante disso, a conclusão apresentada pelas mesmas é de que os urbanistas não podem contar apenas com os resultados de medição objetiva para compreender tais espaços para fins de planejamento; em caso afirmativo, as atitudes em relação a espaços urbanos não poderia ser um guia adequado para explicar a qualidade de vida para os residentes urbanos. Há de se destacar também que no Brasil existem trabalhos que contemplam ambas as análises, como o estudo de Borja (1997).

Em se tratando especificamente de estudos relacionados a indicadores de esgotamento sanitário, vale citar a conclusão reportada por Von Sperling (2010) e Von Sperling e Von Sperling (2013), que, dentre outros objetivos, avaliaram as principais características dos indicadores de desempenho dos serviços públicos de esgotamento sanitário em âmbito nacional e internacional.

Segundo os pesquisadores, estes indicadores são calculados pela razão entre duas variáveis da mesma natureza ou de natureza distinta, sendo, assim, adimensionais (expressos em percentagem) ou intensivos (ex: número de ligações / extensão de rede). A Tabela 6 apresenta os principais trabalhos que trazem em seus textos tais indicadores.

Tabela 6 - Estudos envolvendo indicadores de serviços públicos de esgotamento sanitário

Autor	Indicadores de SES	Local da pesquisa	Ano
Teixeira, Gomes e Souza	Cobertura por sistemas de esgotamento sanitário em 2008 (% da população urbana).	Países da América Latina	2012
Teixeira, Gomes e Souza	Cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, 2007 (% da população urbana).	Estados brasileiros	2011
Calijuri et al.	Domicílios ligados à rede de esgoto; domicílios que possuem vaso sanitário; quantidade de vasos sanitários por domicílio; domicílios que possuem instalação hidráulica adequada; disposição do esgoto sanitário no domicílio; domicílios que utilizam fossa seca.	Tucuruí – PA	2009
Kran e Ferreira	Unidades domiciliares com instalação sanitária interna; percentual de unidades imobiliárias com acesso à rede geral de esgoto.	Palmas – TO	2006
Teixeira e Guilhermino	Cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, 2002 (% da população urbana).	Estados brasileiros	2006
Libâneo, Chernicharo e Nascimento	Razão entre os domicílios conectados às redes de esgotamento sanitário e o número total domicílios particulares permanentes.	Unidades da Federação	2005

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Tabela 6, na maior parte dos estudos avaliados foi utilizado como indicador o percentual da população atendida com rede coletora de esgotos sanitários. Sobre o uso de indicadores dessa natureza, Borja e Moraes (2003) tecem algumas considerações.

Os autores alertam para o fato de que indicadores como esses podem confundir a avaliação de uma realidade. Para melhor explicar essa afirmação, eles citam o exemplo do uso do índice GINI⁵. No caso em que se observa concentração de renda, é de se esperar que a qualidade de vida (QV) da população esteja em níveis baixos. Os autores advertem que o contrário pode não ser verdadeiro: pode-se ter uma boa distribuição de renda ao lado de poluição ambiental e falta de democracia, elementos que são relevantes para a QV. Assim sendo, eles reforçam a ideia de que certos indicadores podem ajudar a compreender uma realidade ou a confundi-la.

Aplicando-se esse pensamento para o âmbito dos SES, percebe-se que não é possível afirmar que o simples fato de um grande número de residências estarem ligadas à rede coletora de esgotos sanitários resultará na melhoria da qualidade da água dos rios

⁵ O coeficiente de Gini (ou índice de Gini) é um cálculo usado para medir a desigualdade social, desenvolvido pelo estatístico italiano Corrado Gini, em 1912. (<http://desigualdade-social.info/indice-de-gini.html>)

e tampouco na melhoria dos indicadores epidemiológicos. Isso seria uma avaliação equivocada da realidade, uma vez que demais fatores que também influenciam diretamente na qualidade ambiental não teriam sido considerados.

Borja e Moraes (2003) ressaltam ainda que o uso de indicadores embasados especialmente no número de ligações pode explicar a realidade de uma ótica que não seria a mais coerente. Exemplificando, os autores citam os casos em que se utiliza o percentual da população atendida com abastecimento de água – geralmente dado levantado a partir do número de ligações - para avaliar a qualidade dos serviços públicos de abastecimento de água.

Os pesquisadores ressaltam que o fato de estar ligado à rede de distribuição de água não significa que um domicílio esteja bem abastecido. De acordo com Borja e Moraes (2003), frequentes manobras nas redes, em função da própria obsolescência do sistema e da disponibilidade de água, fazem com que determinadas populações recebam quantidades de água insuficientes para as suas necessidades básicas.

Adicionalmente, segundo eles, a intermitência da distribuição da água e o fato de não se dispor de sistema de esgotamento sanitário pode contribuir para a contaminação da água na rede, alterando sua qualidade. Raciocínio semelhante pode ser aplicado aos serviços públicos de esgotamento sanitário.

Outro aspecto relevante destacado por Borja e Moraes (2003) diz respeito à confiabilidade dos dados. Como exemplo esclarecedor, é citado o caso dos dados levantados pelo IBGE em pesquisas de domicílio sobre a destinação de dejetos. Segundo os autores, a forma com que os dados são obtidos não oferece confiabilidade, pois os pesquisadores não são treinados para discernir os dispositivos de destino dos dejetos e a população não sabe informar com certeza qual o seu destino.

Sobre essa advertência, deve-se reconhecer que, dentre os trabalhos mencionados na Tabela 6, Libâneo, Chernicharo e Nascimento (2005) tiveram o cuidado de evitar o uso de dados como os citados no parágrafo anterior. Os autores não computaram, por exemplo, dados do Censo demográfico 2000 como abastecimento de água por poços e os sistemas de fossa séptica, ainda que os mesmos, em um primeiro momento, pudessem contribuir para uma percepção mais favorável quanto ao quadro sanitário no País.

Segundo os pesquisadores, a opção de desconsiderá-los se justifica pela limitação da referida pesquisa censitária em averiguar a confiabilidade desses sistemas, sendo amplamente conhecidos os problemas quanto à contaminação das águas dos poços e à

construção e manutenção das fossas sépticas. Além disso, a justificativa dos autores é atribuída ao fato de que a partir da metodologia adotada na pesquisa censitária do IBGE, não é possível discriminar as ligações indevidas na rede de drenagem pluvial, declaradas como ligações à rede coletora de esgotamento sanitário.

Outro estudo que merece destaque foi o realizado por Miranda e Teixeira (2004). Os autores tiveram como principal objetivo a obtenção de princípios e indicadores de sustentabilidade, a serem aplicados aos sistemas urbanos de abastecimento de água (SAA) e esgotamento sanitário (SES). A metodologia da pesquisa se baseou em duas etapas.

A primeira foi denominada como “Escolha Restrita”, devido ao fato de ter sido realizada em grupo de poucas pessoas especialistas no assunto que selecionaram 13 indicadores rotineiramente utilizados no gerenciamento dos SAA e SES, bem como alguns já voltados para a sustentabilidade na literatura internacional. Por sua vez, a segunda etapa, nomeada de “Escolha Ampliada”, incorporou a participação de diferentes agentes do município de Jaboticabal/SP, relacionados ou interessados na questão do fluxo da água daquele município.

O mérito no estudo de Miranda e Teixeira (2004) está atrelado ao fato dos autores terem incluído entre os indicadores de SES e SAA a qualidade da água dos corpos receptores. Além disso, outro destaque nesse trabalho se refere à inserção do indicador “interrupções no sistema”. Tal observância feita pelos pesquisadores atenua a deficiência anteriormente considerada por Borja e Moraes (2003), na qual é considerado que a ligação à rede não implica necessariamente na real prestação desses serviços.

Além dos indicadores de esgotamento sanitário apresentados, existem outros que, mesmo que de forma indireta, também medem a qualidade dos SES. Trata-se dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água que, ao serem notados em altas concentrações nos rios, sugerem o lançamento de esgotos no corpo d'água. Incluem-se nesse cenário, principalmente, a DBO, o fósforo total, coliformes termotolerantes e totais e OD.

Demais parâmetros são utilizados. A Tabela 7 apresenta trabalhos que avaliaram a qualidade da água de rios a partir de diferentes parâmetros físico-químicos e microbiológicos, dentro os quais se incluem os que sinalizam a presença de esgotos sanitários no rio.

Tabela 7 - Estudos sobre a qualidade da água de rios a partir de parâmetros físico-químicos biológicos que sugerem o lançamento de esgotos no corpo d'água

Estudo	Parâmetros analisados	Rio/localidade	Ano
Benvenuti et al.	Alcalinidade, coliformes totais, coliformes termotolerantes, cor, cloreto, condutividade, DBO, DQO, dureza, P total, nitrato, OD, pH, sólidos totais, turbidez, temperatura	Dos Sinos/Nordeste do Rio Grande do Sul	2015
Siqueira et al.	Transparência, temperatura da água, resíduo total, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, alcalinidade, dureza, acidez, cloreto, DBO, DQO, fósforo, ferro, nitrogênio totais, coliformes termotolerantes.	Parauapebas/Pará	2012
Oliveira et al.	Coliformes totais, termotolerantes, condutividade elétrica, cor, temperatura, turbidez, DBO, DQO, OD, cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo, pH, sólidos dissolvidos, sulfato, surfactantes, alumínio, arsênio, bário, berílio, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, estanho, ferro, magnésio, manganês, níquel, sódio e zinco	Salitre/Bahia	2010
Ouyang et al.	Temperatura, cor, condutividade elétrica, OD, DBO, pH, alcalinidade total, salinidade, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato, nitrito, P total, P-orthofosfato, carbônico orgânico total, carbono orgânico dissolvido e turbidez	St. Johns/ EUA	2006
Almeida e Schwarzbald et al.	OD, DBO ₅ , pH, P total, coliformes termotolerantes, turbidez, sólidos suspensos totais secos, condutividade elétrica, cloretos, cromo total, temperatura, nitrato,	Cai/Rio Grande do Sul	2003

Com base em nove parâmetros (temperatura, pH, DBO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos totais, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes) foi criado o Índice de Qualidade das Águas (IQAnsf) pela *National Sanitation Foundation* na década de 70. O cálculo do IQAnsf é feito a partir da Equação 1, considerando os pesos (Tabela 8) dos nove parâmetros.

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad (1) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

qi = qualidade do parâmetro;

wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Tabela 8 - Parâmetros e pesos finais para determinação do IQA

Parâmetros Analisados	Peso*
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliforme Termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,10
Sólidos Totais	0,08

Fonte CETESB, 2008

Sabe-se que o uso de indicadores físicos e químicos para a avaliação da qualidade da água de rios já é uma prática consolidada. Goulart e Callisto (2003) citam as principais vantagens em utilizar tais variáveis na avaliação dos impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, a saber: i) identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; ii) detecção precisa da variável modificada; e iii) determinação destas concentrações alteradas.

Todavia, os próprios autores e Whitfield (2001) ressaltam que os parâmetros físicos e químicos apresentam apenas uma “fotografia momentânea” do que pode ser uma situação altamente dinâmica. Contextualizando, uma amostra de água que foi coletada antes do lançamento de esgoto pode apresentar características diferentes de outra coletada no mesmo ponto, após o despejo de contribuições de águas residuárias.

Do mesmo modo, influencia diretamente nessa dinâmica a capacidade de autodepuração do corpo receptor, cujo fenômeno pode ser potencializado pela diluição e sazonalidade. Goulart e Callisto (2003) acrescentam que o monitoramento físico e químico não permite avaliar as consequências dos poluentes nas comunidades aquáticas. Face a essa lacuna, os pesquisadores recomendam o uso de indicadores biológicos.

Diferentemente do que se possa imaginar, esta atividade não é recente. De acordo com Hawkes (1979), o uso de indicadores biológicos para a avaliação da qualidade das águas teve início na Europa entre 1908 e 1909 a partir dos trabalhos de Kolkwitz e Marsson. Atualmente, existem diversos estudos publicados nessa vertente. É praticamente consensual que os microinvertebrados bentônicos são os mais utilizados nesse tipo de estudo.

Várias são as razões pela qual essas comunidades têm sido utilizadas, dentre as quais se destacam: i) podem responder a perturbações em todos ambientes aquáticos e

em todos os períodos; ii) refletem mais prontamente as modificações no ambiente quando comparadas aos peixes; iii) facilidade e baixo custo de coleta; e iv) são representativos das áreas de onde foram coletados por possuírem hábitos sedentários (PLAFKIN et al., 1989; ROSENBERG; RESH, 1993; BAPTISTA, 2008).

Trabalhos que utilizaram indicadores biológicos para avaliar a qualidade da água em corpos d'água foram realizados por Souto et al. (2011), em quatro córregos de Vereda, em Uberlândia (MG), por Copatti, Schirmer e Machado, (2010), no rio Cambará (Cruz Alta/RS), König et al. (2008), no Rio Tigre e no Rio Campo, município de Erechim (RS).

Em paralelo à utilização de indicadores físico-químicos e biológicos, alguns estudiosos como Bollmann e Edwiges (2008) recomendam o uso de indicadores perceptivos. Os autores reportam que os primeiros indicados desse tipo foram os parâmetros organolépticos associados às águas de beber para aceitar ou rejeitar um manancial.

Bollmann e Edwiges (2008) destacam duas legislações brasileiras que traz em seus textos a possibilidade de se utilizar indicadores não numéricos para avaliar a qualidade da água. Trata-se da Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Resolução CONAMA nº 274/2000. A primeira cita critérios qualitativos para a classificação de águas naturais, tais como: (a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; (b) óleos e graxas: virtualmente ausentes; (c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes; (d) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes; e (e) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes (BRASIL, 2005).

Seguindo a mesma vertente, a Resolução CONAMA nº 274/00 (Brasil, 2000) classifica as águas como excelente, muito boa e satisfatória a partir de alguns critérios, dentre eles os perceptivos. De acordo com a citada Resolução, águas que apresentem, entre outras características, presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação são consideradas imprópria para o contato primário.

O estudo desenvolvido por Bollmann e Edwiges (2008) objetivou avaliar a qualidade das águas do rio Belém, Curitiba – PR, a partir do emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. Bollmann e Edwiges (2008) concluíram que os dois tipos de

indicadores foram complementares entre si, de modo que ampliaram o entendimento das transformações ocorridas na qualidade das águas superficiais do Rio Belém.

Indicadores epidemiológicos também são amplamente utilizados para avaliar a qualidade dos serviços públicos de saneamento básico. Andrezzi et al. (2007) elaboraram uma tabela apresentando os principais estudos publicados no período de 1995 a 2004 sobre indicadores de saneamento básico e saúde pública. Com o intuito de atualizar e elencar os estudos acerca dessa temática, foram acrescentadas à tabela de Andrezzi et al. (2007) novas publicações datadas até o ano de 2014, conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais artigos que correlacionam saneamento e saúde publicados entre 1995 e 2014

Estudo	Variável saneamento	Variável saúde	País	Ano
Mihrete et al.	AAG, ESG	Diarreia	Etiópia	2014
Akoachere et al	AAG-QUAL, poços rasos	Cólera	Camarões	2013
Teixeira et al	AAG, ESG	Diarreia	21 países da América Latina	2012
Hubbarda et al	AAG, ESG	Diarreia	Peru	2011
Pattanayak et al	AAG, ESG	Diarreia	Índia	2010
Calijuri et al.	AAG, ESG, RES-SOL, DRE-URB	Diarreia, micose, malária, dengue, febre amarela	Brasil	2009
Pena e Heller	AAG, ESG	Diarreia, doenças de pele e doenças parasitárias	Brasil	2008
Moraes	RES-SOL	nematóides intestinais	Brasil	2007
Mendonça e Mota	Água tratada e coleta de esgoto	Mortalidade infantil.	Brasil	2007
Krewski et al.	AAG-QUAL	Surto de diarreia	Canadá	2004
Bailey e Archer	AAG-QUAL e higiene	Diarreia	África do Sul	2004
Moraes et al.	ESG, DRE-URB	Diarreia	Brasil	2004
Borchardt et al.	Densidade de fossas sépticas	Diarreia	Estados Unidos	2003
Orrico	ESG, AAG	Diarreia	Brasil	2003
Cifuentes et al.	AAG-QUAL, ESG, gosto da água	Diarreia	México	2002
Carneiro et al.	AAG	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Brasil	2002
Gofti-Laroche et al.	AAG-QUAL vírus	Diarreia	França	2001
Gulis	AAG	Esperança de vida	Eslováquia	2000
Gulis e Kross	AAG e AAG-QUAL	Esperança de vida	Eslováquia	1999
Gutierrez et al.	AAG	Mortalidade < 5 anos	México	1999
McCarthy et al.	AAG-QUAL	Diarreia	Suécia	1998
Van Poppel e van der Heijden	AAG	Mortalidade Infantil	Holanda	1997
Tang et al.	AAG-QUAL	Diarréia, hepatite A, febre	China	1996

		tifóide		
--	--	---------	--	--

Legenda: AAG = abastecimento de água; AAG-QUAL = qualidade da água; ESG = esgotamento sanitário; RES-SOL = resíduos sólidos, DRE-URB = drenagem urbana.

Fonte: adaptado de Andrezzi, Barcellos e Hacon (2007).

Cerqueira e Moraes (2009) propuseram um sistema de indicadores de sustentabilidade ambiental como subsídio para a gestão dos rios urbanos, o qual foi pautado em um modelo teórico que inter-relaciona quatro categorias: as dimensões e princípios da sustentabilidade, as funções dos rios e os indicadores de estado segundo o modelo PER (Pressão-Estado-Resposta).

A pesquisa dos autores foi formulada a partir da participação de estudiosos, especialistas e membros da comunidade, por meio de consultas estruturadas e o resultado alcançado, cujo resultado consistiu em uma lista de indicadores qualitativos com recorte para o meio urbano e os corpos d'água superficiais, os quais medem a "condição" do rio e permitem inferir o seu nível de sustentabilidade. A lista dos indicadores pode ser obtida no trabalho dos autores.

Lopes et al. (2016) determinaram um índice de desempenho do serviço público de esgotamento sanitário para a cidade de Campina Grande, Paraíba, utilizando nove indicadores (população residente conectada à rede coletora, população residente servida por sistema individual, população residente não atendida, tratamento de esgoto, perdas ao longo da rede de coleta, total de reclamações, reclamação por ligação, extensão da rede de esgoto por ligação e problemas na rede) de âmbito nacional e internacional.

Ao final do estudo, o índice foi classificado como REGULAR. Os autores reconhecem a limitação da pesquisa quanto ao total de indicadores utilizados, destacando que se outros fossem adicionados, o índice seria mais fiel à realidade da cidade.

Apesar do estudo de Lopes et al. (2016) incluir aspectos como a operação e manutenção dos sistemas, as quais não são observadas em outros trabalhos como de Schneider et al. (2010) e Heller, Von Sperling e Heller (2009), nota-se que não foram utilizados indicadores que reflitam a efetividade dos SES. Uma forma de se alcançar tal objetivo seria avaliando a qualidade das águas dos rios na cidade.

3.8 EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE

Embora na presente dissertação tenha se proposto avaliar apenas a efetividade dos sistemas públicos de esgotamento sanitário, nesse tópico serão acrescentados textos relacionados à eficiência e eficácia, uma vez que estes dois estão intimamente relacionados com a efetividade.

Sabe-se que a prestação de serviços públicos à comunidade deve ser feita com base em princípios que considere o uso racional dos recursos disponíveis, com o objetivo de obter resultados que melhorem a qualidade de vida da população. Essa prática requer uma avaliação dinâmica e sistemática.

Para Cunha (2006) a avaliação dos serviços públicos permite que os formuladores e implementadores tomem decisões com maior conhecimento, de modo a otimizar o resultado do gasto público, bem como identificar êxitos e superar pontos de estrangulamento. Ala-Harja e Helgason (2000) completam informando que as metas da avaliação devem englobar três pontos principais, a saber: i) melhoria do processo de tomada de decisão; ii) alocação apropriada de recursos; e iii) responsabilidade para o parlamento e os cidadãos.

Para muitos autores, é praticamente consensual que a avaliação de uma política pública é determinada por critérios de eficiência, eficácia e efetividade, também conhecidos como 3E. Contudo, conforme frisado por Sano e Montenegro Filho (2013), um dos principais entraves para alcançar tal êxito está associado à dificuldade que muitos atores envolvidos na gestão pública têm em diferenciar e aplicar conceitos como eficiência, eficácia e efetividade.

Paralelamente, outro fator que pode aumentar o grau de dificuldade na assimilação desses 3E é a existência de diversas definições para os mesmos. Isso porque, segundo alguns autores como Silva (2002) e Gabardo (2002), Chiavenato (2000), os termos eficiência, eficácia e efetividade podem ser definidos de múltiplas formas, as quais, às vezes, são contraditórias entre si, tendo distintos focos, em função das áreas do conhecimento estudada.

Face a essa heterogeneidade, optou-se por adotar, no presente estudo, as definições de eficiência, eficácia e efetividade apresentadas por Souza (2008), visto que as mesmas são de fácil entendimento e podem ser prontamente adaptadas ao âmbito do saneamento básico, especialmente no que se refere ao componente esgotamento sanitário.

De acordo com o citado autor, a eficiência significa fazer mais com menos recursos, ao passo que a eficácia resulta da relação entre metas alcançadas *versus* metas pretendidas. Por fim, Souza (2008) aclara que a efetividade é percebida mediante a avaliação das transformações ocorridas a partir da ação.

Os conceitos supracitados são ratificados pelo Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2000), o qual, orientado pela Organização Internacional de Entidades de Fiscalização Superiores, define os 3Es:

- *Eficiência*: É a relação entre os produtos (bens e serviços) gerados por uma atividade e os custos dos insumos empregados em um determinado período de tempo.

- *Eficácia*: É o grau de alcance das metas programadas em um determinado período de tempo, independente dos custos implicados.

- *Efetividade*: É a relação entre os resultados alcançados e os objetivos que motivaram a atuação institucional. Em outras palavras, é a relação entre os impactos reais observados na população e os impactos que seriam esperados decorrente da ação institucional.

Agora, direcionando o foco especificamente para o termo eficiência, Belloni, Magalhães e Sousa (2003), explicam que o mesmo é traduzido por respostas dadas a questionamentos ou indicadores relativos a necessidades atendidas, recursos utilizados e gestão desenvolvidas. Ghelman (2006) lembra que a eficiência é um princípio constitucional que rege a Administração Pública.

Dias e Rosso (2011) também apresentam suas contribuições para essa temática, esclarecendo que a eficiência deve se referir à obtenção dos objetivos e metas claramente propostos com o menor custo econômico e social possível. Ressaltam ainda que é imprescindível estabelecer uma parametrização de desempenho a fim de que esta quantificação possa qualificar a gestão, operação e controle do sistema, assim como seu planejamento estratégico.

Silva (2006) adverte que a avaliação da eficiência de uma atividade ou de um grupo de atividades precisa ser pautada por um diagnóstico prévio da situação antes da execução da atividade, sem o que nunca se vai saber que benefícios decorrem dela. Segundo o autor, isso obriga que os indicadores de eficiência sejam coerentes com os utilizados no diagnóstico prévio.

Dias e Rosso (2011) citam os fatores determinantes para a eficiência dos sistemas de saneamento básico, destacando entre eles: características naturais, investimentos, qualidade dos projetos, planejamento urbano, ocupação do solo, interação com outros

serviços de infraestrutura urbana, serviços de operação, manutenção e conservação, aspectos psicossociais e socioeconômicos das populações atendidas.

Para Rico et al. (1998), a avaliação de eficiência é a mais necessária e urgente. O autor justifica sua afirmação devido à escassez de recursos públicos que exige maior racionalização de gastos. Ainda de acordo com os mesmos autores, esses estudos são importantes, pois, ao mesmo tempo em que existe a escassez de recursos, há também uma ampliação das populações que necessitam ser atingidas pelas políticas sociais.

No tocante ao termo eficácia, Alegre et al. (2000) explicam que este mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos realisticamente, foram cumpridos. Heller e Nascimento (2005), por sua vez, aclaram que a eficácia compreende a extensão em que uma intervenção, procedimento, ou serviço, em condições ideais, produz um resultado benéfico do dispositivo ou do processo. Para Figueiredo e Figueiredo (1986), a eficácia se refere ao estudo da verificação dos objetivos e instrumentos explícitos de um determinado programa e seus resultados efetivos.

Silva (2006) destaca que a eficácia final da atividade se mede apenas depois de concluída uma etapa na qual aquela atividade esteja inserida. Sobre os termos eficiência e eficácia, e válido frisar que, rotineiramente, os mesmos são utilizados de forma equivocada ou ditos como de igual significado. Diante disso, Chiavenato sugere, como diferenciadores de eficiência e eficácia, os elementos apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Diferenças entre eficiência e eficácia

Eficiência	Eficácia
Ênfase nos meios	Ênfase nos resultados
Fazer corretamente as coisas	Fazer as coisas certas
Resolver problemas	Atingir objetivos
Salvaguardar os recursos	Otimizar a utilização dos recursos
Cumprir tarefas e obrigações	Obter resultados
Treinar os subordinados	Dar eficácia aos subordinados
Manter as máquinas	Máquinas em bom funcionamento
Presença nos templos	Prática de valores religiosos
Rezar	Ganhar o céu
Jogar futebol com arte	Ganhar a partida

Fonte: Chiavenato, 2000, p. 178.

No que tange à efetividade, Figueiredo e Figueiredo (1986) asseveram que esse termo consiste em verificar a implementação de um determinado programa e seus impactos e resultados. Seria, portanto, o sucesso ou o fracasso em termos de uma efetiva

mudança nas condições sociais prévias da vida das populações atingidas pelo programa sob avaliação, afirmam os autores.

De acordo com Houaiss (2002), a efetividade é definida como sendo a faculdade de se produzir um efeito real; capacidade de atingir o seu objetivo real; realidade verificável; existência real; incontestabilidade. Cohen e Franco (2004) a sintetizam como sendo a medida do impacto ou do grau de alcance dos objetivos. Para Torres (2004), a efetividade é o mais complexo dos três conceitos, em que a preocupação central é averiguar a real necessidade e oportunidade de determinadas ações estatais.

Segundo este autor, a averiguação da necessidade e oportunidade deve ser a mais democrática, transparente e responsável possível, buscando sintonizar e sensibilizar a população para a implementação das políticas públicas. Torres (2004) alerta que a efetividade não se relaciona estritamente com a ideia de eficiência, que tem uma conotação econômica muito forte, haja vista que nada mais impróprio para a Administração Pública do que fazer com eficiência o que simplesmente não precisa ser feito.

De acordo com Brasil (2004), é na avaliação da efetividade que se deve demonstrar que uma determinada realidade social tem uma relação de causalidade com uma política em particular. Fontes (2005) enfatiza que o que torna a avaliação da efetividade indispensável é o fato de que, caso o impacto social não seja o esperado, poder-se-á replanejar a atuação. Todavia, o autor ressalta que a principal dificuldade é garantir a vinculação entre as ações do programa e as mudanças percebidas.

Outro desafio na avaliação da efetividade está associado à obtenção de dados válidos que informe o alcance dos resultados e seu impacto social, conforme explicam Sano e Montenegro Filho (2013). Nesse cenário, os autores sugerem que a população seja ouvida, visto que é ela o público-alvo das ações desenvolvidas.

Uma vez apresentadas e entendidas as definições de eficiência, eficácia e efetividade, torna-se possível a compilação de tais termos para o âmbito dos sistemas de esgotamento sanitários (SES). Nesse desenho, a eficiência e eficácia seriam alcançadas, mutuamente, ao considerar as peculiaridades locais.

Isso porque, ao realizar tais considerações, haveria a realização de um diagnóstico da área, por meio do qual seriam investigadas as características socioeconômicas e ambientais da localidade. Como resultado disso, seriam obtidas informações como a existência ou não de mão-de-obra qualificada, declividade do terreno, fornecedores de

bens e serviços, dentre outros, os quais norteariam na escolha do melhor tipo de SES a ser implantado.

Assim, a determinação do sistema de esgotamento sanitário ocorreria a partir de um estudo que garantisse a menor utilização de recurso financeiro e maior alcance das metas pretendidas. Dessa forma, é possível constatar que nem sempre a opção mais onerosa é aquela que resulta em uma maior eficácia. Ademais, é fundamental o entendimento que a tecnologia a ser utilizada na definição do SES deve estar em consonância com a realidade local, econômica, cultural, ambiental e institucional.

Tais conclusões são corroboradas pelos incisos V, VII e VIII da Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Os incisos supracitados são transcritos a seguir:

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas (BRASIL, 2007, p. 1).

Finalmente, a efetividade, no âmbito das intervenções de esgotamento sanitário, ocorre quando são observadas transformações que resultem em ganhos reais para a população. Assim sendo, os principais resultados de efetividade nesse desenho seriam, especialmente, a qualidade da água dos rios e o melhoramento dos indicadores epidemiológicos.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi baseada no método quanti-qualitativo e teve como tipo de estudo o descritivo com a caracterização das áreas de estudo, dos sistemas públicos de esgotamento sanitário e da qualidade das águas dos rios nas localidades avaliadas. As principais etapas para a execução desse trabalho são apresentadas nos tópicos a seguir.

4.1 FONTES E TIPOS DE DADOS

Para a realização desse estudo, foram utilizados dados secundários provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE e do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA. Obtiveram-se ainda informações do Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário - PEMAPES. Os tipos de informações adquiridas por meio dessas fontes e do PEMAPES são sintetizados na Figura 1.

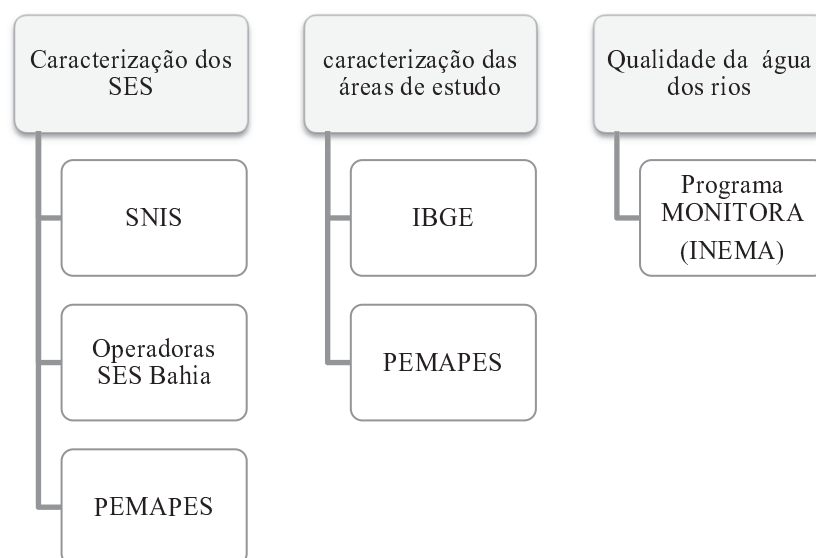


Figura 1 - Tipos de informações obtidas por meio das diversas fontes de dados e do PEMAPES para cada cidade avaliada

De acordo com a Figura 1, o SNIS e o PEMAPES proporcionaram dados relativos aos sistemas de esgotamento sanitário. A caracterização das áreas avaliadas ocorreu a

partir de dados provenientes do IBGE e do PEMAPES. Os aspectos da qualidade das águas dos rios foram obtidos a partir de dados do Programa Monitora.

Os aspectos necessários para realizar a caracterização dos sistemas de esgotamento sanitário, a caracterização da área de estudo e a avaliação da qualidade da água dos rios em cada cidade analisada são resumidos na Figura 2.

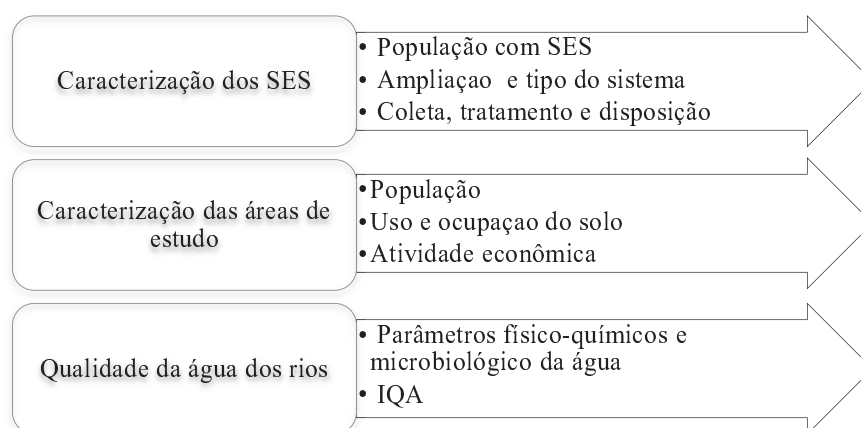


Figura 2 - Aspectos a serem analisados em relação aos SES, áreas de estudo e qualidade das águas dos rios avaliados

Para determinar a população atendida com SES, foi avaliada a população do meio urbano que possuía atendimento com rede coletora de esgotos. Avaliou-se a ampliação dos SES por meio da variação ocorrida na extensão da rede coletora de esgotos e quantidade de ligações ativas de esgotos entre os anos de 2008 a 2014. Os dados de coleta e tratamento dos esgotos foram analisados com base nos volumes e índices de esgotos coletados e tratados.

No que se refere à caracterização das áreas de estudo, foram pesquisados dados da população urbana e população rural e os principais usos e ocupação do solo em cada cidade e/ou bacia hidrográfica onde elas estavam inseridas. Também foram coletadas informações das atividades econômicas geradoras de renda nas localidades avaliadas.

A avaliação da qualidade da água se deu por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológico das águas dos rios e o Índice de Qualidade das Águas – IQA. A Tabela 10 apresenta os parâmetros analisados nesse estudo e os que foram utilizados para o cálculo do IQA. A Tabela 11 mostra a classificação da qualidade da água em função do valor do IQA.

Tabela 10 - Parâmetros avaliados na pesquisa e parâmetros e pesos finais utilizados para determinação do Índice de Qualidade das Águas - IQA

Parâmetros Analisados	Parâmetros cálculo IQA	Pesos
Coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes	0,17
	DBO	0,15
DBO	Fósforo total	0,12
	Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	Oxigênio dissolvido	0,10
	pH	0,10
Nitrogênio total	Temperatura	0,10
	Turbidez	0,10
Oxigênio dissolvido	Sólidos Totais	0,08

* Os pesos dos parâmetros foram determinados pela CETESB, conforme informações dos *Relatórios do Monitora*

Fonte: Adaptado de INEMA, 2010

É importante frisar que os valores de coliformes termotolerantes disponibilizados no *website* do INEMA estavam expressos na forma notação científica. Contudo, conforme recomendação de Von Sperling (2001) transformou-se em \log_{10} esses dados a fim de se obter uma boa indicação da tendência central dos mesmos. Os valores na sua forma original estão disponíveis no Apêndice A desse trabalho.

Tabela 11 - Classificação da qualidade da água em função do IQA

Nível de Qualidade	Intervalo de IQA	Cor de referência
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$	Azul
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$	Verde
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$	Amarelo
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$	Vermelho
Péssima	$0 < \text{IQA} \leq 19$	Roxo

Fonte: CETESB, 2015.

4.2 DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Todas as cidades avaliadas na presente pesquisa estão inseridas no estado da Bahia, conforme Figura 3. A seleção dessas localidades ocorreu a partir dos critérios determinados a seguir.

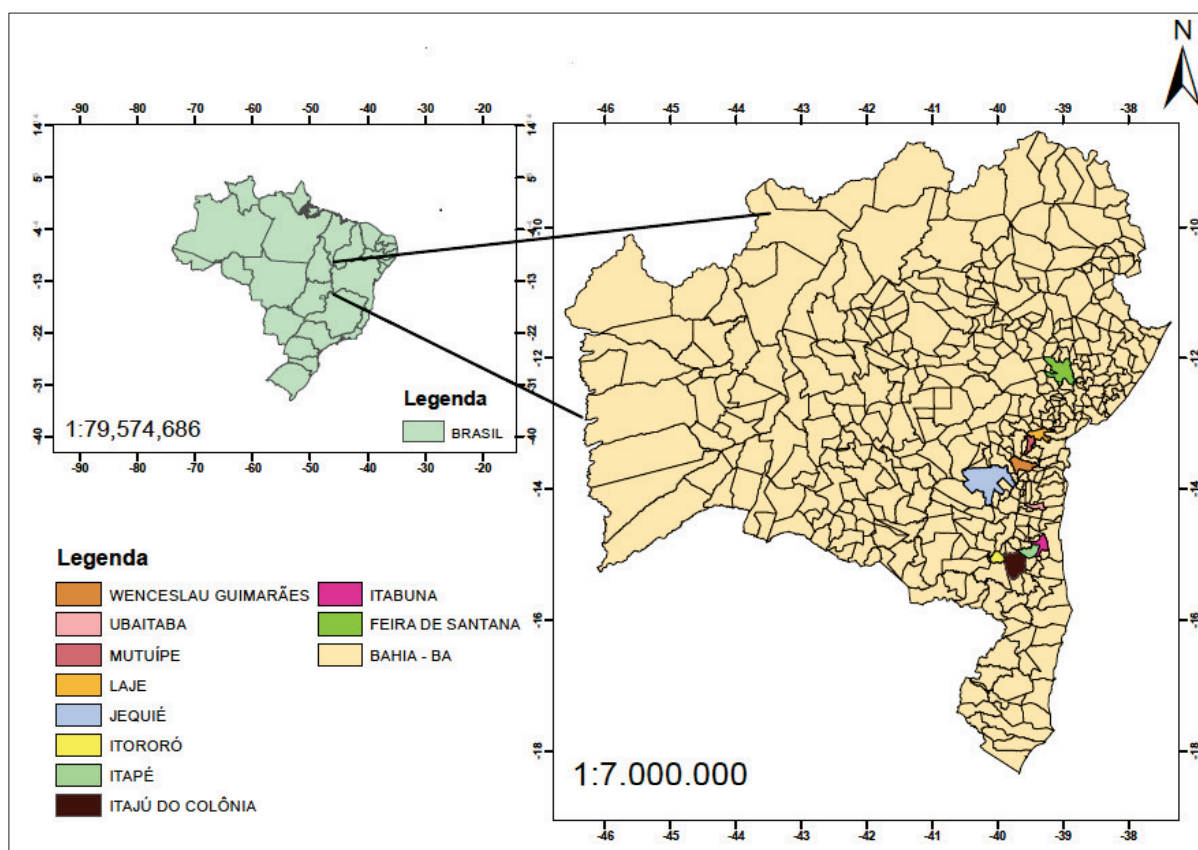


Figura 3 - Localização das cidades avaliadas na pesquisa

Inicialmente, selecionaram-se os municípios que apresentavam algum Índice de Atendimento de Rede de Esgoto – IARE. Tal informação foi obtida por meio do último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, divulgado pelo Sistema Nacional de Informações sobre esgotamento. Os dados dessa fonte foram provenientes da aplicação *Web SNIS – Série Histórica*, tendo como referência a base desagregada.

Uma vez selecionados os municípios com IARE, considerando o SNIS, a etapa seguinte consistiu em verificar a existência de pontos de monitoramento da qualidade da água dos rios por meio dos dados do Programa Monitora próximos a essas localidades. A obtenção dessa informação se deu com base nos *Relatórios e Resultados* do citado Programa, ambos obtidos no *website* do INEMA.

A Tabela 12 apresenta a quantidade de campanhas realizadas nos anos em que ocorreram monitoramentos da qualidade das águas dos rios a partir do Programa Monitora no estado da Bahia.

Tabela 12 - Total de campanhas realizadas por meio do Programa Monitora
– ano 2008 a 2015 no Estado da Bahia

Ano	Total de campanhas realizadas
2008	4
2009	4
2010	2
2011	2
2012	2
2013	3
2014	3
2015	2

Fonte: elaboração do autor

De posse das informações dos *Relatórios* e dos *Resultados* do Programa Monitora, foram tabulados os dados das cidades contendo IARE. Todavia, como o estudo visou avaliar a qualidade da água em trechos de rios no meio urbano, segregou-se inicialmente apenas os pontos inseridos na zona urbana das cidades com SES.

Posteriormente, selecionaram-se outras cidades, as quais não apresentavam sistema de esgotamento sanitário; apenas o monitoramento das águas em trechos de rios no meio urbano. Estas cidades foram denominadas de cidades controle. A justificativa para esse desenho consistiu em avaliar se localidades que não possuem SES apresentam qualidade das águas em trechos de rios no meio urbano similares às cidades que possuem tais serviços.

Os subsídios empregados para a segregação dos pontos de interesse incluíram o uso de *shapes*⁶ referentes aos pontos de monitoramento e das sedes municipais, a utilização do SIG GEOBAHIA (disponível no *website* do INEMA) e um mapa da Bahia com os pontos do Programa Monitora - ano 2015. Tanto os *shapes*, como o uso do SIG GEOBAHIA e do mapa foram sugeridos e disponibilizados por funcionários do INEMA.

Os *shapes* supracitados foram inseridos no Google Earth⁷. Por sua vez, o SIG GEOBAHIA já apresentava em seu banco de dados os códigos dos pontos e a localização das sedes municipais do Estado. Essas ferramentas, em conjunto,

⁶ Tipo de arquivo digital que representa uma feição ou elemento gráfico, em formato de ponto, linha ou polígono uma referência espacial (coordenadas geográficas) de qualquer que seja o elemento mapeado.

⁷ É um aplicativo de mapas em três dimensões mantido pelo gigante das buscas. Ele permite passear virtualmente por qualquer lugar do planeta, graças às imagens capturadas por satélite (<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/google-earth.html>).

possibilitaram verificar os pontos inseridos na zona urbana nos municípios com e sem SES. Tais informações foram confirmadas nos próprios *Relatórios do Monitora*.

As cidades com e sem sistemas de esgotamento sanitário foram selecionadas em função de estarem na mesma bacia hidrográfica e/ou por possuírem pontos de monitoramento no mesmo rio. A síntese dos critérios utilizados para escolha das cidades é apresentada na Figura 4.

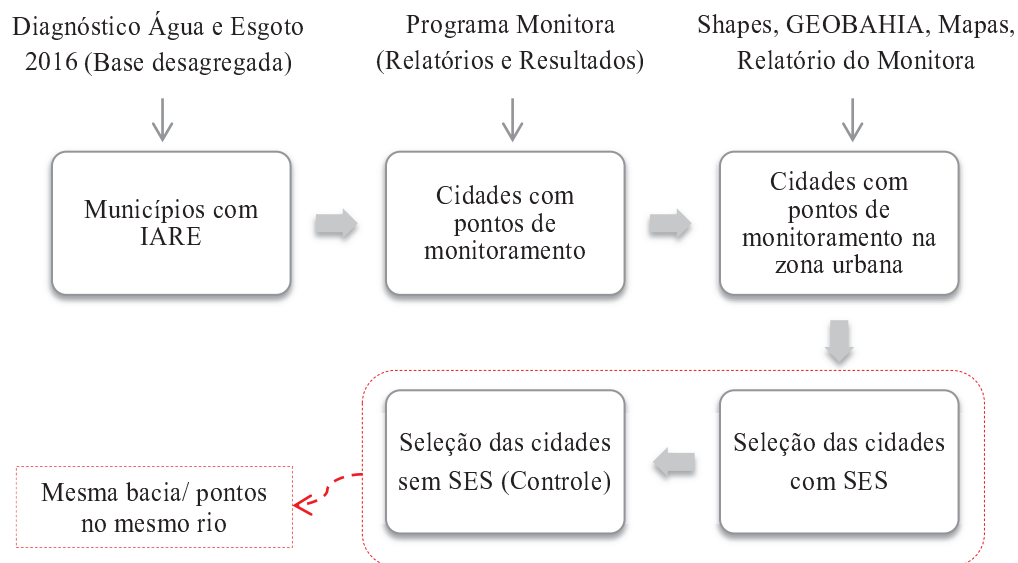


Figura 4 - Síntese dos critérios utilizados para escolha das áreas de estudo

Concluídas as etapas a apresentadas na Figura 5, foram selecionadas as cidades de Itororó, Itajú do Colônia, Itabuna, Mutuípe, Laje, Jequié, Feira de Santana, Ubaitaba, Itapê e Wenceslau Guimarães para o presente estudo.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Com base nas dez cidades selecionadas, foram definidas quatro áreas contendo sistema de esgotamento sanitário e as cidades controle, isto é, aquelas sem SES. No total, avaliou-se 14 pontos de monitoramento.

O Quadro 2 apresenta a distribuição dessas informações nas quatro áreas e nas cidades controle, além de indicar as bacias hidrográficas onde cada uma dessas localidades estão inseridas. A caracterização das bacias pode ser verificada nos

Relatórios do Programa Monitora e por meio dos estudos de Batista (2003) e Nacif et al. (2003).

Quadro 2 - Cidades, rios e bacias hidrográficas dos pontos de monitoramento selecionados

Localidade	Cidade	Ponto de Monitoramento	Rio	Bacia Hidrográfica
Área 1	Itororó	LES-COL-200	Colônia	Rio Cachoeira
	Itajú do Colônia	LES-COL-300	Colônia	
	Itabuna	LES-RCH-700	Cachoeira	
Área 2	Mutuípe	RCS-JQR-400	Jequiriça	Rio Jiquiriça
	Laje	RCS-JQR-500	Jequiriçá	
	Laje	RCS-JQR-600	Jequiriça	
Área 3	Jequié	CON-CON-500	Contas	Rio de Contas
	Jequié	CON-CON-550	Contas	
	Jequié	CON-JQZ-100	Contas	
Área 4	Feira de Santana	PRG-PRN-300	Principal	Paraguaçu
Cidades controle	Ubaitaba	CON-CON-800	Contas	Rio de Contas
	Itapé	CON-RCH-500	Cachoeira	Rio Cachoeira
	Wenceslau Guimarães	RCS-ALM-300	Almas	Recôncavo Sul
	Wenceslau Guimarães	RCS-PRT-400	Preto	Recôncavo Sul

As Figuras de 5 a 8 apresentam os diagramas unifilares dos pontos avaliados em cada um dos rios selecionados. Estes diagramas foram adaptados dos Relatórios do Programa Monitora.

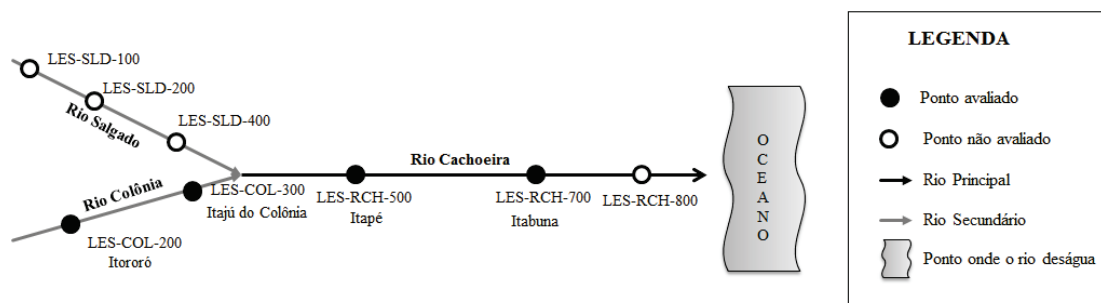


Figura 5 - Diagrama dos pontos avaliados nos Rio Colônia e no Rio Cachoeira

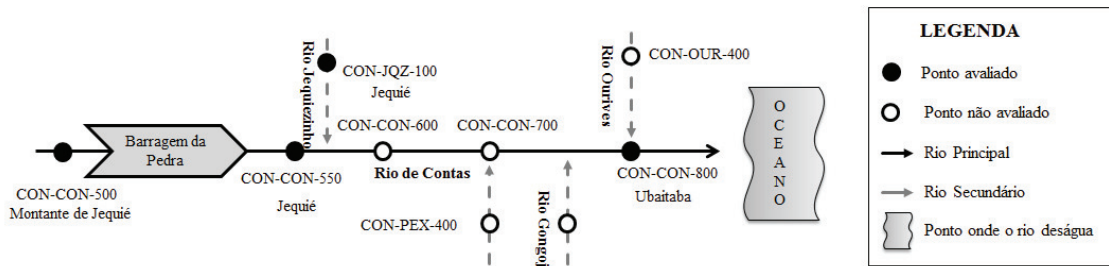


Figura 6 - Diagrama dos pontos avaliados no Rio de Contas

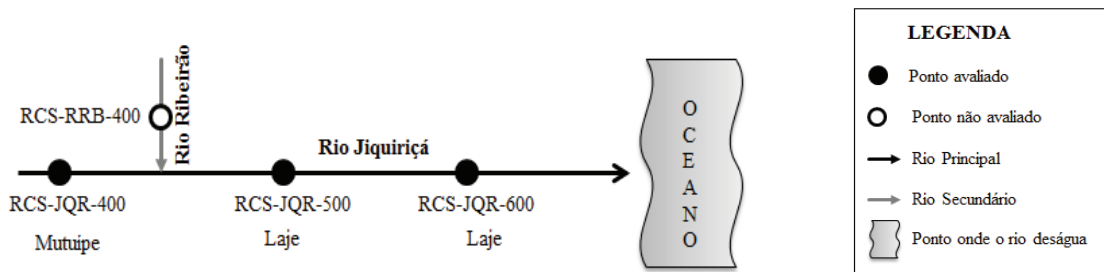


Figura 7 - Diagrama dos pontos avaliados no Rio Jiquiriçá

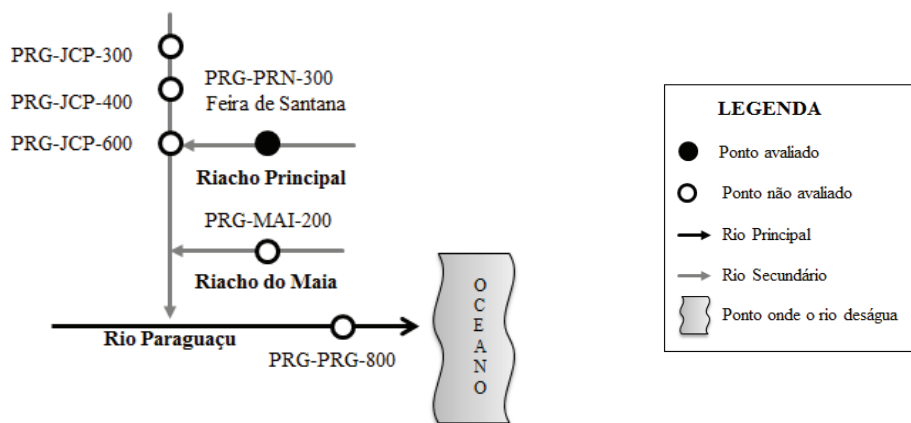


Figura 8 - Diagrama dos pontos avaliados no Riacho Principal

O uso e ocupação do solo e a descrição da população nos municípios avaliados são apresentadas no Quadro 3. A Tabela 14 apresenta a caracterização das áreas adjacentes aos 14 pontos de monitoramento enquanto o Quadro 4 apresenta as diferentes vazões médias diárias desses rios no período de 2008 a 2015.

Quadro 3 - Características populacionais e do uso e ocupação do solo nos municípios das cidades avaliadas

Município	População			Uso e ocupação do solo (atividades econômicas)
	Total (hab.)	Urbana (%)	Rural (%)	
Itapé	10.986	65	35	Atividade agrícola e pecuária extensiva.
Itabuna	204.667	98	2	Atividades comerciais, industriais e diversificação de lavouras.
Itajú do Colônia	7.278	80	20	Atividade pastoril.
Itororó	19.911	91	9	Atividade pastoril.
Wenceslau Guimarães	22.181	34	66	Atividade agrícola e pecuária.
Mutuípe	21.449	45	55	Agropecuária e atividade agrícola.
Laje	22.201	26,1	73,9	Possui características semelhantes à Mutuípe.
Feira de Santana	556.642	91,7	8,3	Comércio, indústria e agricultura, com destaque para os dois primeiros.
Jequié	151.895	91,8	8,2	Agricultura, pecuária, mineração, indústrias do setor petrolífero.
Ubaitaba	20.691	85,1	14,9	Agricultura e pecuária.

Fonte: IBGE (2010), Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI (2012).

Tabela 13 - Características das áreas adjacentes aos pontos de monitoramentos avaliados

Ponto (Rio/Município)	Coordenadas	Características adjacentes ao ponto
LES-COL-200 (Colônia/Itororó)	15°7'13.92" S 40° 4'18.19" W	Presença de residências. Lançamento de efluentes domésticos e resíduos sólidos (resto de alimento, saco plástico, papelão etc.).
LES-COL-300 (Colônia/ Itajú da Colônia)	15° 8'40.45" S 39°43'23.55" W	Residências e atividades comerciais (bares e restaurantes). Criação de equino e resíduos sólidos (saco plástico, garrafa pet etc.) Foi verificado lançamento de efluentes domésticos.
LES-RCH-700 (Cachoeira / Itabuna)	14°47'16.71" S 39°16'12.29" W	Residências e comércios. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos nas margens do rio, à jusante e à montante do ponto de monitoramento.
RCS-JQR-400 (Jequiriçá/Mutuípe)	13° 13' 38.4"S 39° 30' 08.7"W	Há residências, atividades comerciais. Atividades agrícolas A mata ciliar apresenta poucas espécies herbáceas e arbustivas. Lançamento de esgoto.

RCS-JQR-500 (Jequiriçá/Laje)	13° 11' 3.30"S 39° 25' 25.10"W	Residências, agricultura familiar com cultivo de banana e coco e áreas de pasto com criação de bovinos. Lançamento de esgoto.
RCS-JQR-600 (Jequiriçá/Laje)	13° 10' 25.70"S 39° 19' 6.00"W	Mata ciliar apresentou-se degradada. Pasto com criação de bovinos e ovinos. Existência de residências, comércio de artesanato e um lava rápido.
CON-CON-500 (Contas/Jequiê)	13° 52' 15.9" S 40° 11' 10.4"W	Mata ciliar preservada nas margens do rio. Criação de equinos nas proximidades do ponto de coleta.
CON-CON-550 (Contas/Jequiê)	13° 51' 52.4"S 40° 4' 51.5"W	Mata ciliar degradada. Agricultura familiar com o cultivo de banana. Lançamento de efluentes sanitários e de rede pluvial. Criação de bovinos e equinos, presença de resíduos sólidos.
CON-JQZ-100 (Jequeizinho/Jequiê)	13° 51' 52.27"S 40° 4' 38.60"W	Águas com aspecto turvo e cor verde. Presença de espuma no leito do rio. Odor desagradável e mosquitos na localidade, bem como material flutuante e resíduos sólidos em suspensão no leito do rio.
PRG-PRN-300 (Riacho Principal/Feira de Santana)	12° 16' 26.00"S 38° 59' 50.68"W	Odor característico de esgoto e quantidade significativa de espuma à jusante do ponto de coleta. Nas margens e no leito do rio observou-se presença de resíduos sólidos, tais como: papel, dejetos de animais, plástico e podas de árvores. Lançamento de esgoto.
CON-CON-800 (Contas/Ubaitaba)	14°18'41.20"S 39°17'33.00"W	Criação de bovinos e granjeiros, bem como, agricultura familiar com plantio de banana e milho. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento prévio, à jusante do ponto de coleta.
LES-RCH-500 (Cachoeira/Itapé)	14°53'54.33" S 39°25'40.27" W	Atividade agropecuária e equinocultura. Existência de estabelecimentos residenciais e comerciais no entorno do ponto de monitoramento e plantio de coco.
RCS-ALM-300 (Almas/ Wenceslau Guimarães)	13° 41' 12.20" S 39° 28' 41.50" W	Residências, agricultura familiar com plantio de coco, banana e hortaliças e estabelecimentos comerciais nas proximidades. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos no rio.
RCS-PRT-400 (Preto/ Wenceslau Guimarães)	13° 36' 23.70" S 39° 29' 28.40" W	Residências, agricultura familiar com plantio de banana e estabelecimentos comerciais. Lançamento de efluentes sanitários sem tratamento e resíduos sólidos inorgânicos nas margens do rio.

Fonte: Adaptado de INEMA, 2010.

Quadro 4 - Vazão média diária dos diferentes rios avaliados na pesquisa - período de 2008 a 2015

Estações Fluviométricas	Área Drenada (km ²)	Período (ano)/ Médias diárias(m ³ .s ⁻¹)							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Estiva de Baixo – Código 53140000 (Rio Colônia)	2260	3,22	4,38	4,92	8,45	2,33	4,63	5,10	1,25
Itajú do Colônia – Código 53130000 (Rio Colônia)	1360	2,16	2,81	3,35	4,12	2,72	2,82	4,48	0,75
Contorno da BR-101 – Código 53180000 (Rio Cachoeira)	3950	12,08	20,40	11,41	23,16	6,94	9,44	12,62	16,14

Ferradas – Código 53170000 (Rio Cachoeira)	3850	5,62	12,61	8,19	15,81	3,67	15,23	10,82	7,43
Wenceslau Guimarães – Código 51820000 (Rio das Almas ou Jequié)	1110	8,91	7,37	6,87	8,66	5,49	7,25	10,69	9,38
Santa Luzia – Código 51870000 (Rio Preto)	836	9,38	9,06	6,38	9,68	5,65	7,43	9,99	10,38
Ubaitaba - Jusante - Código 52831000 (Rio de Contas)	54000	58,46	83,51	65,02	69,62	51,93	59,73	74,78	47,89
Jequié - Código 52570000 (Rio de Contas)	40400	9,09	34,69	6,91	5,02	2,19	0,80	4,90	10,72

Fonte: ANA (2016)

Conforme pode ser observado no Quadro 4, as vazões da maioria dos rios avaliados diminuíram no ano de 2015, com destaque para o Rio Colônia.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados foi feita com base em três tipos de avaliações. A primeira consistiu em comparar a qualidade das águas das cidades com sistemas públicos de esgotamento sanitário e das cidades sem esses serviços. Para tanto, os resultados dos cinco parâmetros físico-químicos e microbiológico bem como os valores de IQA pertencentes aos pontos das quatro áreas com SES foram comparados com os resultados dos pontos das cidades controle.

A segunda avaliação realizada foi sobre a qualidade das águas dos rios nas cidades avaliadas e os sistemas públicos de esgotamento sanitário implantados nas sete cidades contendo tais serviços. Esta análise teve como objetivo verificar a efetividade dos SES com base nos resultados dos cinco parâmetros analisados e valores de IQA.

Na terceira, avaliou-se a relação entre a qualidade das águas dos rios no meio urbano e os indicadores de qualidade dos SES usuais no que se refere à efetividade. Os dois indicadores utilizados para representar a ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário foram extensão de rede coletora de esgoto e quantidade de ligações ativas de esgoto, tendo em vista que são estes os costumeiramente utilizados para traduzirem a qualidade dos SES.

Caso fosse verificada a melhoria da qualidade das águas dos trechos dos rios avaliados em função da ampliação dos SES, pautada na extensão de rede coletora de esgoto e quantidade de ligações ativas de esgoto, os citados indicadores traduziriam

com eficiência, eficácia e efetividade a qualidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário, considerando o universo estudado. O inverso indicaria que outros indicadores deveriam ser aplicados/agregados na avaliação de tais serviços.

Nas três relações investigadas, utilizaram-se informações referentes às características das áreas a fim de reforçar a discussão dos resultados encontrados e, nas três análises, a avaliação da qualidade da água em trechos de rios no meio urbano ocorreu por meio das médias dos parâmetros Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Fósforo Total – P Total, Nitrogênio Total - N total e Oxigênio Dissolvido – OD e IQA de cada ponto selecionado. Para obtenção das médias dos parâmetros supracitados e dos IQA, considerou-se as campanhas dos anos de 2008 a 2015.

Os resultados dos cinco parâmetros físico-químicos e microbiológico foram comparados aos padrões brasileiros de qualidade para as águas doces (Classe 2), conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Pelo fato dos rios avaliados não terem classes definidas, considerou-se os mesmo como classe 2, conforme recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Submeteram-se os mesmos dados à análise descritiva (maior valor, menor valor e média) com o objetivo de melhor visualizar o comportamento destes.

Os valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água e dos IQA foram submetidos à análise estatística, utilizando o programa R, versão 3.2.4 Revised. A descrição da análise estatística é detalhada na Figura 9.

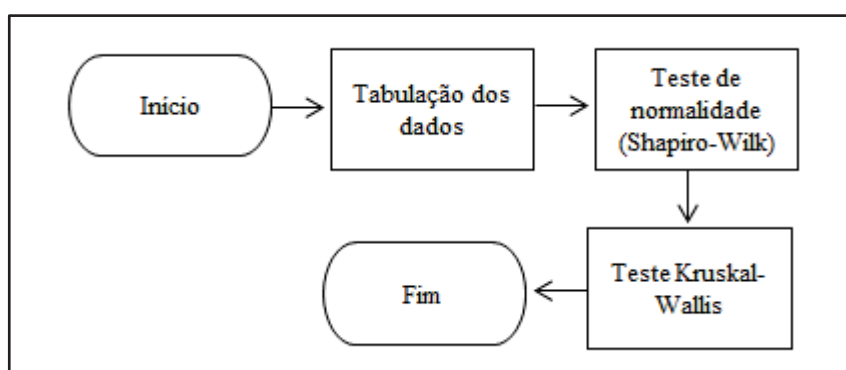


Figura 9 - Fluxograma da análise estatística empregada

Inicialmente os resultados dos cinco parâmetros analisados e os resultados dos IQA foram tabulados e em seguida, verificou-se a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilk utilizando o programa R. A comparação dos dados foi realizada por grupo

(14 no total, que corresponde ao número de pontos avaliados) a fim de verificar a existência de diferença significativamente entre os mesmos.

Os resultados do teste de Shapiro-Wilk indicaram que os grupos não apresentavam dados distribuídos normalmente. Por esse motivo, foi aplicado o teste Kruskal-Wallis (p -valor $< 0,05$). Os testes estatísticos foram realizados com um nível de significância de 5%. A discussão dos resultados foi realizada com base no referencial teórico bem como em normas e padrões de controle ambiental.

5. RESULTADOS

5.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS RIOS NAS CIDADES COM E SEM SISTEMA PÚBLICO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A Tabela 14 apresenta a faixa de variação e os resultados da análise estatística dos valores do parâmetro Coliformes Termotolerantes.

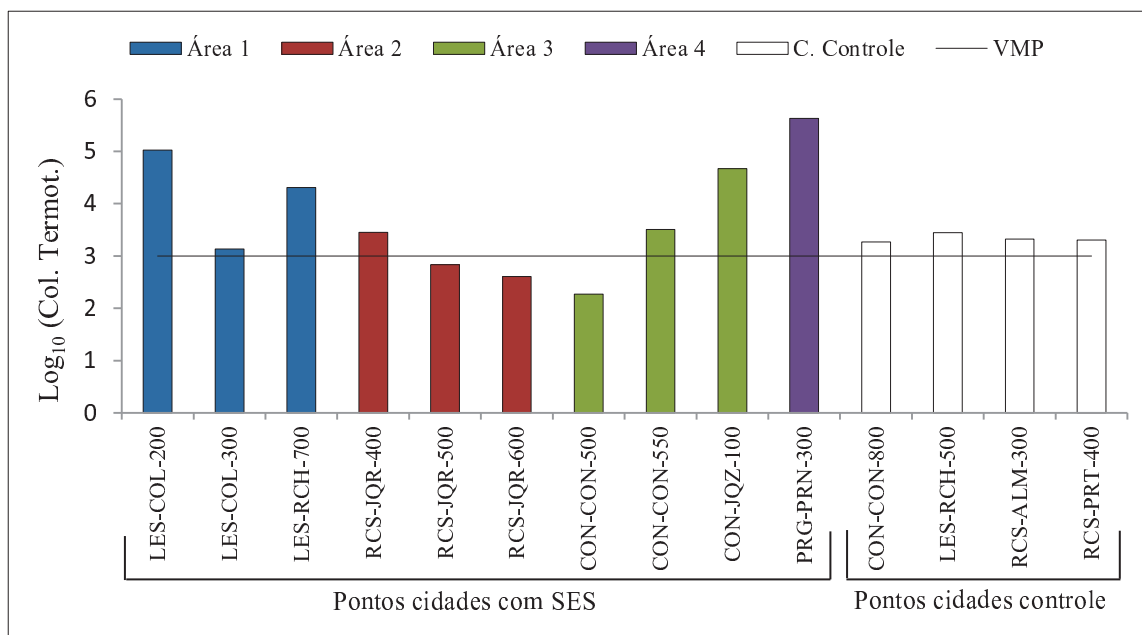
Tabela 14 - Faixa de variação e análise estatística do parâmetro Coliformes Termotolerantes – período 2008 a 2015

Localidade	Ponto	Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	
		Faixa de variação	Mediana
Área 1	LES-COL-200	$5,40 \times 10^3 - 5,79 \times 10^6$	4,806 ab
	LES-COL-300	$1,10 \times 10^2 - 7,00 \times 10^4$	3,114 fg
	LES-RCH-700	$7,00 \times 10^2 - 5,40 \times 10^5$	4,204 bc
Área 2	RCS-JQR-400	$1,70 \times 10^2 - 1,60 \times 10^4$	3,643 de
	RCS-JQR-500	$1,30 \times 10^2 - 1,60 \times 10^4$	2,681 gh
	RCS-JQR-600	$1,10 \times 10^2 - 7,00 \times 10^3$	2,519 h
Área 3	CON-CON-500	$8,00 \times 10^0 - 6,00 \times 10^4$	2,398 h
	CON-CON-550	$2,80 \times 10^1 - 1,60 \times 10^4$	4,070 d
	CON-JQZ-100	$4,90 \times 10^2 - 5,79 \times 10^7$	4,204 c
Área 4	PRG-PRN-300	$1,10 \times 10^3 - 5,30 \times 10^6$	6,065 a
Cidades controle	CON-CON-800	$7,80 \times 10^1 - 1,70 \times 10^4$	3,342 ef
	LES-RCH-500	$1,20 \times 10^2 - 1,7 \times 10^4$	3,582 de
	RCS-ALM-300	$1,00 \times 10^1 - 2,90 \times 10^4$	3,342 def
	RCS-PRT-400	$3,10 \times 10^1 - 1,60 \times 10^4$	3,380 def

Medianas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. Portanto, um ponto que possui uma ou mais letra igual a de outro ponto, tem concentração de Coliformes Termotolerantes igual do outro ponto. Dessa forma, os pontos LES-COL-200 e o ponto PRG-PRN-300, apresentam as mesmas concentrações de Coliformes Termotolerantes, por exemplo.

Verifica-se que as concentrações de Coliformes Termotolerantes oscilaram de $8,00 \times 10^0$ a $5,79 \times 10^6$ UFC/100mL. O menor valor foi encontrado no ponto CON-CON-500, monitorado no Rio de Contas, à montante da cidade de Jequié. Em contraposição, o maior valor ocorreu na cidade de Itororó, no ponto monitorado no Rio Colônia.

Na Figura 10 são apresentadas as médias do parâmetro Coliformes Termotolerantes e a comparação desses valores com a Resolução CONAMA n° 357/2005. Os resultados das médias foram obtidos a partir dos dados das campanhas realizadas durante o período de 2008 a 2015.



Nota: V.M.P: Valor Máximo Permitido

Figura 10 - Valores médios do parâmetro Coliformes Termotolerantes nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA n° 357/2005 para corpo d'água classe 2

Conforme pode ser observado, as maiores médias de Coliformes Termotolerantes foram encontradas nas cidades que apresentam sistemas públicos de esgotamento sanitário. A menor média foi 2,270 Log₁₀, no ponto CON-CON-500, localizado à montante da cidade de Jequié, no Rio de Contas, e a maior média ocorreu no ponto PRG-PRN-300, localizado na cidade de Feira de Santana, no Riacho Principal, cuja concentração foi 5,631 (Figura 10).

Valores com a mesma faixa de Coliformes Termotolerantes foram encontrados por Haberland et al. (2012) que também avaliaram águas no meio urbano e notaram lançamento de esgoto nos trechos do rio avaliado.

Ainda de acordo com a Figura 10, nota-se que as águas em todos os pontos monitorados na Bacia Hidrográfica do Rio de Cachoeira, das cidades com SES (Área 1 - pontos LES-COL-200, LES-COL-300 e LES-RCH-700) tiveram valores de Coliformes Termotolerantes superiores ao estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Os resultados das concentrações de Coliformes Termotolerantes nos pontos LES-COL-200 e LES-COL-300, ambos monitorados no Rio Colônia, nas cidades de Itororó e Itajú do Colônia, respectivamente, sinalizam que as águas tiveram uma melhora de montante à jusante, muito embora as concentrações nos dois pontos estejam em dissonância com a Legislação vigente.

Após a confluência do Rio Salgado com o Rio Colônia, é formado o Rio Cachoeira, no qual foram avaliados os pontos LES-RCH-500, monitorado na cidade de Itapé (cidade sem sistema de esgotamento sanitário) e o ponto LES-RCH-700, monitorado na cidade de Itabuna, cidade à jusante de Itapé e com SES. As águas do ponto LES-RCH-500 apresentam menor concentração de Coliformes Termotolerantes quando comparadas às do ponto LES-RCH-700, conforme Figura 10 e análise estatística aplicada (Tabela 14).

Tal resultado indica que ao passar pela cidade de Itabuna as águas tiveram uma piora em sua qualidade (com relação ao parâmetro Coliformes Termotolerantes), o que sugere ineficácia do sistema público de esgotamento sanitário nessa cidade, uma vez que os esgotos domésticos foram considerados a principal causa para as elevadas concentrações de Coliformes Termotolerantes nas águas dos pontos avaliados

Dos três pontos avaliados na Bacia Hidrográfica do Rio Jiquiriçá (Área 2 – pontos RCS-JQR-400, RCS-JQR-500 e RCS-JQR-600), apenas o ponto RCS-JQR-400, monitorado na cidade de Mutuípe, teve valor de Coliformes Termotolerantes acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os pontos à jusante da cidade de Mutuípe, RCS-JQR-500 e RCS-JQR-600, ambos monitorados na cidade de Laje, apresentaram águas com concentrações de Coliformes Termotolerantes em consonância com a Legislação vigente (Figura 10), sugerindo eficácia dos SES nessa cidade para este parâmetro.

Com relação às águas dos pontos monitorados na Bacia Hidrográfica do Rio de Contas, considerando a cidade de Jequié, a qual possui sistema público de esgotamento sanitário (Área 3 – pontos CON-CON-500, CON-CON-550 e CON-JQZ-100), verifica-se um decréscimo da qualidade da água ao chegar nessa cidade, considerando o parâmetro Coliformes Termotolerantes. .

Tal constatação é baseada no fato das águas do ponto CON-CON-500, localizado à montante da cidade de Jequié, possuir concentrações de Coliformes Termotolerantes inferiores às dos pontos CON-CON-550 e CON-JQZ-100 (ambos junto da cidade de Jequié), conforme pode ser observado na Figura 10 e Tabela 14.

Provavelmente, este resultado esteja relacionado à ineficácia do SES nessa cidade, o que também parece ocorrer na cidade de Feira de Santana, considerando os resultados do parâmetro Coliformes Termotolerantes no ponto PRG-PRN-300, monitorado no Riacho Principal (Figura 10).

Nas cidades de Itororó, Itajú do Colônia, Laje, Jequié, Ubaitaba, Itapé e Wenceslau Guimarães a população utiliza o rio para práticas recreativas, conformes informações do Relatório do Programa Monitora. Essas atividades podem ser comprometidas e expor a população à doenças relacionadas à água em função da presença dos Coliformes Termotolerantes. Evitar o aporte de esgotos nos corpos d'águas é uma alternativa para minimizar esses impactos.

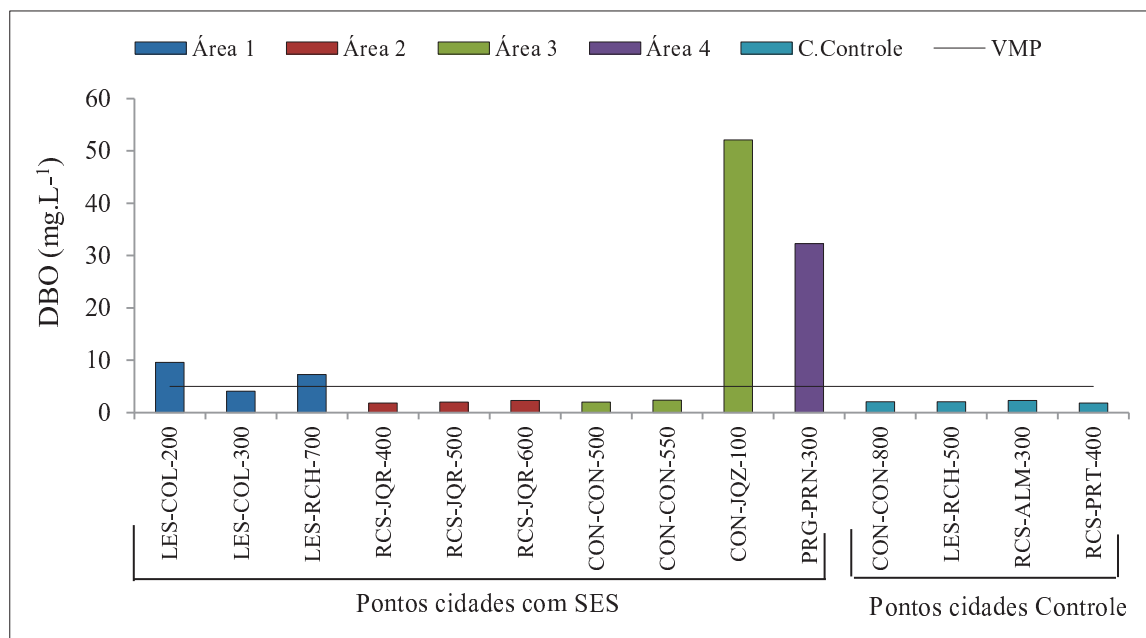
A faixa de variação das concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio e do Oxigênio Dissolvido, bem como os resultados da análise estatística aplicada a esses dois parâmetros são apresentados na Tabela 15. Verifica-se que as concentrações da DBO variaram de 1 a 274mg.L⁻¹ enquanto que para o parâmetro Oxigênio Dissolvido a faixa de variação foi de 0 a 25,3mg.L⁻¹.

Tabela 15 - Faixa de variação e análise estatística dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido – período 2008 a 2015

Localidade	Ponto	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L ⁻¹)		Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	
		Faixa de variação	Mediana	Faixa de variação	Mediana
Área 1	LES-COL-200	2,0 – 45,6	5.50 b	0,1 – 9,5	3,20 f
	LES-COL-300	1,0 – 20,8	2.00 cd	0,1 – 10,5	5,70 bc
	LES-RCH-700	2,0 – 26,1	4.00 b	0,1 – 8,5	3,60 ef
Área 2	RCS-JQR-400	1,0 – 4,0	2.00 e	3,0 – 8,8	5,10 bc
	RCS-JQR-500	1,0 – 3,5	2.00 de	1,0 – 9,6	5,10 bcd
	RCS-JQR-600	1,0 – 10,0	2.00 de	3,7 – 9,5	6,20 abc
Área 3	CON-CON-500	1,0 – 3,0	2.00 cde	2,9 – 18,0	6,20 ab
	CON-CON-550	1,0 – 4,8	2.25 c	0,1 – 11,4	5,85 bc
	CON-JQZ-100	1,0 – 274	8.00 ab	0,1 – 14,3	3,30 f
Área 4	PRG-PRN-300	6,6 – 85,0	24.30 a	0,0 – 25,3	3,95 def
Cidades controle	CON-CON-800	1,0 – 4,2	2.00 cde	2,0 – 11,2	5,22 cde
	LES-RCH-500	1,0 – 4,9	2.00 cde	3,2 – 10,5	7,40 a
	RCS-ALM-300	1,0 – 7,0	2.00 de	3,8 – 10,6	6,60 abc
	RCS-PRT-400	1,0 – 2,9	2.00 e	3,5 – 8,4	6,15 abc

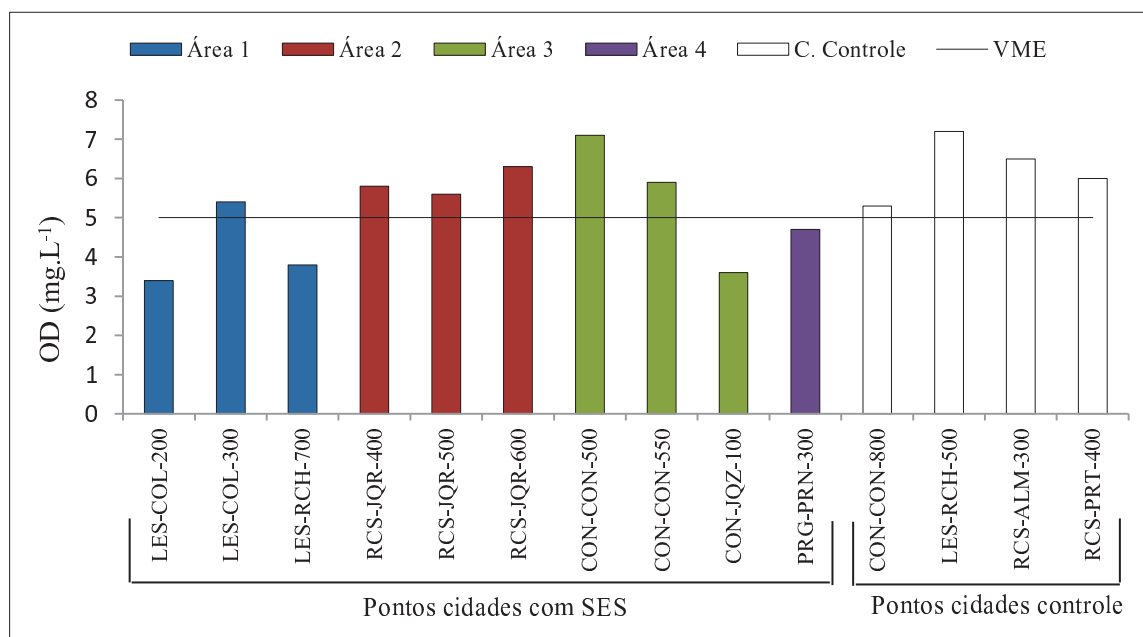
Medianas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. Portanto, um ponto que possui uma ou mais letra igual a de outro ponto, tem concentração igual a esse ponto. Dessa forma, os pontos LES-COL-200 e o ponto CON-JQZ-100, apresentam as mesmas concentrações de DBO, por exemplo.

Nas Figuras 11 e 12 são apresentados, respectivamente, os resultados das médias dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido bem como a comparação desses resultados com a Resolução CONAMA nº 357/2005.



Nota: V.M.P: Valor Máximo Permitido

Figura 11 - Valores médios do parâmetro DBO nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2



Nota: V.M.E: Valor Mínimo Exigido

Figura 12 - Valores médios do parâmetro DBO nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2.

Conforme esperado, os valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio foram inversamente proporcionais aos valores do Oxigênio Dissolvido. As médias da DBO variaram de $1,8\text{mg.L}^{-1}$ nos pontos RCS-JQR-400 e RCS-PRT-400 a $52,1\text{mg.L}^{-1}$ no ponto CON-JQZ-100; enquanto a menor média do Oxigênio Dissolvido foi $3,4\text{mg.L}^{-1}$, encontrada no ponto LES-COL-200 e a maior, $7,1\text{mg.L}^{-1}$, ocorreu no ponto CON-CON-500 (Figura 11 e 12).

As concentrações médias da DBO nos pontos CON-JQZ-10 e PRG-PRN-300 são consideradas bastante elevadas ao serem comparadas com as encontradas por Haberland et al (2012), visto que o maior valor desse parâmetros no estudo desenvolvido pelos autores foi $6,8\text{mg.L}^{-1}$.

Os valores médios do Oxigênio Dissolvido estão acima dos teores médios de OD ($3,85\pm 0,31\text{mg L}^{-1}$) relatados por Siqueira, Aprile e Miguéis (2012). Valores acima dos da presente pesquisa foram encontradas por Bayram et al. (2013) ao avaliarem a influência de águas residuais urbanas na qualidade de uma bacia na Província de Gumushane, Turquia.

Ainda de acordo com as Figuras 11 e 12, verifica-se que os piores resultados, tanto para a DBO como para o OD, foram notados nas cidades que apresentam sistema público de esgotamento sanitário, sugerindo ineficácia dos SES em algumas dessas localidades.

Observa-se que todos os pontos com concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido, em dissonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005, estão inseridos nas cidades com SES, enquanto todos os pontos das cidades sem sistema público de esgotamento sanitário apresentam resultados de DBO e OD em conformidade ao estabelecido por Lei (Figura 11 e 12).

De acordo com a Figura 11, nota-se que no Rio Colônia as concentrações de DBO diminuíram de montante à jusante, tendo em vista que o ponto LES-COL-200, localizado na cidade de Itororó, apresentou maior concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio que o ponto LES-COL-300, monitorado na cidade de Itajú do Colônia, à jusante de Itororó. O inverso foi verificado para o parâmetro Oxigênio Dissolvido (Figura 12).

E no Rio Cachoeira, as concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio aumentaram de montante à jusante, considerando os pontos LES-RCH-500 e LES-RCH-700. O primeiro ponto, localizado na cidade de Itapé, apresentou menor valor médio de DBO que o ponto LES-RCH-700 (Figura 11), monitorado na cidade de

Itabuna, à jusante de Itapé. Provavelmente, este resultado esteja relacionado à ineficiência dos SES na cidade de Itabuna.

Lucio, Santos e Silva (2012) encontraram valores médios de Oxigênio Dissolvido igual a $4,1 \pm 2,3 \text{mg.L}^{-1}$ no Rio Cachoeira, na cidade de Itabuna, a mesma onde o ponto LES-RCH-700 está localizado. Nesse ponto, a concentração média de Oxigênio Dissolvido foi $3,8 \text{mg.L}^{-1}$ (Figura 12), valor bastante próximo a dos autores supracitados.

No ponto LES-RCH-500, localizado na cidade Itapé, a concentração de Oxigênio Dissolvido foi igual a $7,2 \text{mg.L}^{-1}$ (Figura 12). Este valor é corroborado por Lucio, Santos e Silva (2012) que encontraram valor médio de Oxigênio Dissolvido igual a $7,7 \pm 1,3 \text{mg.L}^{-1}$, também no Rio Cachoeira, na cidade de Itapé.

Comportamento semelhante ao ocorrido no Rio Cachoeira foi verificado no Rio de Contas, considerando a cidade de Jequié. O ponto CON-CON-500, localizado à montante dessa cidade, apresentou menor valor médio de DBO que os dois pontos (CON-CON-550 e CON-JQZ-100) localizados junto à Jequié (Figura 11).

Este resultado indica que ao chegar na cidade de Jequié, as águas tiveram uma piora, tendo como base o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio. Portanto, o sistema público de esgotamento sanitário nessa cidade parece não ter a eficácia esperada. A mesma constatação é atribuída a cidade de Feira de Santana, considerando o alto valor médio da Demanda Bioquímica de Oxigênio no ponto PRG-PRN-300, monitorado no Riacho Principal (Figura 11).

Com relação às águas do Rio Jiquiricá, observa-se que não houve diferenças significativas nas concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido nesse rio, considerando os pontos RCS-JQR-400 – na cidade de Mutuípe e pontos RCS-JQR-500 e RCS-JQR-600, ambos na cidade de Laje, à jusante de Mutuípe, conforme pode ser observado nas Figuras 11 e 12 e Tabela 15.

Os resultados da DBO encontrados nas cidades de Mutuípe e Laje sugerem eficiência dos SES nessas localidades para esses dois parâmetros, uma vez que as concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido estão em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 11 e 12; Tabela 15).

Além da presença de esgotos domésticos nas águas dos trechos dos rios avaliados, foi relatada a presença de resíduos sólidos como papel, plástico, podas de árvores e dejetos de animais, conforme *Relatórios* do Monitora e o PEMAPES. Este fato contribui para o aumento da matéria orgânica na água e, por conseguinte, elevação da concentração de DBO nesses pontos.

De acordo com informações do Relatório do Programa Monitora, em todas as dez cidades avaliadas a população realiza pescaria nos rios. Esta atividade pode ser comprometida em situações onde há baixas concentrações de oxigênio nos corpos d'água, podendo afetar a subsistência e atividade econômica da população.

Na Tabela 16 são apresentadas as faixas de variação dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total e a análise estatística de ambos os parâmetros.

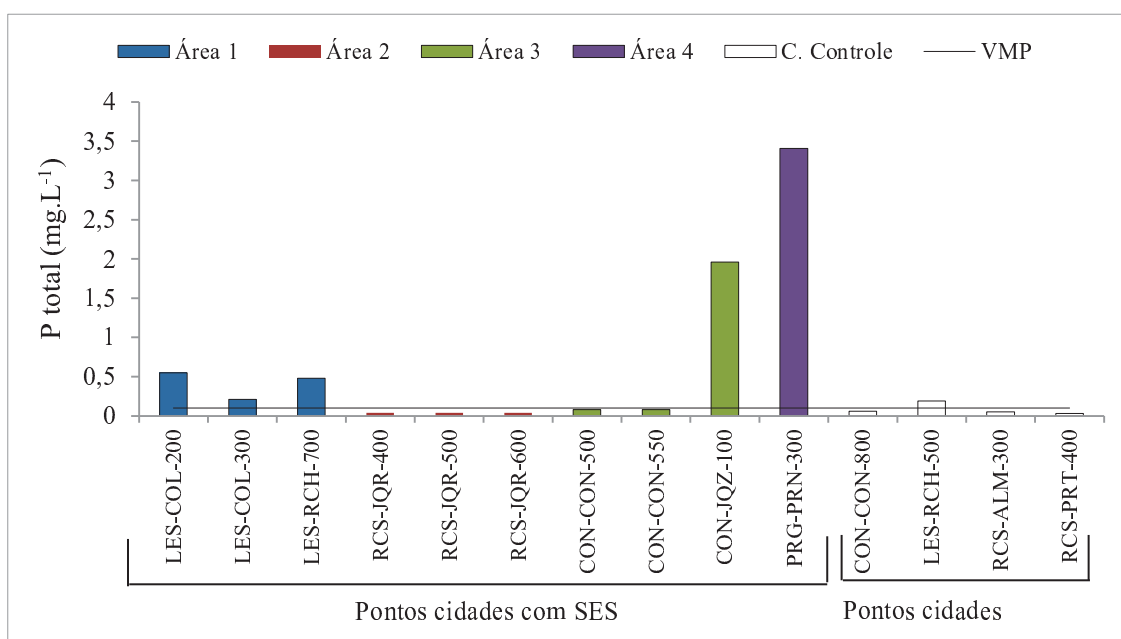
Tabela 16 - Faixa de variação e análise estatística dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total – período 2008 a 2015

Localidade	Ponto	Fósforo Total (mg.L ⁻¹)		Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	
		Faixa de variação	Mediana	Faixa de variação	Mediana
Área 1	LES-COL-200	0,03 – 2,24	0,40 b	1,2 – 22,8	4,00 bc
	LES-COL-300	0,02 – 0,78	0,16 c	0,6 – 20,0	1,30 d
	LES-RCH-700	0,02 – 1,51	0,48 b	0,8 – 13,0	3,90 c
Área 2	RCS-JQR-400	0,02 – 0,16	0,03 def	0,1 – 4,0	1,00 f
	RCS-JQR-500	0,02 – 0,15	0,03 ef	0,5 – 6,0	1,00 f
	RCS-JQR-600	0,02 – 0,14	0,03 f	0,4 – 5,7	1,00 ef
Área 3	CON-CON-500	0,02 – 0,36	0,04 de	0,2 – 4,0	1,00 f
	CON-CON-550	0,01 – 0,37	0,05 d	0,2 – 5,0	1,70 d
	CON-JQZ-100	0,04 – 7,13	1,04 a	2,0 – 69,0	8,20 ab
Área 4	PRG-PRN-300	0,31 – 6,37	3,08 a	1,0 – 120	43,00 a
	CON-CON-800	0,02 – 0,28	0,04 de	0,8 – 11,0	1,00 de
Cidades controle	LES-RCH-500	0,02 – 0,78	0,15 c	0,6 – 20,0	1,05 d
	RCS-ALM-300	0,02 – 0,12	0,05 d	0,2 – 4,0	1,00 def
	RCS-PRT-400	0,02 – 0,06	0,03 f	0,2 – 6,0	1,00 def

Medianas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. Portanto, um ponto que possui uma ou mais letra igual a de outro ponto, tem concentração igual a esse ponto. Dessa forma, os pontos RCS-JQR-400 e o ponto RCS-PRT-400, apresentam as mesmas concentrações de Fósforo Total, por exemplo.

A menor concentração de Fósforo Total, 0,01mg.L⁻¹, ocorreu no ponto CON-CON-550, monitorado no Rio de Contas, na cidade de Jequié, e a maior, 7,13mg.L⁻¹, foi notado no ponto CON-JQZ-100, monitorado no Rio Jequezinho, também na cidade de Jequié. Com relação ao Nitrogênio Total, os valores variaram de 0,1mg.L⁻¹, no ponto RCS-JQR-400, monitorado no Rio Jiquiriçá, na cidade de Mutuípe, a 120mg.L⁻¹, no ponto PRG-PRN-300, monitorado no Riacho Principal, na cidade de Feira de Santana.

Os resultados das médias dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total, bem como a comparação desses valores com a Resolução CONAMA nº 357/2005 são apresentados nas Figuras 13 e 14, respectivamente. Para ambos os parâmetros, constata-se que os piores valores médios foram encontrados nas cidades com sistema público de esgotamento sanitário.



Nota: V.M.P: Valor Máximo Permitido

Figura 13 - Valores médios do parâmetro Fósforo Total nos pontos avaliados (período 2008 a 2015) e comparação das médias com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpo d'água classe 2

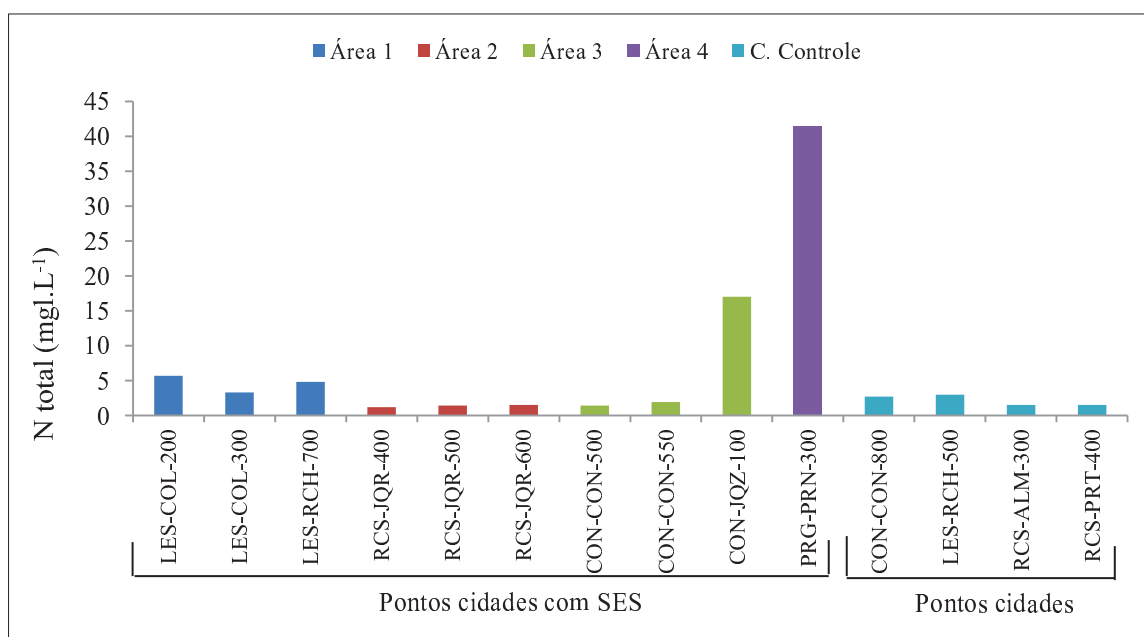


Figura 14 - Valores médios do parâmetro Nitrogênio Total nos pontos avaliados, período 2008 a 2015

As médias de Fósforo Total oscilaram entre $0,03\text{mg.L}^{-1}$ no ponto RCS-PRT-400, localizado na cidade de Wenceslau Guimarães, no Rio Preto, a $3,42\text{mg.L}^{-1}$ no ponto PRG-PRN-300, na cidade de Feira de Santana, no Riacho Principal, conforme pode ser verificado na Figura 13. Concentrações similares ao do ponto RCS-PRT-400 foram encontradas por Schneider et al. (2011).

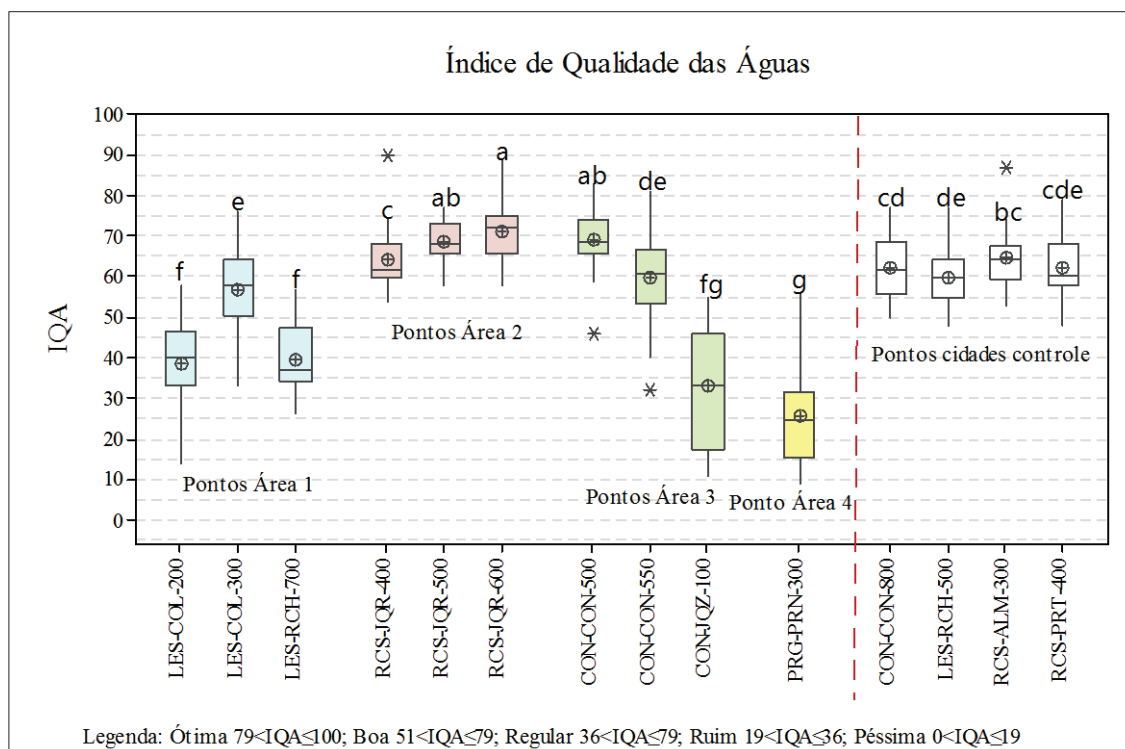
Por sua vez, a menor concentração média de Nitrogênio Total, $1,2\text{mg.L}^{-1}$, foi notado no ponto RCS-JQR-400, monitorado no Rio Jiquiriçá, na cidade de Mutuípe, ao passo que o maior valor médio, $41,4\text{mg.L}^{-1}$, ocorreu no ponto PRG-PRN-300, na cidade de Feira de Santana, no Riacho Principal (Figura 14). Tais resultados são considerados elevados quando comparados com a média $0,20\pm 0,05\text{mg.L}^{-1}$ encontrada por Siqueira et al. (2012).

Com relação ao comportamento das concentrações de Fósforo Total e Nitrogênio Total nos rios avaliados, verifica-se o mesmo comportamento ocorrido com parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Considerando os parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total, tem-se que os resultados nos pontos monitorados no Rio Colônia (LES-COL-200 e LES-COL-300) sinalizam uma melhora das águas nesse corpo d'água; os resultados nos pontos monitorados no Rio Cachoeira (LES-RCH-500 e LES-RCH-700) e os resultados nos pontos do Rio de Contas, pertencentes a cidade de Jequié, (CON-CON-500, CON-CON-550 e CONN-JQZ-100) indicam uma piora das águas nesses rios; os resultados nos pontos monitorados no Rio Jiquiriçá (RCS-JQR-400, RCS-JRQ-500 e RCS-JQR-600) sugerem que as águas nesses pontos não sofreram alteração significativa; e o valor médio no ponto PRG-PRGN-300, monitorado no Riacho Principal, sinaliza águas com altas concentrações de fósforo e nitrogênio (Figura 13 e 14; Tabela 16).

A respeito dos resultados encontrados para os parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total, deve-se frisar que o excesso desses dois nutrientes na água pode acelerar o processo de eutrofização, o que pode impossibilitar atividades recreativas e comprometer a comunidade de peixes.

A Figura 15 apresenta o gráfico *boxplot* com os resultados e a análise estatística dos IQA referentes aos 14 pontos monitorados nas 10 cidades selecionadas. Tais resultados foram obtidos a partir dos dados das campanhas realizadas durante o período de 2008 a 2015.



Nota: Pontos que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. Portanto, um ponto que possui uma ou mais letra igual a de outro ponto, tem valor de IQA igual a esse ponto.

Figura 15 - Valores médios do IQA e análise estatística nos pontos avaliados, período 2008 a 2015

Verifica-se que o menor valor de IQA foi 9, no ponto PRN-PRG-300, monitorado no Riacho Principal, na cidade de Feira de Santana. Este resultado indica que as águas nesse ponto foram classificadas como “péssima”. Águas com a mesma classificação foram encontradas em um trecho urbano do Rio Belém, Curitiba-PR, conforme estudo de Bollmann e Edwiges (2008).

No ponto RCS-JQR-600, monitorado no Rio Jiquiriçá, na cidade de Laje, foi observado o maior valor de IQA (89), sinalizando que as águas, com esse valor de IQA, foram classificadas como “ótima”. Contudo, é importante frisar que este resultado não retrata a realidade das águas nesse ponto, visto que o valor médio aí foi 72 (Figura 15).

As médias de IQA variaram de 26 (águas classificadas como “ruim”) no ponto PRG-PRN-300, monitorado no Riacho Principal, na cidade de Feira de Santana a 72

(águas classificadas como “boa”) no ponto RCS-JQR-600, no Rio Jiquiriçá, na cidade de Laje. Portanto, em nenhum dos 14 pontos avaliados as águas foram classificadas como “ótima” ou “péssima”, considerando as médias dos IQA (Figura 15).

Ainda de acordo com a Figura 15, verifica-se que os menores valores de IQA, estão localizados nas cidades com sistema público de esgotamento sanitário. Em contraposição, todos os pontos das cidades sem SES tiveram águas classificadas como “boa”.

Provavelmente os menores valores de IQA tenham ocorrido principalmente devido ao lançamento de esgoto doméstico nas águas dos trechos dos rios avaliados. Discussão dos resultados dos IQA nas cidades avaliadas será realizada no tópico a seguir.

5.2 QUALIDADE DA ÁGUA DOS RIOS E SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS CIDADES AVALIADAS

A Tabela 17 apresenta a população atendida com rede coletora de esgoto nas cidades avaliadas. Constate-se que as cidades que possuem o maior percentual de população urbana atendida com rede coletora de esgoto são Jequié, Mutuípe e Itororó, cujos IARE urbano são, respectivamente 96, 89,4 e 88%. Estes valores estão acima da média nacional, 57,6%, e da média da região Sudeste, 83,3% (SNIS, 2014), considerada a mais elevada no que tange o índice de atendimento de rede de esgoto no meio urbano no País.

Tabela 17 - População atendida pelos serviços públicos de esgotamento sanitário nas cidades avaliadas

Município	Prestador	Pop. Total** (a)	Índice de atendimento com rede de esgotos (IARE)				
			Pop. Urbana** (b)	Pop. Atendida (c)	Pop. Urbana atendida (d)	Pop. Total (%) (c/a)	Pop. Urbana (%) (d/b)
Itororó*	SAAE	21.106	19.183	16.890	16.890	80,0	88,0
Itajú do Colônia	EMBASA	7.428	5.955	3.288	3.288	44,3	55,2
Itabuna	EMASA	218.925	213.551	148.645	148.005	67,9	69,3
Mutuípe	EMBASA	22.742	10.241	9.158	9.158	40,3	89,4
Laje	EMBASA	23.682	6.486	2.911	2.911	12,3	44,9
Jequié	EMBASA	161.150	147.921	142.037	142.037	88,1	96,0

Feira de Santana	EMBASA	612.000	561.418	319.473	319.473	52,2	~ 42***
Ubaitaba	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Itapé	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Wenceslau Guimarães	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I

* Não possui dados do último diagnóstico (SNIS,2014), portanto utilizou-se do ano anterior (SNIS 2013);
 A população refere-se ao ano de referência (2013 ou 2014), conforme estimativas do IBGE S.I: sem informação; *Refere-se ao percentual da bacia (na cidade de Feira de Santana) onde o ponto PRG-PRN-100 está inserido

Fonte: BRASIL (2016) (SNIS 2013 e 2014)

Contudo, os resultados de IQA (Figura 15) revelam que não foi necessariamente nessas três cidades que as águas apresentaram melhor qualidade. Ao contrário, o ponto CON-JQZ-100, monitorado no Rio Jequezinho, na cidade de Jequié e o ponto LES-COL-200, monitorado no Rio Colônia, inserido na cidade de Itororó, foram uns dos pontos que tiveram os menores valores de IQA.

Este fato sugere que além do percentual de população atendida com rede de esgoto, outras variáveis também devem ser concomitantemente analisadas. Assim, a Tabela 18 apresenta dados referentes à coleta e ao tratamento de esgotos nas cidades avaliadas que possuem sistema público de esgotamento sanitário.

Tabela 18 - Volumes e índices de coleta e tratamento de esgotos nas cidades avaliadas

Cidade	Vol. de esgotos coletado (1.000 m ³ /ano)	Vol. de esgotos tratado (1.000 m ³ /ano)	Índice de coleta de esgoto (%)	Índice de tratamento de esgoto (%)
Itororó*	1.662,42	0	100	0
Itajú do Colônia	120,71	120,7	53,94	100
Itabuna	12.965,01	2.180,05	83,24	24,26
Mutuípe	300,67	300,67	89,17	100
Laje	116,68	116,68	59,58	100
Jequié	5.461,66	5.461,66	94,29	100
Feira de Santana	14.339,49	14.339,49	76,02	100
Ubaitaba	-	-	-	-
Itapé	-	-	-	-
Wenceslau Guimarães	-	-	-	-

* Não possui dados do último diagnóstico (SNIS,2014), portanto utilizou-se do ano anterior (SNIS,2013)
 Fonte: SNIS, 2013, SNIS, 2014

Conforme Tabela 18, a cidade de Itororó é a única que não trata seus esgotos, apesar de possuir 100% de coleta, segundo dados obtidos do SNIS. Provavelmente, isto

explica por que esta cidade apresenta águas com um dos menores valores de IQA (Figura 15), embora tenha um elevado percentual de população atendida com rede de esgoto no meio urbano (Tabela 17). Deve-se frisar que o alto percentual de coleta de esgoto na cidade de Itororó (Tabela 18) talvez não retrate a realidade da cidade, uma vez que a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – Pnad e o PEMAPES apontam que nesta cidade há outras formas de coleta de esgotos, a exemplo de fossas.

. De acordo com informações do PEMAPES, na cidade de Itororó não há sistema público de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto. Os resultados de IQA (Figura 15), bem como os resultados dos cinco parâmetros analisados (Figura 10 a 14), indicam que o SES nessa cidade não apresenta a eficácia esperada, influenciando em sua efetividade com possíveis reflexos na qualidade das águas nesse corpo d'água.

Uma alternativa para a melhoria da qualidade das águas do Rio Colônia na cidade de Itororó seria a ampliação do sistema público de esgotamento sanitário a partir do aproveitamento da rede de águas pluviais existente, observados os inconvenientes relacionados ao sistema misto (refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, e não tratamento total dos esgotos combinados).

Além dessas dificuldades, devem ser observados os desafios técnicos, institucionais, ambientais e econômicos da implantação do sistema misto no Estado da Bahia, discutidos por Machado, Borja e Moraes (2013). O SES deve prever o tratamento da maior parte dos esgotos combinados gerados, tendo em vista que a falta de tratamento dos esgotos na cidade de Itororó parece ser a principal causa para a deterioração da qualidade das águas do Rio Colônia nessa localidade.

Diante da impossibilidade de se tratar, em estações de tratamento de esgoto – E.T.E, toda a parcela do esgoto combinado gerado, principalmente em períodos chuvosos, o sistema misto deve possuir dispositivos de *by-pass*. O volume não tratado nas E.T.E deve ser submetido a tratamentos naturais, a exemplo de *wetlands* ou lagoas de estabilização, antes do lançamento dos efluentes no corpo receptor.

De forma gradual, o sistema misto deve ser substituído pelo sistema separador absoluto e ser definido um sistema de drenagem urbana para a condução das águas pluviais. Essa prática somente poderá ser implementada considerando a realidade socioeconômica e ambiental da cidade de Itororó.

Com relação à cidade de Itajú do Colônia, foi verificado uma melhora na qualidade da água no Rio Colônia, considerando o ponto LES-COL-200, localizado na cidade de Itororó, e o ponto LES-COL-300, inserido na cidade de Itajú do Colônia,

ambos monitorados no meio urbano e no mesmo rio (Rio Colônia). No ponto monitorado na cidade de Itororó, a água foi classificada como “Regular” passando à classificação “Boa” ao chegar na cidade de Itajú do Colônia (Figura 15).

É provável que a explicação para este resultado esteja relacionado ao maior percentual de tratamento de esgoto na cidade de Itajú do Colônia, quando comparado à cidade de Itororó (Tabela 18), ainda que este alto percentual de tratamento de esgoto na cidade de Itajú do Colônia talvez não retrate a realidade local.

A melhoria na qualidade da água do Rio Colônia, ao chegar na cidade de Itajú do Colônia, sugere efetividade do SES nessa cidade, muito embora outros fatores também possam ter contribuído para esse resultado, a exemplo da diluição dos poluentes nas águas do ponto LES-COL-200 ao longo do rio até de chegarem ao ponto LES-COL-300.

A fiscalização de ligações irregulares no sistema separador absoluto da cidade de Itajú do Colônia, bem como a ampliação do sistema, em paralelo ao aumento do percentual de coleta e tratamento dos esgotos nessa cidade, podem contribuir para a efetividade do SES e melhoria da qualidade das águas do Rio Colônia na cidade de Itajú do Colônia.

As cidades de Itabuna, Feira de Santana e Jequié parecem não possuir sistemas públicos de esgotamento sanitário efetivos, considerando os resultados dos IQA (Figura 15) e dos parâmetros analisados (Figura 10 a 14). Nessas cidades, há SES do tipo separador absoluto, os quais, em algumas ocasiões, são convertidos em sistema misto ao receber águas pluviais devido à ligações irregulares (BAHIA, 2010).

Possivelmente esta situação ocorra em virtude de apenas uma parcela da população ser beneficiada com o sistema considerado como o ideal (sistema separador absoluto), enquanto a outra parcela faz uso de outras alternativas para manejo e disposição dos esgotos nessas três cidades (fossa e infiltração - nem sempre construída e operada de forma correta; a céu aberto/sarjeta ou diretamente no corpo receptor), conforme informações do PEMAPES.

Nesse cenário, apenas uma parcela do esgoto gerado seria coletado e tratado, ao passo que a outra parcela talvez não receba o manejo e disposição ambientalmente adequada. É necessário que toda a população seja atendida com efetivos serviços de esgotamento sanitário.

Basicamente, para a melhoria dos SES e possível melhora da qualidade das águas nos trechos dos rios nas três cidades supracitadas talvez seja necessária a realização dos

mesmos procedimentos sugeridos para a cidade de Itororó (ampliação dos SES, aproveitando as estruturas de drenagem urbana; maior percentual de coleta e tratamento de esgotos; e gradual substituição do sistema misto pelo sistema separador absoluto com fiscalização de ligações irregulares).

Diante das deficiências dos SES nas cidades de Itabuna, Feira de Santana e Jequié, torna-se necessário que tanto a prefeitura como a prestadora de serviços públicos se reúnam na tentativa de resolver o problema que é a contaminação das águas dos corpos d'águas em cada uma dessas localidades. Uma alternativa seria tentar captar recursos de órgãos ligados à conservação ambiental, a exemplo do Ministério do Meio Ambiente.

Tais recursos deveriam ser aplicados não em obras estruturais, mas em medidas estruturantes como campanhas de educação ambiental para população com o intuito de explicar os impactos causados nos rios devido às ligações irregulares de esgoto. Além disso, devem ser aclaradas as consequências negativas que os resíduos sólidos podem trazer tanto para o sistema de águas pluviais como para o SES, e seus reflexos nas águas dos rios.

Chama atenção o fato de que o Riacho Principal, monitorado por meio do ponto PRG-PRN-300, na cidade de Feira de Santana, ser um corpo d'água que nasce dentro da cidade e que possui em toda sua extensão sistema público de esgotamento sanitário, mas ainda assim apresenta águas com baixa qualidade. O mesmo ocorre com o Rio Jequiezinho, monitorado pelo ponto CON-JQZ-100, na cidade de Jequié.

Os satisfatórios resultados dos IQA (Figura 15) e dos cinco parâmetros analisados (Figuras de 10 a 14) nas cidades de Mutuípe e Laje, indicam efetividade dos sistemas público de esgotamento sanitário nessas cidades. O baixo percentual de população residente no meio urbano (Quadro 3) e o possível efeito da diluição dos poluentes ao longo do Rio Jiquiriçá, são fatores que também podem ter influenciado para a boa qualidade das águas nos pontos avaliados nessas cidades (Figura 15).

Com relação ao fato das cidades sem sistemas de esgotamento sanitário possuírem resultados mais favoráveis quanto à qualidade da água dos rios, quando comparada às cidades com SES, é apresentada a seguir uma possível explicação. Ocorre que em localidades sem SES, as soluções destinadas à disposição final dos esgotos sanitários não permitem que tais contribuições atinjam as águas superficiais como os rios. Em grande parte, são adotadas soluções individuais, como fossas e infiltração no solo. Com exceção de Itapé, as demais cidades controle utilizam esse tipo de solução como forma

de manejo e destinação final dos esgotos (BAHIA, 2010). Deve-se frisar que nada se pode afirmar da qualidade das águas subterrâneas nessas cidades sem SES

5.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS E INDICADORES DE QUALIDADE DOS SES USUAIS COM RELAÇÃO AOS 3ES

Nesse tópico foi avaliada a relação entre a qualidade das águas dos rios no meio urbano e os indicadores de qualidade dos SES usuais no que se refere à efetividade. Para tanto, foram utilizados os dados da Tabela 19, uma vez que esta apresenta a ampliação dos SES nas cidades que dispõem desses serviços.

Os dois indicadores utilizados para ilustrar a ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário foram extensão de rede de esgoto (km) e quantidade de ligações ativas de esgoto (ligações), tendo em vista que são estes os costumeiramente utilizados para traduzirem a qualidade dos SES. A qualidade da água dos rios se deu por meio da análise dos IQA.

Tabela 19 - Extensão de rede de esgoto e quantidade de ligações ativas de esgotos nas cidades avaliadas – período 2008 a 2014

Município	Ano	Extensão da rede de esgotos (km)	Quant. de ligações ativas de esgotos (ligações)	IARE** população urbana (%)
Itororó*	2010	5,0	689	15,2
	2013	57,0	7.227	88,0
Itajú do Colônia	2010	14,03	692	39,2
	2014	14,21	1.091	55,2
Itabuna	2008	302,5	29.407	68,4
	2014	333,0	35.239	69,3
Mutuípe	2008	24,95	2.141	73,9
	2014	26,55	2.983	89,4
Laje	2008	7,43	799	45,5
	2014	26,55	2.983	44,9
Jequié	2008	254,2	31.081	77,7
	2014	453,79	45.782	96,0
Feira de Santana	2008	451,27	51.452	38,1
	2014	548,6	93.370	56,9
Ubaitaba	S.I	S.I	S.I	S.I
Itapé	S.I	S.I	S.I	S.I
Wenceslau Guimarães	S.I	S.I	S.I	S.I

* Não possui dados do último diagnóstico (SNIS,2014), portanto utilizou-se do ano anterior (SNIS,2013);S.I: sem informação.

Fonte: BRASIL (2016) (SNIS 2008, 2010 e 2014). IARE: Índice de Atendimento de Rede de Esgoto

Conforme Tabela 19, a extensão de rede de esgotos na cidade de Itororó teve aumento significativo. Em 2010 era de 5km, passando para 57km no ano de 2013. Acompanhando a mesma tendência, a quantidade de ligações ativas de esgoto passou de 689 para 7.227, considerando os anos de 2010 e 2013, respectivamente.

Todavia, tais ampliações não resultaram necessariamente na melhoria da qualidade das águas no Rio Colônia, tendo como referência o ponto LES-COL-200, monitorado na cidade de Itororó. Isso porque, apesar do valor médio do IQA ter oscilado de 22 para 50 após ampliação do SES, deve-se notar que em 2015 a água foi classificada como “ruim” (valor médio de IQA igual a 34) (Figura 16).

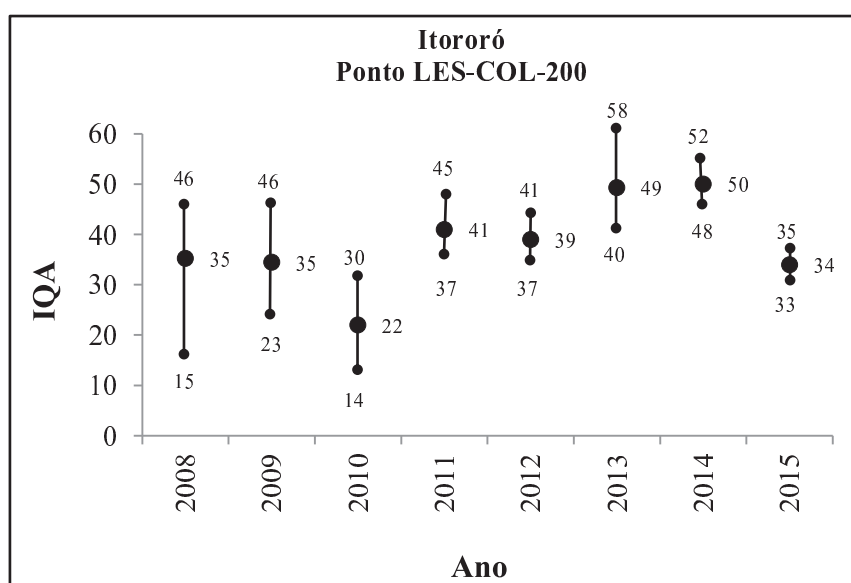


Figura 16 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-COL-200, monitorado na cidade de Itororó, durante os anos de 2008 a 2015

Com relação a Itajú do Colônia, verifica-se que ao se analisar o intervalo estudado, 2010 e 2013, a extensão da rede de esgoto passou de 14,03 para 14,21 km, ao passo que a quantidade de ligações ativas de rede de esgoto teve um aumento de 27,42% (Tabela 19). Avaliando-se conjuntamente os resultados do IQA do ponto LES-COL-300 (inserido na cidade de Itajú do Colônia, monitorado no Rio Colônia) com a ampliação do SES, nota-se que a qualidade da água passou de “boa” para “regular”, considerando os valores médios conforme Figura 17. Em síntese, o aumento do número de ligações e extensão de rede de esgoto não melhorou a qualidade da água em Itajú do Colônia. O mesmo é notado na cidade de Feira de Santana, considerando o ponto PRG-PRN-300, monitorado no Riacho Principal (Figura 18).

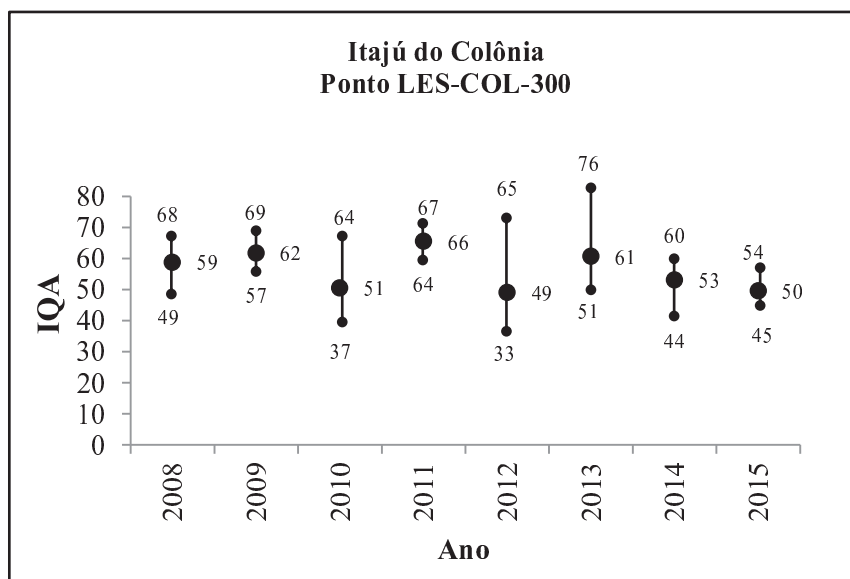


Figura 17 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-COL-300, monitorado na cidade de Itajú do Colônia, durante os anos de 2008 a 2015

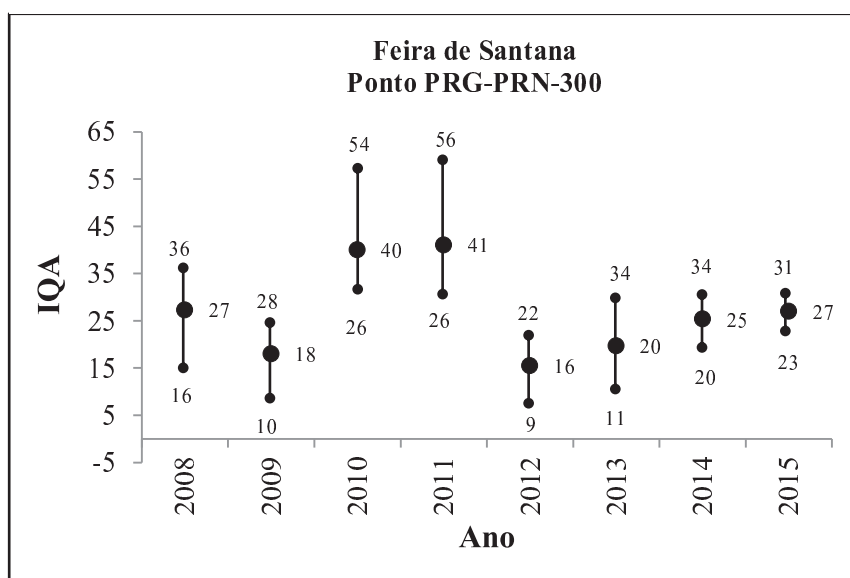


Figura 18 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto PRG-PRN-300, monitorado na cidade de Feira de Santana, durante os anos de 2008 a 2015

Dentre as cidades com SES, Itabuna foi uma das que teve menor ampliação do sistema público de esgotamento sanitário, tendo como base os dois indicadores avaliados (Tabela 19). Similarmente ao ocorrido na cidade de Itororó, os valores médios de IQA na cidade de Itabuna oscilaram desde a classificação “boa” até a “ruim”, após a ampliação do sistema (Figura 19). Portanto, não houve um padrão e continuidade deste nos valores de IQA, considerando os valores médios.

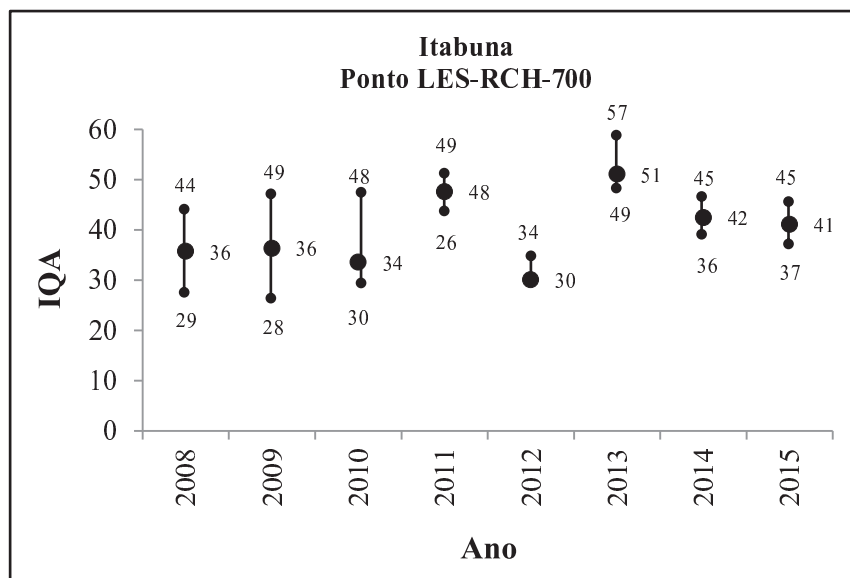


Figura 19 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto LES-RCH-700, monitorado na cidade de Itabuna, durante os anos de 2008 a 2015

No caso de Laje, cuja cidade possui dois pontos de monitoramento (LES-JQR-500 e LES-JQR-600, ambos monitorados no Rio Jiquiriçá), constata-se que a qualidade da água do rio manteve-se com classificação “boa”, considerando as médias de IQA, em todos os anos avaliados (Figura 20 e 21), mesmo havendo ampliação do sistema ano período de 2008 a 2014 (Tabela 19). As águas de Mutuípe apresentaram o mesmo comportamento (Figura 22), com a diferença que a ampliação do SES foi muito menor a de Laje (Tabela 19).

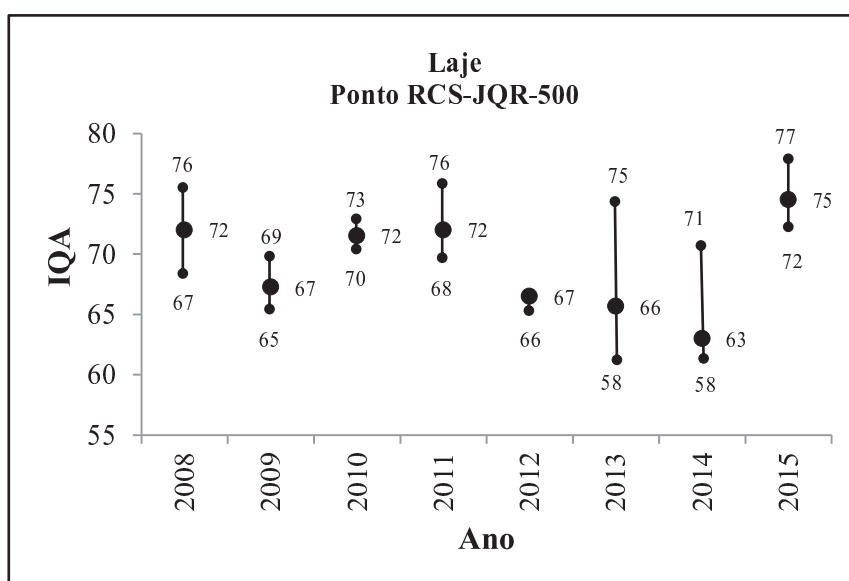


Figura 20 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-500, monitorado na cidade de Laje, durante os anos de 2008 a 2015

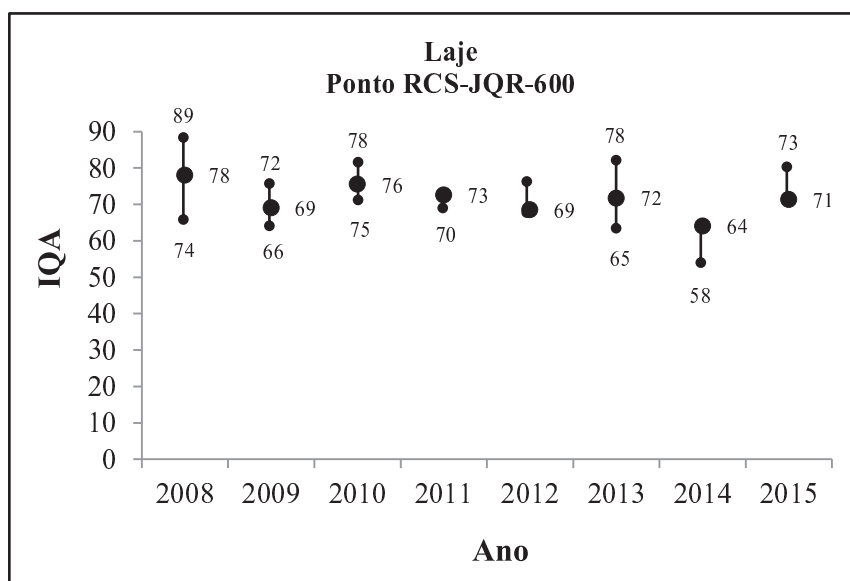


Figura 21 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-600, monitorado na cidade de Laje, durante os anos de 2008 a 2015

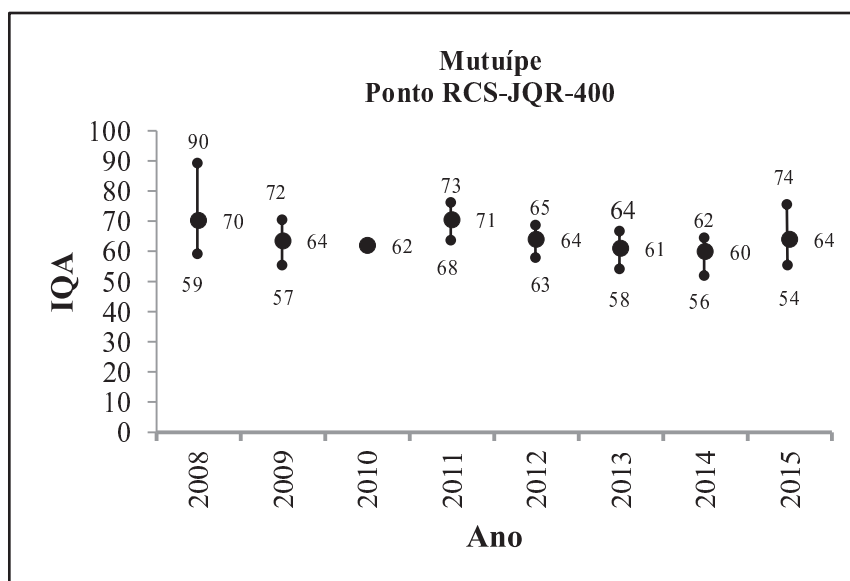


Figura 22 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto RCS-JQR-400, monitorado na cidade de Mutuípe, durante os anos de 2008 a 2015

Diferentemente do que ocorreu com os pontos da cidade de Laje, os da cidade de Jequié, CON-CON-550 e CON-JQZ-100, monitorados no meio urbano, no Rio de Contas e Jequezinho, respectivamente, tiveram resultados divergentes. O primeiro ponto possui águas classificadas, majoritariamente, como “boas”, ao passo que as do

ponto CON-JQZ-100 oscilaram desde a classificação “péssima” a “boa” (considerando os valores médios de IQA), após a ampliação do SES (Figura 23 e 24; Tabela 19).

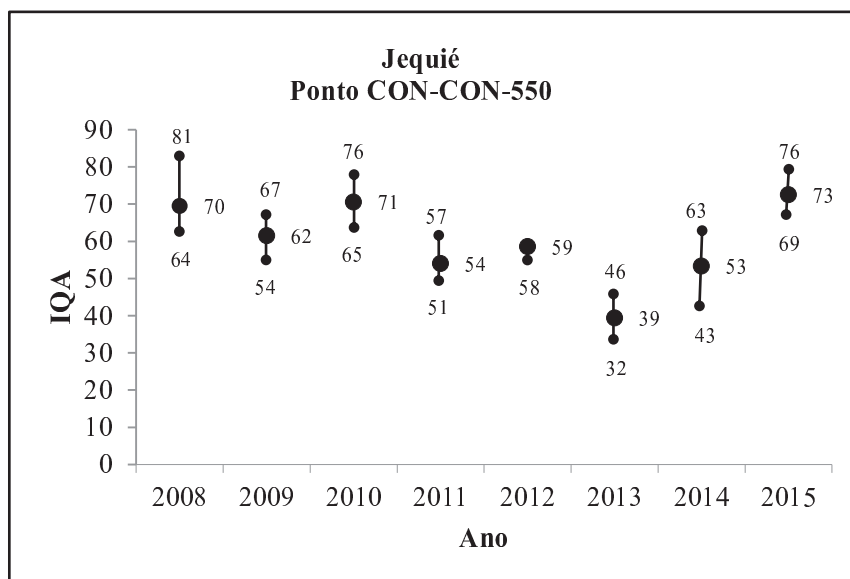


Figura 23 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto CON-CON-550, monitorado na cidade de Jequié, durante os anos de 2008 a 2015

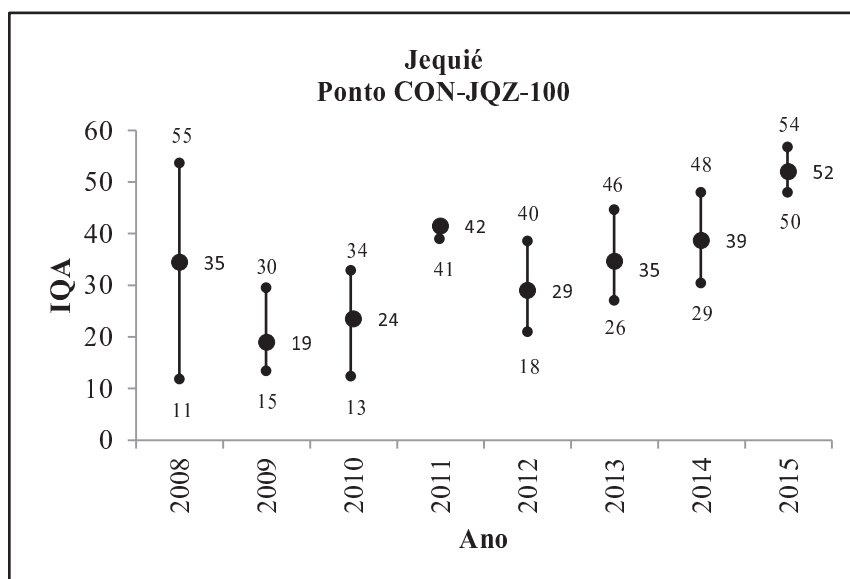


Figura 24 - Valor mínimo, valor máximo e valor médio dos valores de IQA no ponto CON-JQZ-100, monitorado na cidade de Jequié, durante os anos de 2008 a 2015

De acordo com os resultados aqui apresentados, verifica-se que ocorreram diversos casos de oscilações não padronizadas na qualidade das águas dos pontos avaliados, antes e após a ampliação dos SES. Nesse sentido, não foi possível estabelecer

uma associação direta entre os dois indicadores e a qualidade da água nos trechos dos rios nas cidades com SES durante o período estudado.

Cunha et al. (2013) apresentaram resultados semelhantes ao desse trabalho. Os autores constataram que entre os anos 2005 a 2009 as águas dos rios e reservatórios do Estado de São Paulo não tiveram uma tendência de melhora. Uma busca na série histórica do SNIS apontou que nesse intervalo, a extensão da rede de esgoto e o número de ligações na capital paulista tiveram um aumento de 35 e 28%, respectivamente. Relação análoga ocorreu na pesquisa conduzida por Cunha et al. (2004).

Um estudo de âmbito estadual desenvolvido por Moraes et al. (2012) também corrobora com os resultados encontrados na presente pesquisa. De acordo com os dados analisados pelos autores, datados de 2007 a 2009, os rios de Salvador apresentaram precárias condições ambientais, mesmo após investimentos na área de saneamento básico. Com base nos dados da série histórica do SNIS, verificou-se que a extensão de rede de esgoto teve um acréscimo de 102,02 km ao passo que o número de ligações passou de 294.220 para 351.887 na cidade de Salvador, tendo como base o período analisado pelos pesquisadores.

Conforme foi notado na presente pesquisa, os dois indicadores utilizados para ilustrar a ampliação dos serviços públicos de esgotamento sanitário não apresentaram resultados coerentes com os valores de IQA nas cidades avaliadas. Em outras palavras, a ampliação dos SES, pautada nos indicadores extensão de rede de esgoto (km) e quantidade de ligações ativas de esgoto (ligações), não resultou na melhoria e continuidade da qualidade das águas nos trechos dos rios das cidades selecionadas.

Face a esta constatação, conclui-se que os dois indicadores não traduzem com efetividade a qualidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário prestados à população nas localidades estudadas, o que denota a necessidade de incluir demais indicadores para lograr a finalidade desejada. A seguir, são sugeridos alguns indicadores.

Conforme constatado ao longo dessa pesquisa, os esgotos domésticos foram apontados como uma das principais causas da poluição dos rios avaliados. Nesse sentido, torna-se necessário o uso de indicadores que apontem a presença dessas contribuições sanitárias nos corpos receptores. Portanto, recomenda-se avaliar os parâmetros DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes, OD e todas as formas de P e N. Destaca-se que os dois últimos parâmetros (P e N), além de sugerirem a presença de

esgotos nas águas dos rios, também podem explicar altos valores de N e P, em localidades onde se observa atividades agrícolas e pastoris.

A esta lista de indicadores, devem-se incluir aqueles que permitam avaliar quantitativamente o aporte de esgotos domésticos nos corpos d'águas. Assim, é preciso investigar o percentual da população atendida pelos serviços públicos de esgotamento sanitário, o percentual de coleta de esgoto, o percentual de tratamento de esgoto, percentual de atendimento da ETE ao padrão de lançamento, muito embora se reconheça que tais valores podem ser mascarados pelas ligações irregulares e descarte de esgoto direto nos corpos d'águas.

Como forma de controle social, é recomendável verificar o total de reclamações (nº/1000hab./ano) e resposta às reclamações (%). Estes indicadores foram sugeridos por Von Sperling e Von Sperling (2013). As características da bacia também podem influenciar diretamente na qualidade das águas dos rios. Por esse motivo, deve-se avaliar o percentual de remoção de mata ciliar e o percentual de áreas ocupadas por assentamentos informais (habitações sub-normais ou Zonas de Interesse Social - ZEIS), conforme sugestão de Cerqueira e Moraes (2009). Oscilações de vazão no rio ao longo do ano também pode influenciar na qualidade da água, em decorrência da menor ou maior capacidade de diluição dos poluentes.

Finalmente, é necessário o uso de indicadores de fácil entendimento por parte da população para fins de educação ambiental. Alguns desses são elencados na Resolução CONAMA nº 357 e foram citados por Bollmann e Edwiges (2008), a saber: (a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; (b) óleos e graxas: virtualmente ausentes; (c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes; (d) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes; e (e) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes. Bollmann e Edwiges (2008) sugerem também o uso do IQA.

Os indicadores a serem utilizados para expressarem a qualidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário devem considerar, sobretudo, as características locais. De nada adiantará o gestor propor a utilização de indicadores que estejam em dissonância com a realidade socioeconômica e ambiental da cidade.

Uma boa alternativa para a seleção dos indicadores é inserir nessa etapa aqueles que irão fazer uso desses serviços, isto é, a população. Somado às experiências e vivências dos moradores, é necessária também a opinião de especialistas nesse assunto,

os quais são detentores de conhecimentos técnicos imprescindíveis para a efetividade dos SES.

6. CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento da presente pesquisa foi avaliada a qualidade das águas em trechos de rios no meio urbano em dez cidades da Bahia. Os dados de monitoramento da qualidade da água dataram de 2008 a 2015, ao passo que os dos sistemas de esgotamento sanitário foram dos anos de 2008 a 2014. No total foram monitorados 14 pontos (quatro pontos em 3 cidades sem SES e 10 pontos em 7 cidades com sistema de esgotamento sanitário). Com base nos resultados encontrados, conclui-se que:

- Todos os pontos monitorados nas cidades sem sistema de esgotamento sanitário apresentaram águas classificadas como “boa”. Quatro, dos 10 pontos monitorados nas cidades com SES, tiveram água ou classificada como “regular” ou classificada como “ruim”.
- As cidades com maior percentual de população urbana atendida com rede de esgoto não foram as que apresentaram águas dos rios com melhor qualidade, possivelmente devido à incompleta coleta e o não tratamento de todo o esgoto gerado.
- Acredita-se que as ligações irregulares de esgoto, bem como o lançamento de contribuições sanitárias diretamente nos corpos receptores tenham sido as principais causas para os menores valores de IQA.
- Provavelmente, as intervenções indicadas para a melhoria dos SES e possível melhoria da qualidade das águas nos trechos dos rios seria a realização dos seguintes procedimentos: i) ampliação dos SES aproveitando as estruturas de drenagem urbana; ii) maior percentual de coleta e tratamento de esgotos; e iii) gradual substituição do sistema misto pelo sistema separador absoluto com fiscalização de ligações irregulares, com observância dos aspectos locais, econômicos, cultural, ambiental e institucional.
- Os indicadores quantidade de ligações e extensão de rede de esgoto não traduziram com eficiência, eficácia e efetividade a qualidade dos serviços públicos de esgotamento sanitário prestados nas cidades avaliadas. Essa afirmação está pautada no fato de que, mesmo havendo ampliação dos SES com base nesses dois

indicadores, não houve necessariamente melhoria da qualidade da água dos corpos d'água.

- Indicadores como Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, todas as formas de Fósforo e Nitrogênio e IQA são recomendados para avaliar a qualidade dos SES, uma vez que indicam a degradação dos ambientes aquáticos.

Deve-se frisar que durante a realização desse trabalho foram encontradas algumas limitações. Não foi possível, por exemplo, encontrar no banco de dados do Programa Monitora, pontos de monitoramento à montante, junto e à jusante de uma mesma cidade no. Apenas a cidade de Jequié possui pontos de monitoramento à montante e junto à cidade; contudo, não tem ponto à jusante. Nas demais, existe apenas pontos junto à cidade, o que não permitiu saber a qualidade da água antes de chegar ao meio urbano e após passar pela cidade. Nesse caso, a qualidade da água à jusante foi verificada por meio de dados da cidade à jusante que estava localizada no mesmo rio.

Outra limitação do trabalho diz respeito à impossibilidade de ida a campo nas cidades avaliadas, com exceção da cidade de Feira de Santana. Em detrimento desse fato, não foi possível avaliar *in loco* as estruturas e o funcionamento dos sistemas públicos de esgotamento sanitário. As discussões foram embasadas em dados secundários, provenientes do SNIS e do PEMAPES, principalmente.

7. REFERÊNCIAS

- AKOACHERE, J.F.T.K.; OMAN, L.A.; MASSALA, T.N. Assesment of the relationship between bacteriological quality of dug-wells, hygiene behavior and well characteristics in two cholera endemic localities in Douala, Cameroon, *BMC Public Health*, v.13, p, 692 – 706. 2013.
- ALA-HARJA, M.; HELGASON, S. Em Direção às Melhores Práticas de Avaliação. Brasília, *Revista do Serviço Público*, v. 51, n. 4, 2000.
- ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JR., H.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. *Performance indicators for water supply services*. 2. ed. London: IWA Publishing, 2006. 312 p.
- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R. *Performance indicators for water supply services*. London: IWA Publishing. 160 p, 2000.
- ALLMANNA, E.; PANB, L.; LI, L.; LI, D.; WANG, S.. Presence of enteroviruses in recreational water in Wuhan, China. *Journal of Virological Methods*. v. 193, p. 327–331, 2013.
- ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.
- ANDREAZZI, M.A.R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 22, n. 3, p. 211-217, 2007.
- BAHIA, GOVERNO DO ESTADO. 2001. Superintendência de Recursos Hídricos - Universidade Estadual de Santa Cruz. Caracterização do Meio Físico. Programa de Recuperação das Bacias dos Rios Cachoeira e Almada. Ilhéus: Volume I, Tomo I, 76 pp.
- BAHIA. *Plano Estadual de Manejo de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário*. TOMO VIII – Sinopse do Diagnóstico. Bloco I. 2010. Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Desenvolvimento Urbano. Disponível em: <http://www.sedur.ba.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2015.
- BAHIA. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/>. Acesso em: 23 fev. 2015.
- BAHIA. Lei Nº 10.432 de 20 de dezembro de 2006. *Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências*. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Legislacao/Leis/Lei10432.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2015.

BAHIA. LEI Nº 12.212 DE 04 DE MAIO DE 2011. *Modifica a estrutura organizacional e de cargos em comissão da Administração Pública do Poder Executivo Estadual, e dá outras providências.* Disponível em: <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Historico/LEI12212.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

BAHIA. LEI Nº 10.431, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2006. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 dez. 2006.

BALASSIANO, R. et al. Transporte e Qualidade de Vida. *Transporte*. Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 21-37, jun. 1993.

BAYRAM, A.; ÖNSOY, H.; BULUT, V.N.; AKINCI, G. Influences of urban wastewaters on the stream water quality: a case study from Gumushane Province, Turkey. *Environ Monit Assess*. v.185, p.1285–1303, 2013.

BASTOS, M.A. Avaliação da eficiência da ETE compacta e sua influencia no Ribeirão Capivari em Ingleses, Florianópolis/SC. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2012.

BATISTA, M. A. N.. Estudo de caso: *JIQUEIRIÇÁ – Gestão Participativa dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Jiquiriçá; os 25 Municípios da bacia do Jiquiriçá-BA.* Supervisão de Marlene Fernandes. Coordenação de Carlos Alberto Silva Arruda. Rio de Janeiro: IBAM/CAIXA, 2003.

BAILEY, I.W.; ARCHER, L. The impact of the introduction of treated water on aspects of community health in a rural community in Kwazulu-Natal, South Africa. *Water Sci Technol*. v.50, n.1, p.105–114, 2004.

BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: Uma Descrição das Principais Ferramentas de Avaliação. *Ambiente & Sociedade*. v. 2, n. 1, 2003.

BELLONI, I.; MAGALHÃES, H.; SOUSA L. C. *Metodologia de Avaliação em políticas públicas*. São Paulo: Cortez Editora, 2003. 96 p.

BENVENUTI, T.; KLAUCK, C. R.; RODRIGUES, M. A. S. Evaluation of water quality at the source of streams of the Sinos River Basin, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* (Impresso), v. 75, p. 98-104, 2015.

BHUTTA, Z.A.; AHMED, T.; BLACK, R.E., et al. What works? Interventions for maternal and child undernutrition and survival. *Lancet*. v. 371, p. 417 - 440, 2008.

BOLLMANN, H. A.; EDWIGES, T. Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba-PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 13, nº 4. p. 443-452, 2008.

BORJA, P. C. *Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana - Uma Contribuição Metodológica*. Salvador, 1997. 254f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, 1997.

BORJA, P. C.; MORAES, L., R., S. Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte I – aspectos conceituais e metodológicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 8, n. 1, p. 13-25, 2003.

BRANCO, S.M. Aspectos institucionais e legais do controle da população. In: PORTO, R. L.L. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: EDUSP, Associação Brasileira de Recursos Hídrico, 1991.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 11 dez. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização PanAmericana da Saúde. Avaliação do impacto na saúde das ações de saneamento. Marco conceitual e estratégia metodológica. Brasília: Ministério da Saúde. 2004, 116p.

BRASIL. *Programa de Aceleração do Crescimento - PAC*. 2º Balanço - 2007. 2007. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/pac/relatorios/nacionais/2o-balanco>>. Acesso em 25 mar. 2014.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Técnica de auditoria: indicadores de desempenho e mapa de produtos*. Brasília: Tribunal de Contas da União, 2000.

BRASIL (2015a). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/index.php>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

BRASIL (201). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/sobre-o-ibge/o-que-e-censo>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

BRASIL (2015). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/saneamento.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2015.

BRASIL (2015). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNBS. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2012/default_sintese.shtm>. Acesso em 13 de mar. 2015.

BRASIL. RESOLUÇÃO nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 12 fev. 2016.

BRISCOE, J. Abastecimento de água y servicios de saneamento; sus función en la revolución de la supervivencia infantil. In: *BOLETIN DE LA OFICINA SANITÁRIA PANAMERICA*. v. 103, n.4, p. 325 - 314, 1987.

CARVALHO C. F.; FERREIRA AL.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. *Revista da Escola de Minas*, v.57. n.3, p.165 – 172, 2004

CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. F.; CAMARGO, R. A.; MOREIRA NETO, R. F. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.

CARNEIRO, F.F.; CIFUENTES, E.; TELLEZ-ROJO, M.M.; ROMIEU, I. The risk of *Ascaris lumbricoides* infection in children as an environmental health indicator to guide preventive activities in Caparao and Alto Caparao, Brazil. *Bull World Health Organ*.v.80, n.1, p.40 - 46, 2002.

CASTRO, L.M.A.; BAPTISTA, M.B.; BARRUD. Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.14, n.4, p. 113 - 123, 2009.

CERQUEIRA, E.C.; MORAES, L.R.S. A legislação ambiental e urbanística no trato dos rios urbanos: uma análise crítica. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste., IX, 2008, Salvador. *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 2008, CD-Rom.

CERQUEIRA, E.C.; MORAES, L.R.S. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos de gestão de rios urbanos: uma proposta teórica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009, Rio de Janeiro. *Anais...* Pernambuco: ABES, 2009, CD-Rom.

CHIAVENATO, I. *Introdução à Teoria Geral da Administração*. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CHECKLEY, W., R.H. GILMAN, R.E. BLACK, et al. Effect of water and sanitation on childhood health in a poor Peruvian peri-urban community. *Lancet* v.363, p. 112–118, 2004.

CLARK, B., McKENDRICK, M. A review of viral gastroenteritis. *Curr Opin Infect Dis*. v. 17, p. 461 – 469, 2004.

COHEN, E.; FRANCO, R. *Avaliação de Projetos Sociais*. Petrópolis, Vozes, 2004.

CIFUENTES, E.; SUAREZ, L.; SOLANO, M.; SANTOS, R. Diarrheal diseases in children from a water reclamation site in Mexico city. *Environ Health Perspect*.v.110, n.10, p. 619 - 643, 2002.

COSTA, M.F.L. Um modelo hierárquico de análise das variáveis socioeconômicas e dos padrões de contato com águas associados à forma hepatoesplênica da esquistossomose. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, p. 241 - 253, v. 10, n. 2, 1994.

COMUNE, A. E.; CAHPINO, A.C.C.; RIZZIERI, J. A. B. Indicadores de qualidade de vida. In: LONGO, C. A. RIZZIERI, J. A. B. (org.). *Economia urbana; custos de urbanização e finanças públicas*. São Paulo: IPE/USP, 1982.

COPATTI, C. E.; SCHIRMER, F. G.; MACHADO, J. V. V. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Sul do Brasil. *Perspectiva*, v. 34, n. 125, p. 79-91, 2010.

CORDEIRO, M.R.A.; MORAES, L.R.S. Influência da Urbanização na condição hídrica da Bacia do Rio do Cobre em Salvador – Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVIII; 2009, Campo Grande. *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 2009, CD-Rom.

COSTA, M.F.L. Um modelo hierárquico de análise das variáveis socioeconômicas e dos padrões de contato com águas associados à forma hepatoesplênica da esquistossomose. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, p. 241 - 253, v. 10, n. 2, 1994.

CUNHA, A.C.; CUNHA, H, F.A.; BRASIL JÚNIOR, A.C.P.; DANIEL, L.A.; SCHULZ, H,E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no Baixo Amazonas: o caso de Amapá. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 9, n. 4, p. 322-3288, 2004.

CUNHA, C. *Avaliação de políticas públicas e programas governamentais: tendências recentes e experiências no Brasil*. Trabalho elaborado durante o curso “The Theory and Operation of a Modern National Economy”, ministrado na George Washington University, no âmbito do Programa Minerva, em 2006. Digitalizado.

CUNHA, D.G.F; CALIJURI, M.C.; LAMPARELLI, M.C.; JR MENEGON, N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 18, n. 2, p. 159-168, 2013.

DIAS, A.P. *Análise da interconexão dos sistemas de esgotos sanitários e pluvial da Cidade do Rio de Janeiro: Valorização das coleções hídricas sob perspectiva sistêmica*. Dissertação de Mestrado, PEAMB/UERJ, Rio de Janeiro, 2003. 244 p.

DIAS, A.P.; ROSSO, T.C.A. Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto – separador absoluto – na cidade do Rio de Janeiro. *ENGEVISTA*. v. 13, n. 3. p. 177-192, 2011.

EBIARE, E.; ZEIJÃO, L. Water quality monitoring in Nigeria; Case Study of Nigeria’s industrial cities. *Journal of American Science*. v. 6, n. 4, p. 28-29, 2010.

ESREY, S.A. Water, waste, and well-being: amulticountry study. *Am J Epidemiol*. v. 143, p. 608 – 623, 1996.

FERNANDES, Carlos. *Esgotos Sanitários.*, João Pessoa: Ed. Univ./UFPB, 1997, 435p. Reimpressão jan/2000.

FESTI, A.V. Águas de chuva na rede de esgoto sanitário – suas origens, interferências e consequências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande-MS. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2005. 1 CD-ROM.

FENN, B., BULTI, A. T., NDUNA, T., et al. An evaluation of an operations research project to reduce childhood stunting in a food-insecure area in Ethiopia. *Public Health Nutr.* v. 15, p. 1746 - 1754, 2012.

FIGUEIREDO, M.; FIGUEIREDO, A. Avaliação política e avaliação de políticas: um quadro de referência teórica. *Análise e Conjuntura*. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1986.

FLOOD, J. Urban and housing indicators. *Urban Studies.* v. 34, p. 1635 -1666, 1997.

FONTES, M. *A validação e avaliação de impacto social*. 2005. Disponível em: <www.socialtec.org.br>. Acesso em: 30 mar. 2015.

FONTES, I.B.M.; ARAÚJO, Q.R. Eficiência na remoção de coliformes na estação de tratamento de esgoto de Ilhéus (Bahia). *Geografia*, v. 17, n.1, p. 127-136, 2008.

GABARDO, E. *Princípio Constitucional da Eficiência Administrativa*. São Paulo: Dialética, 2002.

GALVÃO JÚNIOR, Alceu de C.; SOBRINHO, Geraldo B.; SAMPAIO, Camila C. *A informação no contexto dos planos de saneamento básico*. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2010.

GARCIA, S.; GUERRERO, M. Indicadores de sustentabilidad ambiental en La gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvário, Tandil, Argentina. *Rev. geogr. Norte Gd.*, v.35, p.45-57, 2006.

GHELMAN, S. *Adaptando o balanced scorecard aos preceitos da nova gestão pública*. 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão pela Qualidade Total) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental. *FAPAM*, ano2, n.1, 2003.

GOFTI-LAROCHE, L.; GRATACAP-CAVALLIER, B.; GENOULAZ, O.; JORET, J.C, HARTEMANN, P.; SEIGNEURIN, J.M. A new analytical tool to assess health risks associated with the virological quality of drinking water (EMIRA study). *Water Sci Technol.* v.43, n.12, p.39 - 48, 2001.

GULIS, G. Life expectancy as an indicator of environmental health. *Eur J Epidemiol.*v, 16, n.2, p.161–166, 2000.

GULIS, G.; KROSS B.C. Drinking water, mortality, and life expectancy: an assessment of the eastwest mortality gap in Europe. *Cent Eur J Public Health*. v.7, n.4, p. 191 - 197, 1999.

GUTIERREZ, G.; REYES ,H.; FERNANDEZ, S.; PEREZ, L.; PEREZ-CUEVAS, R.; GUISCAFRE, H. Impacto de los servicios de salud, el saneamiento y la alfabetización en la mortalidad de menores de cinco años. *Salud Publica Mex*. v.41, n.5, p.368 - 375, 1999.

GURNELL, A.M; LEE, M. T, SOUCH, C. Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change. *Geog Compass*. v. 1, n.5, p.1118 - 1137, 2007.

HABERLAND, N.T.; SILVA, F.C.B.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; VIDAL, C.M.S.; CAVALLIN, G.S. Análise da influência antrópica na qualidade da água do trecho urbano do Rio das Antas na cidade de Irati, Paraná. *Revista Tecnológica*. v. 21. p. 53-67, 2012.

HAMMER, M.J. *Sistemas de abastecimento de água e esgotos*. Tradução de Sergio A.S. Almeida. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

HARAMOTO, E.; KATAYAMA, H.; OGUMA, K.; OHGAKI, S. Application of cation-coated filter method to detection of noroviruses, enteroviruses, adenoviruses, and torque teno viruses in the Tamagawa River in Japan. *Appl Environ Microbiol*. v. 71, p. 2403 – 2411, 2005.

HARAMOTO E.; KATAYAMA H.; OHGAKI S. Quantification and genotyping of torque teno virus at a wastewater treatment plant in Japan. *Appl Environ Microbiol*. n. 74, p.7434–7436, 2008.

HAWKES, H.A. Invertebrates as indicators of river water quality. In: *Biological Indicators of Water Quality* (James, A. e Evison, L. Editores). London. John Willey and Sons Ltda., 1979, p. 21 a 45.

HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*. v. 3, n.2, p.73-84, 1998.

HELLER, L.; NASCIMENTO, N. O. Pesquisa e desenvolvimento na área de saneamento no Brasil: necessidades e tendências. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p.24-35, 2005.

HELLER, P. G. B.; Von SPERLING, M.; HELLER, L. Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa. *Rev. Eng. Sanit. Ambient.*, v. 14, n. 1, p. 109-118, 2009.

HOUAISS, I. A. *Dicionário Eletrônico Houaiss da língua portuguesa*. Editora Objetiva, 2002.

HUBBARDA, B.; SARISKYA, J.; GELTING, R.; BAFFIGO, V.; SEMINARIO, R.; CENTURION, C. A community demand-driven approach toward sustainable water and sanitation infrastructure development. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. v. 214, p. 326–334, 2011.

JOLLANDS, N.; HARMSWORTH, G. Participation of indigenous groups in sustainable development monitoring: Rationale and examples from New Zealand. *Ecological Economics*. v. 62, p. 716–726, 2007.

JUNIOR RODRIGUES, F.; CARVALHO, S.L. Avaliação da qualidade das águas na microbacia dos córregos Gavanhery e Lambari no município de Getulina, SP. *HOLOS Environment*. v. 10, n.2, p. 180 - 194, 2010.

KONIG, R.; SUZIN, C.R.H.; RESTELLO, R.M.; HEPP, L.U. Qualidade das águas de riacho da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 3, p. 84-93, 2008.

KLEIN, R.D. Urbanisation and stream quality impairment. *Water Res Bull*. v. 15, p. 948 - 963, 1979.

KITAJIMA, M.; HARAMOTO, E.; PHANUWAN, C.; KATAYAMA, H. Prevalence and genetic diversity of Aichi viruses in wastewater and river water in Japan. *Appl Environ Microbiol*. v. 77, p. 2184–2187. 2011

KRAN, F.; FERREIRA, F.P.M. Qualidade de vida na cidade de Palmas – TO: uma análise através de indicadores habitacionais e ambientais urbanos. *Ambiente & Sociedade*. v. 9, n. 2, p.123 - 141, 2006.

KREWSKI, D.; BALBUS, J.; BUTLER-JONES, D.; HAAS, C.; ISAAC-RENTON, J.; ROBERTS, K, et al. Managing the microbiological risks of drinking water. *J Toxicol Environ Health A*. v.26, n. 67, p. 1591–617, 2004.

LE GUYADER, F.S., ATMAR, R.L., Viruses in shellfish. In: A. (Ed.). *Human Viruses in Water*. Perspectives in Medical Virology. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2007, p. 205 – 226.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LIN, A.; ARNOLD, B. F.; S. AFREEN, et al. Household environmental conditions are associated with enteropathy and impaired growth in rural Bangladesh. *Am J Trop Med Hyg*. v. 89, p.130 - 137, 2013.

LOPES, W.S.; RODRIGUES, A.C.L.; FEITOSA, P.H.C.; COURA, M.A.; BARBOSA, D.L. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 21, n. 1, p. 01-10, 2015.

LOTF, S.; KOOHSAR, I. M. J. Analyzing Accessibility Dimension of Urban Quality of Life: Where Urban Designers Face Duality Between Subjective and Objective Reading of Place. *Soc Indic Res.* v. 94, p. 417 – 435, 2009.

LUCIO, M.Z.T.P.Q.; SANTOS, S.S.; SILVA, D.M.L. Hydrochemistry of Cachoeira River (Bahia State, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.* v. 24, n. 2. P. 181 – 192, 2012.

MACHADO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e oportunidades para implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. *Revista GESTA.* v. 1, n.2, p. 234 – 250, 2013.

MARANS, R. W. Quality of urban life & environmental sustainability studies: Future linkage opportunities. *Habitat International.* v. 45, p. 47 – 52, 2015.

MATSUMOTO, T.; RACANICCHI, R.M.Z.V. *Influência da implantação de estação de tratamento de esgoto na qualidade de um corpo receptor em área urbana.* In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, VI., 2002, Vitória: SIBESA, 2002.

McCARTHY, N.; JONG, B.; ZIESE, T.; SJOLUND, R.; HJALT, C.A, GIESECKE, J. Epidemiological explanation of an outbreak of gastro-enteritis in Sweden in the absence of detailed microbiological information. *Eur J Epidemiol.*v.14, n.7, p. 711 - 718, 1998.

MENDONÇA, M.J.C; MOTA, R.S. Saúde e Saneamento. *Revista de Planejamento e Políticas Públicas.* Brasília, v.30, p. 15 – 30, 2007.

MERCHANT, A.T.; JONES, C.; A. KIURE, et al. Water and sanitation associated with improved child growth. *Eur J Clin Nutr.* v. 57, p. 1562 - 1568, 2003.

MIHRETE, T. S.; ALEMIE, G. A.; TEFERRA, A. S. Determinants of childhood diarrhea among underfive children in Benishangul Gumuz Regional State, North West Ethiopia. *BMC Pediatrics.* v. 14, n. 1, p. 102 – 111, 2014.

MIRANDA, A. B.; TEIXEIRA, B. A. Indicadores para o Monitoramento da Sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.* v. 9, n.4 , p. 269 – 279, 2004.

MOYNIHAN, M. A.; BAKER D. M.; MMOCHI, A. J. Isotopic and microbial indicators of sewage pollution from Stone Town, Zanzibar, Tanzania. *Marine Pollution Bulletin.* v. 64, p. 1348–1355, 2012.

MOLINARI, A. Panorama mundial. In: GALVÃO JUNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para prestação de serviços de água e esgoto.* Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda. ARCE, 2006. p. 54-74.

MORAES L.R.S.; CANCIO, JA.; CAIRNCROSS, S. Impact of drainage and sewerage on intestinal nematode infections in poor urban areas in Salvador, Brazil. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.* v. 98, 197–204, 2004.

MORAES, L. R. S. Acondicionamento e coleta de resíduos sólidos domiciliares e impactos na saúde de crianças residentes em assentamentos periurbanos de Salvador, Bahia, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, v.23, p.643-649, 2007.

MORAES, L.R.S.; ALVARES, M.L.P.; SANTOS, F.P.; COSTA, N. Saneamento e Qualidade das Águas dos Rios em Salvador, 2007-2009. *Revista Interdisciplinar de Gestão Social – RIGS*. v.1, n.1, p. 47 – 60, 2012.

MORO, M.; BRERETON, F.; FERREIRA, S.; CLINCH, J. P. Ranking quality of life using subjective well-being data. *Ecological Economics*. v. 65, p. 448 – 460, 2008.

NACIF, P. G. S.; COSTA, L. M.; SAADI, A.; FERNADES-FILHO, E. I.; KER, J. C.; COSTA, O. V.; Moreau, M. S. *Ambientes naturais da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira*. Artigo extraído da Tese (Doutorado no Departamento de Solos). UFV, Viçosa – MG, 2003.

NAHAS, M. I. P.; MARTINS, V. L. A. *O índice de qualidade de vida urbana para Belo Horizonte - IQVU/BH: a elaboração de um novo instrumento de gestão municipal*. In: CONGRESSO DA ANPUR, 1995, Brasília. *Anais...* Brasília: ANPUR, 1995.

NGURE, F. M.; REID, B M.; HUMPHREY, J. H.; MBUYA, M. N.; PELTO, GR.; STOLTZFUS, R. J. Water, sanitation, and hygiene (WASH), environmental enteropathy, nutrition, and early child development: making the links. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* v. 1308, p. 118–128, 2014.

NGURE, F. *Environmental Hygiene, Food Safety and Growth in Less than Five Year Old Children in Zimbabwe and Ethiopia*. 133 Ithaca: Cornell University, 2012.

OLIVEIRA, C.N.; CAMPOS, V.P.; MEDEIROS. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Salitre. *Quim. Nova*. v. 33, n. 5, p. 1059 – 1066, 2010.

ORNSTEIN, S. *Avaliação pós-ocupação do ambiente construído*. São Paulo: Studio Nobel/ EDUSP, 1992.

ORRICO S.R. M. Sistema associativo de saneamento e seus efeitos sobre a população em comunidades do semi-árido baiano [tese de doutorado]. São Paulo (SP): Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2003.

O Sistema de Coleta de Esgotos Tipo Unitário é uma Solução. Sapesp, São Paulo: Revista DAE, n. 180. p 40 – 43, 2009.

OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q.T.; SHINDE, D.; HUANG, C.H. Assessment of seasonal variations in surface. *Water Research*. v. 40, p. 3800 – 3810, 2006.

PATTANAYAK, SK.; POULOS, C.; YANG, JC.; PATLI, S. How valuable are environmental health interventions? Evaluation of water and sanitation programmes in Índia. *Bulletin Of The World Health Organization*. v. 88, n.7, p.535-542, 2010.

PENA, J. L.; HELLER, L. Saneamento e saúde indígena: uma avaliação na população Xakriabá, *Minas Gerais*. v. 13, n.1, p. 63 – 72, 2008.

PINTO, J.H.F.; CAVASSOLA, G. Universalização do Esgotamento Sanitário? *Conselho em Revista*, Porto Alegre, n. 83, p.28, 2011.

PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. Análise da Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Classificação das Águas doces superficiais brasileiras. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 12, n. 2, p. 139-148, 2007.

PLAFKIN, J.L.; BARBOUR, M.T.; PORTER, K.D.; GROSS, S.K.; HUGHES, R.M. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, EPA-444/4-89-001.

PMBH. *Índice de QVU/BH*. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Planejamento de Belo Horizonte, 1996.

PORATH, S. L. *A paisagem de rios urbanos: a presença do rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau*. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis: POSARQ - UFSC. 2003.

PRÜSS-ÜSTÜN A.; R. BOS, F. GORE.; J. BARTRAM. *Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*. Geneva, World Health Organization, 2008.

REN, W.; ZHONG, Y.; MELIGRANA, J.; ANDERSON, B.; WATT, W.E.; CHEN, J. Urbanization, land use, and water quality in Shanghai: 1947–1996. *Environment International*, v. 29 n.5 p., 649 - 659, 2003.

RICO, E.M.; SAUL, A.M, FONSECA.; A.M.M.; FAGNANINI, E.; PEREZ JR.; MELO, M.A.; CARVALHO, M.C., B.; PESTANA, M.I.G.S.; ARRETCHE, M.T.; FARIA, R.M.; RIOS, T.; E LOBO, T. *Avaliação de Políticas Sociais: Uma Questão em Debate*. Cortez: Instituto de Estudos Especiais de São Paulo, 1998.

RICKMANN, L.O; RIBEIRO, K.D; PROST, C. Problemas socioambientais em rios urbanos na cidade de Belém. *Periódico Eletrônico FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA*. v. 4, 2008.

RODRIGUES, M. C. P. O desenvolvimento social nas cidades brasileiras. *Ciência Hoje* - SBPC, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, 1991.

ROJAS, L. I.; OLIVEIRA, S. Meio Ambiente, Condição de Vida e Saúde - uma abordagem metodológica para a determinação da qualidade de vida. Rio de Janeiro: FEEMA, 1994.

ROSEN, G. Uma história da saúde pública. São Paulo: HUCITEC, 1994.

ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. London: Chapman & Hall. 461p.1993.

SAAD, A.R.; MARTINEZ, S.S.; GOULART, M.E.; SEMENSATTO, D.; VARGAS, R.R.; ANDRADE, M.R.M. Efeitos do uso do solo e da implantação da estação de tratamento de esgoto sobre a qualidade das águas do rio Baquirivu-Guaçu, região metropolitana de São Paulo. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.20, n.1, p. 147 - 156, 2015.

SANO, H.; MONTENEGRO FILHO, M. J. F. As técnicas de avaliação da eficiência, eficácia e efetividade na gestão pública e sua relevância para o desenvolvimento social e das ações públicas. *Desenvolvimento em Questão*, v. 11, n. 22, p. 35-61, 2013.

SCHNEIDER, D. D.; SANTOS, R. dos; MARTINEZ, R. C.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; TEMOTEO, T. G. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. *Rev. Bras. Ciênc. Ambient.*, n. 17, p. 65-76, 2010.

SCHNEIDER, ROSELENE.; M. FREIRE, R.; COSSICH, E.S.; SOARES, P.F.; FREITAS, F.H.; TAVARES. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. *Acta Scientiarum. Technology Maringá*, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011

SCIPIONI, A.; MAZZI, A.; MASON, M.; MANZARDO, A. The Dashboard of Sustainability to measure the local urban sustainable development: The case study of Padua Municipality. *Ecological Indicators*. v. 9, p. 364 – 380, 2009.

SILVA, J, A. *Curso de Direito Constitucional Positivo*. 20. ed. São Paulo: Malheiros, 2002.

SILVA, R. T. *Aspectos conceituais e teóricos*. In: GALVÃO JUNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda. ARCE, 2006, p. 29-53.

SILVA, A. C.; BASILIO SOBRINHO, G. *Regulação dos serviços de água e esgoto*. In: GALVÃO JUNIOR, A. C.; SILVA, A. C. *Regulação: indicadores para prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: Expressão Gráfica Ltda. ARCE. 2006, p. 145-159.

SILVA, A.M.M. da; SACOMANI, L.B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu-SP-Brazil). *Water Research*, v. 35, n.6, p. 1609-1616, 2001.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

SOUZA, W. J. *Responsabilidade social corporativa e Terceiro Setor*. Brasília: Universidade Aberta do Brasil, 2008.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 263-2014.

SOUTO, A. L. S.; KAYANO, J.; ALMEIDA, M. A.; PETRUCCI, V. A. *Como reconhecer um bom governo? O papel das administrações municipais na melhoria da qualidade de vida*. São Paulo: Instituto PÓLIS, 1995. (Publicação Pólis, 21).

TANG, M.; FAN, Y.; WANG, G. [Comprehensive cost-benefit evaluation for the improvement of rural water supply in Hunan province]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*.v.30, n.1, p. 23 - 28, 1996.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. *Indicadores da Qualidade e do Desempenho*. Rio de Janeiro: Qulitymark, 1997.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. *Rev Panam Salud Publica*. v. 32, n. 6, p. 419–25, 2012.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros – estudo comparativo entre 2001 e 2006. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 16, n. 2, p. 197-204, 2011.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e a saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a saúde – IDB 2003. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

TORRES, M. D. F. *Estado, democracia e administração pública no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004. 224 p.

TSUTIYA, M. T.; ALEM, SOBRINHO, P. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.R. *Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil*. Água Latinoamérica. ADIS – Asociación Dominicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. jul./ago. 2004.

VAN POPPEL, F.; VAN DER HEIJDEN, C. The effects of water supply on infant and childhood mortality: a review of historical evidence. *Health Transit Rev*. v.7, v.2, p.:113 - 148, 1997.

VICQ, R.; LEITE. Avaliação da implantação de fossas sépticas na melhoria na qualidade de águas superficiais em comunidades rurais. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.19, n.4, p. 411 - 416, 2014.

VON SPERLING, M. Coliformes e pH – médias aritméticas, médias geométricas e medianas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa-PB, 7p.

VON SPERLING, T.L.; VON SPERLING, M. Sistema de informações para gestão do saneamento básico. In: GALVÃO JUNIOR, A.C.; PHILIPPI JUNIOR, A. *Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Barueri: Manole. p. 823-858, 2012.

VON SPERLING, T.L. *Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário*. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VON SPERLING, T. L.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 18, n. 4, p. 313 – 322, 2013.

WHITFIELD, J. Vital signs. *Nature*. v. 411, n. 28, p. 9890-990, 2001.

WONG, K.; FONG, T. T.; BIBBY, K., MOLINA, M. Application of enteric viruses for fecal pollution source tracking in environmental waters. *Environ Int*. v. 45, p. 151–16, 2012.

YUAN, W.; JAMES, P.; HODGSON, K.; HUTCHINSON, S.M.; SHI, C. Development of sustainability indicators by communities in China: a case study of Chongming County, Shanghai. *Journal of Environmental Management*. v. 68, p. 253 - 261, 2003.

APÊNDICE A – VALORES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES NO FORMATO DO PROGRAMA MONITORA – ANO 2008 A 2015

Campanha	Área 1			Área 2			Área 3		
	LES-COL-200 Itororó	LES-COL-300 Itajú do Colônia	LES-RCH-700 Itabuna	RCS-JQR-400 Mutuípe	RCS-JQR-500 Laje	RCS-JQR-600 Laje	CON-CON-500 Jequié	CON-CON-550 Jequié	CON-JOZ-100 Jequié
2008.1	9,4 X 10 ⁴	7,0 X 10 ⁴	-	1,7 X 10 ²	2,9 X 10 ²	1,7 X 10 ²	6,3 X 10	1,3 X 10 ³	3,7 X 10 ³
2008.2	2,9 X 10 ⁵	3,4 X 10 ³	3,0 X 10 ³	2,4 X 10 ²	7,6 X 10 ²	2,8 X 10 ²	2,5 X 10 ²	3,1 X 10 ³	4,5 X 10 ⁶
2008.3	1,7 X 10 ⁵	2,4 X 10 ³	8,4 X 10 ⁴	3,6 X 10 ³	2,0 X 10 ²	1,4 X 10 ²	2,6 X 10	5,0 X 10 ²	2,3 X 10 ³
2008.4	2,0 X 10 ⁶	4,6 X 10 ²	1,0 X 10 ⁵	1,0x10 ³	2,0 X 10 ²	1,0x10 ³	7,9 X 10	2,8 X 10	3,8 X 10 ⁶
2009.1	2,5 X 10 ⁶	8,2 X 10 ²	1,9 X 10 ⁴	7,8 X 10 ²	1,2 X 10 ³	1,1 X 10 ²	8	2,1 X 10 ³	5,8 X 10 ⁷
2009.2	8,4 X 10 ⁴	2,2 X 10 ³	3,0 X 10 ³	1,2 X 10 ³	4,8 X 10 ²	2,2 X 10 ²	6,8 X 10	4,8 X 10 ²	7,6 X 10 ⁶
2009.3	5,8 X 10 ⁶	2,6 X 10 ²	3,7 X 10 ⁴	4,4 X 10 ³	1,3 X 10 ²	9,2 X 10 ²	2,9 X 10	1,5 X 10 ⁴	8,0 X 10 ⁴
2009.4	8,6 X 10 ⁵	1,6 X 10 ³	2,4 X 10 ⁴	2,0 X 10 ³	3,5 X 10 ²	1,7 X 10 ²	5,0 X 10	6,0 X 10 ³	3,1 X 10 ⁴
2010.1	2,1 X 10 ⁵	2,4 X 10 ³	3,5 X 10 ⁴	4,6 X 10 ³	4,8 X 10 ²	1,2 X 10 ²	4,6 X 10 ²	4,4 X 10 ²	9,6 X 10 ⁶
2010.2	2,2 X 10 ⁶	1,2 X 10 ³	1,5 X 10 ⁵	4,0 X 10 ³	9,2 X 10 ²	2,2 X 10 ²	2,3 X 10 ²	3,4 X 10 ³	1,7 X 10 ⁵
2011.1	1,6X10 ⁴	1,3X10 ³	>1,6X10 ⁴	6,4X10 ²	1,7X10 ³	7,0X10 ²	4,5 X 10	9,2X10 ³	9,2X10 ³
2011.2	1,6X10 ⁶	4,9X10 ²	1,7X10 ⁴	3,5X10 ³	2,6X10 ²	1,7X10 ³	<20	>1,6X10 ⁴	4,6X10 ³
2012.1	6,4X10 ⁴	1,7X10 ²	5,4X10 ⁵	5,4X10 ³	2,8X10 ³	1,7X10 ²	2 X10	>1,6X10 ⁴	5,4X10 ⁵
2012.2	1,6X10 ⁴	7,0X10 ²	1,6X ⁴	5,4X10 ³	1,3X10 ³	6,9X10 ²	1,4X10 ³	1,6X10 ⁴	5,4X10 ³
2013.1	3,3X10 ⁴	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	2,8X10 ³	2,4X10 ³	3,5X10 ³	7,9X10 ²	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴
2013.2	5,4X10 ³	1,1X10 ²	9,2X10 ³	9,2X10 ³	3,2X10 ²	1,2X10 ²	4,9X10 ²	>1,6X10 ⁴	1,7X10 ³
2013.3	1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	4,6X10 ⁴	2,2X10 ²	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴
2014.1	1,6X10 ⁴	7,9X10 ²	1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	1,3X10 ³	1,6X10 ⁴	1,1X10 ³	>1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴
2014.2	1,6X10 ⁴	1,1X10 ²	>1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	3,5X10 ³	5,4X10 ³	4,9X10 ²	>1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴
2014.3	1,6X10 ⁴	5,4X10 ³	>1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴	2,3X10 ²	2,8X10 ³	7,9X10 ²
2015.1	1,6X10 ⁴	1,7X10 ³	7,0X10 ²	1,6X10 ⁴	3,3X10 ²	3,3X10 ²	7,0X10 ²	1,4X10 ²	4,3X10 ³
2015.2	1,6X10 ⁴	7,9X10 ²	1,6X10 ⁴	2,1X10 ²	1,4X10 ²	3,3X10 ²	2,4X10 ³	1,3X10 ³	4,9X10 ²

Continuação APÊNDICE A

Campanha	Cidades controle				
	Área 4	CON-CON-800	LES-RCH-500	RCS-ALM-300	RCS-PRT-400
	PRG-PRN-300 Feira de Santana	Ubaitaba	Itapê	Wescenlau Guimarães	Wescenlau Guimarães
2008.1	5,0 X 10 ⁵	-	1,2 X 10 ²	-	-
2008.2	3,0 X 10 ⁵	9,2 X 10 ²	3,4 X 10 ³	-	-
2008.3	1,5 X 10 ⁶	6,8 X 10 ³	2,4 X 10 ³	3,1 X 10 ³	6,0 X 10 ³
2008.4	5,4 X 10 ⁵	7,9 X 10	4,6 X 10 ²	<1	3,1 X 10
2009.1	5,3 X 10 ⁶	8,2 X 10 ³	8,2 X 10 ²	1,6 X 10 ³	3,2 X 10 ³
2009.2	2,9 X 10 ⁶	2,2 X 10 ³	2,2 X 10 ³	2,9 X 10 ⁴	7,4 X 10 ²
2009.3	9,0 X 10 ⁵	2,9 X 10 ³	2,6 X 10 ²	2,1 X 10 ²	9,8 X 10 ²
2009.4	6,0 X 10 ⁵	2,7 X 10 ³	1,7 X 10 ³	5,6 X 10 ²	1,8 X 10 ³
2010.1	1,5 X 10 ⁶	1,7 X 10 ⁴	4,8 X 10 ³	2,1 X 10 ³	2,8 X 10 ³
2010.2	1,1 X 10 ³	3,0 X 10 ³	5,4 X 10 ²	1,1 X 10 ⁴	2,0 X 10 ³
2011.1	3,5X10 ³	8,9X10 ³	5,4X10 ³	1,7X10 ²	4,0X10
2011.2	2,4X10 ⁴	9,2X10 ³	1,7X10 ⁴	1,4X10 ³	9,2X10 ³
2012.1	>1,6X10 ⁶	3,2X10 ²	1,5X10 ³	2,2X10 ³	3,2X10 ²
2012.2	>1,6X10 ⁶	2,2X10 ³	2,4X10 ³	3,5X10 ³	4,5X10 ²
2013.1	>1,6X10 ⁶	6,4X10 ²	5,4X10 ³	>1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴
2013.2	>1,6X10 ⁶	1,8X10 ³	4,3X10 ³	3,5X10 ³	1,6X10 ⁴
2013.3	>1,6X10 ⁶	3,5X10 ³	>1,6X10 ⁴	5,7X10 ²	>1,6X10 ⁴
2014.1	>1,6X10 ⁶	5,4X10 ³	>1,6X10 ⁴	9,2X10 ³	9,2X10 ³
2014.2	>1,6X10 ⁶	7,9X10 ²	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	2,4X10 ³
2014.3	>1,6X10 ⁴	1,7X10 ³	1,3X10 ³	9,2X10 ³	1,8X10 ³
2015.1	2,4X10 ⁵	1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	>1,6X10 ⁴	1,6X10 ⁴
2015.2	5,4X10 ⁵	7,8X10	9,2x10 ³	6,4x10 ²	2,4X10 ³

