

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
HÍDRICOS E SANEAMENTO



MARCONI JOSÉ LOPES CAVALCANTI FILHO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM CONJUNTO
DE INDICADORES PARA REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA
DE DRENAGEM URBANA**

Maceió

2017

MARCONI JOSÉ LOPES CAVALCANTI FILHO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM
CONJUNTO DE INDICADORES PARA REPRESENTAÇÃO DO
SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza

Maceió

2017

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

- C167d Cavalcanti Filho, Marconi José Lopes.
Desenvolvimento e avaliação de um conjunto de indicadores para
representação do sistema de drenagem urbana / Marconi José Lopes Cavalcanti
Filho. – 2017.
146 f. : il.
- Orientador: Vladimir Caramori Borges de Souza.
Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade
Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em
Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2017.
- Bibliografia: f. 113-120.
Anexos: f. 121-146.
1. Drenagem urbana. 2. Águas fluviais – Manejo. 3. Escoamento urbano.
4. Saneamento básico. I. Título.

CDU: 628.221



Folha de Aprovação

MARCONI JOSÉ LOPES CAVALCANTE FILHO

Dissertação apresentada em 17 de abril de 2017 dia ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza
(Orientador – PPGRHS-UFAL)

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim
(Examinador interno – PPGRHS-UFAL)

Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva
(Examinador externo – UFPB)

AGRADECIMENTOS

A minha companheira Laís Danielle pelo incentivo em todas as horas, pelo cuidado e por estar ao meu lado em todos os momentos.

A minha mãe Evandi, meu pai Marconi (*in memoriam*) e meu irmão Pedro por sempre me darem o suporte que precisei em tudo na minha vida.

A **todos** os meus familiares que sempre acreditaram em mim, incentivando e apoiando sempre, à quem devo todos os princípios morais. Agradeço as minhas outras mães (Tia Eva, Tia Edirles e Vó Amara) pelo carinho e tudo que fizeram por mim.

A Tio Adilson e Tia Gracimar pela recepção ao iniciar esta outra etapa de vida.

Agradeço todos os componentes da banca de avaliação: especialmente ao meu orientador Professor Vladimir Caramori pela sua atenção e orientação ao longo desse trabalho, ao Professor Eduardo Lucena pelas contribuições e ensinamentos oferecidos, também ao Professor Tarciso Cabral por me apresentar novas visões sobre a temática debatida.

Agradeço a todos os companheiros de turma que tanto contribuíram para o andamento desse trabalho e do curso de Pós-graduação. Ao companheirismo e amizade adquiridos ao longo das dificuldades enfrentadas, mais especificamente:

- ✓ Camila Agra, por toda a compreensão e auxílio em todas as horas;
- ✓ Stephane Andrade e Lucas Tardelly, pelo companheirismo que só irmãos conseguem oferecer;
- ✓ Alane Patrícia, pelos cafés e debates sobre os mais diversos assuntos que me fizeram admirar a pessoa que és;
- ✓ Renata Braga 10, pelas ideias trocadas e compartilhamento de todos os momentos no estágio supervisionado;
- ✓ Tainara Ramos, pelo excelente dia-a-dia que me fez ter respeito e carinho por você;
- ✓ Cristiano Lima, pelas risadas e conversas agradáveis que tivemos;
- ✓ Juliana Cavalcante pelo seu bom humor “não característico”;
- ✓ Keke Rosbergue pela ajuda ao resolver problemas burocráticos na UFAL.

Aos bons momentos em que passamos juntos.

Ao programa e todos os professores do PPGRHS pelo aprendizado e oportunidade oferecidos: Prof. Marllus, Cleuda, Christopher, Ruberto, Karina, Nélia.

Ao Professor Valmir Pedrosa pelas conversas produtivas e esclarecedoras no qual conseguir aprender muito.

Aos meus amigos Alberonaldo Alves, Shayana Macário e Aryane Mota pelos caminhos apontados facilitando o caminhar no programa de pós-graduação.

A turma seguinte que tanto conversamos e aprendemos. Em especial ao amigo Álvaro Costa pela ajuda ao contatar as pessoas certas para coletar dados.

A turma de alunos da graduação de engenharia civil e ambiental, no qual tive a oportunidade de ter o contato como “professor” no estágio supervisionado. Alunos até o fim da disciplina... amigos para a vida.

Aos funcionários D. Lúcia e Janielson por cuidarem e zelarem pelo ambiente de convívio do programa.

A FAPEAL pela bolsa de estudos concedida.

A todos que contribuíram para chegar ao fim desta importante etapa de formação.

RESUMO

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é um importante instrumento de gestão urbana no qual deve, juntamente com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, buscar o bem estar social em equilíbrio com as águas precipitadas. Uma das dificuldades no tratamento da drenagem urbana relaciona-se ao diagnóstico do sistema existente, desta forma é importante a definição de critérios objetivos para avaliar o sistema incorporando o caráter multidisciplinar deste serviço. Neste trabalho apresenta-se uma proposta de metodologia objetiva e sistematizada que retrate a situação do sistema de drenagem urbana por meio de um conjunto de 44 indicadores, agrupados em 9 campos de análise, com formulações padronizadas que permite a interpretação temporal da situação e também a comparação com outras bacias. Os indicadores de drenagem consideram, além de características da rede, aspectos relativos à qualidade da água, população afetada em um evento, frequência e magnitude de eventos de inundação, aspectos de gestão, incentivo ao uso de técnicas de manejo de águas de chuva (como as técnicas compensatórias), entre outros. Este conjunto foi desenvolvido como uma ferramenta para auxiliar a gestão dos sistemas urbanos oferecendo bases para decisões de investimento.

Palavras-chave: indicadores de drenagem urbana, Planos Diretores de Drenagem Urbana, decisões de investimento.

ABSTRACT

The Urban Drainage Master Plan and the Urban Development Master Plan are important urban management tools that must seek social well-being in balance with the precipitated water. One of the difficulties in the treatment of urban drainage is related to the diagnosis of the existing system, so it is important to define objective criteria to evaluate drainage systems that incorporate the multidisciplinary nature of this service. This paper presents a systematic and objective methodology that describes the situation of the urban drainage system through a set of 44 indicators was defined, grouped in 9 fields of analysis, with standardized formulations that allows the temporal interpretation of the situation and also the comparison with other basins. The indicators should consider, in addition to network characteristics, aspects related to water quality, population affected in an event, frequency and magnitude of flood events, management aspects, incentive to use water management techniques (such as compensatory techniques), among others. This set was developed as a tool to assist the management of urban systems offering bases for investment decisions.

Key words: urban drainage indicators, Urban Drainage Management Plans, investment decisions.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CARE-S	Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
Idr	Índice de drenagem urbana
Idri	Índice de drenagem urbana para o ano i.
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba – PR
ISA	Índice de Salubridade Ambiental
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INMET	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade de Águas
OECD	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PER	Modelo Pressão – Estado – Resposta
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMS	Plano Municipal de Saneamento
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SMOP	Secretaria de Obras Públicas de Curitiba – PR
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
Tr	Tempo de retorno

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Síntese geral dos objetivos, respectivas metodologias e conclusões do trabalho..	18
Figura 2 - Pirâmide de informações, com os níveis de agregação de dados para composição de índices e indicadores.....	23
Figura 3 – Campanha de coleta de informações do serviço de drenagem de águas pluviais do SNIS	25
Figura 4 - Fluxograma metodológico para proposição do conjunto de indicadores	46
Figura 5 – Sequência de execução de uma pesquisa em metodologia Delphi	54
Figura 6- Fluxograma de apresentação dos resultados e discussões	56
Figura 7 - Percentuais de população dos setores censitários que não coincidem com a delimitação da bacia hidrográfica.....	60
Figura 8 - Delimitação da Bacia do Riacho do Sapo.....	78
Figura 9 – Presença de lixo no leito do Riacho do Sapo próximo a foz.....	79
Figura 10 - Organograma do setor responsável pela drenagem em Maceió (em 2016).....	80
Figura 11 – Recorte do Mapa de cadastro de Rede da cidade de Maceió	82
Figura 12 - Pontos críticos de alagamento da cidade de Maceió de acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura	83
Figura 13 - Análise dos setores censitários para cálculo da população do Riacho do Sapo	138
Figura 14 – Precipitação mensal da cidade de Maceió em 2015.....	141
Figura 15 - Precipitação diária da cidade de Maceió em 2015.....	141
Figura 16 - Mapa de usos do solo da Bacia do Riacho do Sapo.....	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Objetivos, prioridades indicadores e pesos propostos por Geerse e Lobbrecht (2002)	31
Tabela 2 - Tipologias de indicadores e medidas apresentadas por Kolsky e Butler (2002)	31
Tabela 3 - Indicadores de desempenho para sistemas de drenagem priorizados por Silva (2013)	32
Tabela 4 – Lista de indicadores usada para elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana proposta por Marques (2006)	32
Tabela 5 – Lista de Indicadores do Projeto CARE-S da União Europeia	34
Tabela 6 – Lista de indicadores para análise da rede de drenagem nos domínios hidráulicos e ambiental, propostos por Cardoso (2008)	36
Tabela 7 - Indicadores de desempenho para avaliação expedita da drenagem urbana proposta por Silva et al. (2013)	38
Tabela 8 – Conjunto de indicadores usados para avaliação do desempenho da drenagem na cidade de São Paulo	42
Tabela 9 - Atributos a serem avaliados na estimativa das intervenções	44
Tabela 10 - Lista de indicadores propostos	48
Tabela 11 - Formulações dos Indicadores de monitoramento	57
Tabela 12 - Formulações dos Indicadores da rede existente	59
Tabela 13 - Formulações dos Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	61
Tabela 14 - Formulações dos Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	63
Tabela 15 - Formulações dos Indicadores de qualidade da água escoada	65
Tabela 16 - Formulações dos Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	67
Tabela 17 - Formulações dos Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana	68
Tabela 18 - Formulações dos Indicadores de manutenção dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana	70
Tabela 19 - Formulações dos Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana (escala de município)	72
Tabela 20 - Síntese das informações necessárias para calcular os indicadores e as principais diretrizes para coleta das informações	74
Tabela 21 - Dados coletados para implementar os indicadores na Bacia do Riacho do Sapo	84
Tabela 22 – Valores para os indicadores propostos para a Bacia do Riacho do Sapo	88
Tabela 23 – Resultados da consulta à especialistas	96
Tabela 24 – Paralelo com o Glossário de informação do SNIS – Águas pluviais	103
Tabela 25 - Síntese dos indicadores de drenagem urbana levantados na literatura	121
Tabela 26 - Principais fontes que serviram como base direcionadora para elaboração do indicador	131
Tabela 27 - Cálculo da população residente na Bacia do Riacho do Sapo	139
Tabela 28 - Percentuais de uso do solo conforme as classes estabelecidas	143
Tabela 29 – Possíveis indicadores complementares ao estudo proposto	145

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1. Objetivos	17
1.1.1. Objetivo geral	17
1.1.2. Objetivos específicos.....	17
2. Revisão de literatura	19
2.1. A drenagem urbana como componente do saneamento básico.....	19
2.2. Sistema de indicadores	21
2.3. Indicadores utilizados para avaliação do saneamento.....	24
2.4. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS	24
2.5. Planos de Saneamento Básico	26
2.6. Indicadores usados na drenagem urbana.....	27
2.6.1. Indicadores de drenagem usados na gestão urbana brasileira	39
2.7. Conclusões sobre a revisão bibliográfica dos indicadores	45
3. Metodologia	46
3.1. Identificação dos aspectos fundamentais e domínio de avaliação - Agrupamento dos indicadores	47
3.2. Seleção e adaptação dos indicadores propostos em cada agrupamento	50
3.3. A formulação dos indicadores.....	51
3.4. Informações para implementar o indicador.....	52
3.5. Validação do conjunto proposto – Pesquisa Delphi.....	53
3.6. Comparação do conjunto proposto com os dados da coleta de dados de águas pluviais do SNIS	55
3.7. Estudo de caso: aplicação indicadores propostos na Bacia do Riacho do Sapo em Maceió-AL	55
4. Resultados e discussão.....	56
4.1. A formulação dos indicadores e a sistematização para coleta de dados	56
4.1.1. Indicadores monitoramento	57
4.1.2. Indicadores da rede existente	58
4.1.3. Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d’água	61
4.1.4. Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas.....	62
4.1.5. Indicadores de qualidade da água escoada	65
4.1.6. Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	67
4.1.7. Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana	68
4.1.8. Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a drenagem urbana	70
4.1.9. Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana.....	71
4.2. Resumo do conjunto de informações necessárias para gerar os indicadores	74
4.3. Estudo de caso: aplicação do conjunto de indicadores na Bacia do Riacho do Sapo em Maceió-AL	77
4.3.1. Região de estudo para aplicação do conjunto de indicadores	77
4.3.2. Dados coletados.....	80
4.3.3. Cálculo dos indicadores.....	86
4.3.4. Análise do conjunto de indicadores da Bacia do Riacho do Sapo	94
4.4. Pesquisa com especialistas da área para validação do conjunto proposto	95
4.5. Comparação do conjunto proposto com os dados solicitados pelo SNIS – Drenagem de águas pluviais	101
5. Conclusões e recomendações.....	110

5.1. Limitações	111
5.2. Sugestão para trabalhos futuros	112
6. Referências.....	113
7. Apêndices.....	121
Apêndice A - Síntese dos indicadores de drenagem apresentados	121
Apêndice B - Referências bibliográficas tomadas como base para definir o conjunto de indicadores propostos e os principais responsáveis por gerar a informação para construí-los	130
Apêndice C – Informações geradas para cálculos dos dados necessários aos indicadores	138
Apêndice D – Lista de possíveis indicadores complementares	144

1. INTRODUÇÃO

A partir do século XIX a preocupação com as águas pluviais se tornou relevante devido ao crescimento das grandes cidades, os aglomerados urbanos favoreceram a criação de pontos de alagamentos que trouxeram epidemias de cólera e tifo em grande parte da Europa. No Brasil, as frequentes cheias e alagamentos nas zonas urbanas também geram problemas relacionados à saúde da população.

Cruz e Tucci (2008) afirmam que o crescimento urbano brasileiro não foi acompanhado de instrumentos reguladores de uso e ocupação do solo eficazes, e por isso causa um aumento na frequência e magnitude das inundações e alagamentos, erosão do solo e contaminação das águas pluviais. Somente a partir da Constituição Federal de 1988 que se iniciou uma visão descentralizada e mais integradora em que a bacia hidrográfica passou a ser vista como unidade de planejamento ambiental, onde passaram a ser consideradas especificidades únicas de cada bacia, muito importante para manutenção dos processos hidrológicos existentes e para as definições de zoneamento para os aglomerados urbanos.

Os debates sobre o processo de urbanização não conseguem conter em plenitude os problemas gerados pelo desenvolvimento na bacia, sobretudo quando se fala dos serviços de saneamento e mais precariamente a drenagem.

Os estudos sobre esses processos urbanos vêm se aprimorando pelo fato de que as perdas geradas e os investimentos necessários para combater seus efeitos passam a ter proporções insustentáveis quando consideram soluções apenas sob o ponto de vista de intervenções físicas. As discussões no âmbito da drenagem urbana, como componente do saneamento básico, conforme Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007a), já mostram uma abordagem multidisciplinar orientada a ações integradas com conceitos voltados para a sustentabilidade (foco na conservação e recuperação de processos naturais), planejando o desenvolvimento e ocupação com o objetivo de tornar as cidades mais resilientes.

É comum que sejam aplicados indicadores para avaliação e diagnósticos dos serviços de saneamento no Brasil (BRASIL, 2010), enquadrando algumas atividades do prestador de serviço com medições sistemáticas e periódicas. O conjunto de indicadores constitui uma ferramenta para diagnóstico e avaliação dos problemas, apoiando as entidades na gestão dos serviços e no estabelecimento de prioridades no direcionamento de investimentos.

A drenagem urbana tem dificuldades quanto aos conceitos de eficiência ou déficit do sistema dificultando a criação de indicadores para avaliação do serviço. Diferente dos outros serviços de saneamento básico, a drenagem não permite a avaliação direta do sistema somente pela existência ou atendimento per capita da rede (SOUZA *et al.* 2013).

Desta forma, é importante a definição de critérios objetivos para representar os sistemas de drenagem que incorporem o caráter multidisciplinar da drenagem. Os indicadores devem considerar, além de características da rede, aspectos relativos à qualidade da água, população afetada em um evento, ações de gestão do sistema, incentivo ao uso de novas técnicas de manejo de águas de chuva (como as técnicas compensatórias), entre outros. O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais não se restringe apenas às redes de galerias pluviais e obras de canalização, mas engloba também inúmeros tipos de ações e medidas indiretas relacionadas ao sistema (PORTO *et al.*, 1997).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (BRASIL, 2007b) mostra indicadores de drenagem baseados na existência da rede de drenagem, indicando que 79% dos municípios brasileiros possuíam sistema de drenagem, mas não trata da qualidade da rede, ou sobre o funcionamento eficaz da mesma. O fato da rede de drenagem existir não quer dizer que funcione de maneira satisfatória, ou que é motivo de despreocupação com esse serviço.

Na literatura podemos encontrar ainda, várias outras concepções para os indicadores de drenagem urbana. Muitos têm ideias bastante superficiais como é o caso do indicador apresentado na Pesquisa Nacional de Saneamento (IBGE, 2000), onde apenas a existência da rede é apresentada. O Município de Belo Horizonte traz uma proposta de indicador nos seus Planos Diretores de Drenagem Urbana cuja formulação é completamente modificada em cada atualização ou reformulação do documento, demonstrando o não atendimento do que o indicador pretende retratar.

O Sistema Nacional de Informações sobre saneamento – SNIS é um sistema de informações para área de saneamento que reúne informações sobre a situação do saneamento em todo o Brasil, e reúne informações coletadas a partir de formulários preenchidos pelos prestadores de serviço com dados primários que são analisados e posteriormente agregados em indicadores e índices dos serviços de saneamento. O SNIS publica diagnósticos anuais de abastecimento de água, esgoto e manejo de resíduos sólidos. Para o componente de drenagem urbana e manejo de águas pluviais não havia sequer referência na plataforma do sistema até o

ano de 2016, quando, houve uma chamada para que os municípios enviassem uma série de informações com o objetivo de gerar um diagnóstico anual do serviço.

Indicadores e gestão ambiental é uma linha de pesquisa que já vem sendo objeto de estudo no âmbito do Programa de Pós-Graduação de Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas com os trabalhos de Holz (2010) que propôs um índice de risco de alagamento apresentando um mapeamento de risco para a bacia do riacho Reginaldo, Gama (2013) que desenvolveu um índice de salubridade ambiental e Silva (2014) que levantou indicadores de saúde pública e verificou a relação com os indicadores de saneamento e de salubridade ambiental proposto por Gama (2013). Todos estes estudos foram realizados na bacia do Reginaldo em Maceió-AL.

Este trabalho tem como proposta estabelecer um conjunto de indicadores para avaliação do desempenho dos sistemas de drenagem urbana, que possa ser aplicado em uma escala de bacia ou sub-bacia urbana, de forma sistemática, objetiva, flexível e eficaz, retratando algumas particularidades deste serviço, podendo ser usado como ferramenta de gestão de um serviço urbano, permitindo avaliações que auxiliem no processo de tomada de decisão.

O trabalho está inserido no contexto do projeto de pesquisa MAPLU 2 - Manejo de águas Pluviais em Meio Urbano - que reúne 16 instituições (UFMG, UFAL, UFRGS, UFSM, UFSC, UERJ, UFRJ, FAU/USP, POLI/USP, EESC/USP, UFG, UnB, UFC, UFPE, UFRN, UFSCar). O projeto tem apoio da FINEP por meio da Chamada Pública MCT / MCIDADES / FINEP / Ação Transversal / SANEAMENTO AMBIENTAL e HABITAÇÃO - 7/2009 e objetiva “desenvolver soluções urbanísticas e ambientalmente adequadas de manejo de águas pluviais para a redução do impacto sobre o hidrograma de enchentes, com especial atenção para a qualidade da água, o controle de vetores e a gestão de resíduos sólidos em bacias experimentais urbanas”.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral:

Desenvolver um conjunto mínimo de indicadores para representar o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de bacias urbanas.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Identificar indicadores e metodologias utilizadas para representar a drenagem urbana e manejo de águas pluviais de forma a servir como base para elaboração dos indicadores propostos;
- Definir um conjunto mínimo de indicadores que represente o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais considerando a multidisciplinaridade do serviço, no qual será observado diversos aspectos do sistema, como: infraestrutura, atendimento à população, institucionais, financeiros, entre outros;
- Avaliar a possibilidade de implementação do conjunto de indicadores proposto a partir das informações solicitadas aos municípios pela coleta de dados de drenagem de águas pluviais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS;
- Realizar estudo de caso, aplicando o conjunto de indicadores proposto na Bacia do Riacho do Sapo em Maceió-AL, analisando a disponibilidade de informações sobre os sistemas de drenagem.

Figura 1 - Síntese geral dos objetivos, respectivas metodologias e conclusões do trabalho



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A DRENAGEM URBANA COMO COMPONENTE DO SANEAMENTO BÁSICO

Conforme a Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007a) com sua última alteração dada pela Lei nº 13.308/2016 (BRASIL, 2016c), o saneamento básico é definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável;
- Esgotamento sanitário;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e
- Drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas;

Ainda definem a drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas como sendo o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

A qualidade de vida da população está diretamente ligada às condições de saneamento, que combinados com políticas eficazes de saúde, habitação e educação diminuem a incidência de doenças. Um serviço de saneamento eficiente aumenta a qualidade de vida da população.

A drenagem pluvial urbana tem papel fundamental na infraestrutura e no saneamento da cidade, isso porque cabe a ela remover o excesso de águas pluviais que não conseguem infiltrar no solo de forma mais eficiente possível, visando atenuar riscos de alagamentos, de inundações ou de veiculação de doenças pelas águas contaminadas. Segundo Andrade e Santos (2010) no processo de escoamento a água leva consigo todo tipo de substância que está presente na superfície.

Conforme Cruz e Tucci (2008), a maioria dos municípios brasileiros deveriam ter investido de forma preventiva no sistema de drenagem no início da urbanização, com área de amortecimento e medidas estruturais e não-estruturais, tornando o sistema de drenagem urbana mais barato e eficiente. Porém seria necessário que as cidades tivessem um planejamento urbano que visasse a manutenção do ciclo hidrológico de pré-urbanização.

Os custos de investimentos em obras para diminuir os problemas de escoamento pluvial são altos e devem ser executados de acordo com a necessidade de cada local, porém, não é fácil definir os locais prioritários para alocar os investimentos e a melhor solução a ser implementada. A recorrência de eventos de inundações os alagamentos podem indicar a existência de problemas, porém não deveria ser considerado como único parâmetro para avaliação do sistema de drenagem local. A impermeabilização causada pela ocupação urbana altera a quantidade de água escoada podendo fazer com que os sistemas existentes de drenagem se tornem obsoletos. Outros fatores como a precipitação antecedente também influenciam no ciclo hidrológico.

Quando um rio é canalizado o escoamento tende a ser mais rápido, reduzindo o tempo de pico e atenuando a vazão do hidrograma, além de diminuir a capacidade de infiltração daquele leito, diminuindo a recarga de aquíferos. Com as constantes alterações nos cursos d'água, acelerando o escoamento, tornam-se sempre necessárias intervenções para ampliação do sistema a jusante, uma vez que a vazão de pico tenderá sempre a aumentar, tornando cada vez mais caros os investimentos e ainda assim com altas probabilidades de enchentes e alagamentos (NASCIMENTO *et al.*, 1997 *apud* POMPÊO, 2000).

Os sistemas de drenagem urbana preocupados apenas no rápido escoamento ainda são muito utilizados, tornam a situação preocupante também do ponto de vista de qualidade da água, porque são sistemas que não oferecem nenhum tipo de mecanismo de tratamento prévio da água drenada, direcionando a água de lavagem das superfícies direto para os leitos dos rios, criando uma faixa de contaminação difusa gerando problemas para a qualidade da água dos rios, juntamente com o despejo *in natura* de esgoto sanitário.

Na abordagem tradicional da drenagem urbana o conceito de drenar o ambiente tem sido entendido como criar estruturas para retirar a água pluvial para pontos o mais distante possível. Esta forma de pensar isoladamente induziu a criação de problemas a jusante. A partir da década de 70 outras abordagens passaram a ser fortemente consideradas no que concerne a drenagem urbana, tendo em vista que os sistemas tradicionais já não estavam mais sendo suficientes para resolver os problemas crescentes oriundos da urbanização sem planejamento adequado e a consequente impermeabilização do solo sem qualquer preocupação com as alterações que este poderia gerar no ciclo hidrológico. Além disso, passou-se a entender e trabalhar vários pontos de forma integrada e sustentável (POMPÊO, 2000). Dessa forma, uma visão mais sustentável passou a orientar as novas técnicas de otimização dos problemas referidos.

Técnicas de controle de vazões escoadas foram incorporadas aos conceitos tradicionais, visando diminuir as vazões de pico, tornando os hidrogramas de eventos semelhantes aos hidrogramas de pré-urbanização. Porém, a retenção das águas pluviais para controle das vazões escoadas em meios urbanos gera inconvenientes de odor e veiculação de doenças.

As estratégias para composição de um sistema de drenagem urbana sustentável incluem as ações estruturais, que consistem nas alterações físicas como parte integrante da infraestrutura, e, principalmente, ações não estruturais, que incluem todas as formas de atividades que envolvem as práticas de gerenciamento, mudanças de comportamento e participação direta do cidadão (PARKINSON *et al.*, 2003; POMPÊO, 2000).

Os conceitos de cidades sensíveis à água e infraestrutura verde respeitam às questões ambientais e tem foco no tratamento do escoamento pluvial desde a pequena escala. Além de se preocupar com o controle de vazões, têm o intuito de conservar a qualidade e disponibilidade dos corpos hídricos. Conhecidos como LID, SuDS e WSUD (respectivamente: *Low Impact Development*, *Sustainable Drainage systems* e *Water Sensitive Urban Design*) abordam conceitos integradores dos serviços urbanos buscando o equilíbrio do desenvolvimento com a manutenção da conservação da biodiversidade e meio ambiente. Apesar de terminologias distintas trata-se de conceitos semelhantes (FLETCHER *et al.*, 2015).

Para diagnosticar os serviços de saneamento básico prestados tem sido usado o percentual de atendimento e a qualidade, especialmente os de água, esgotos e resíduos sólidos. No serviço de drenagem urbana não existe uma avaliação do sistema, por ter alta complexidade devido as dificuldades de analisar seu funcionamento apenas por índices de cobertura, ou atendimento *per capita*.

2.2. SISTEMA DE INDICADORES

Os indicadores têm o objetivo de agregar e quantificar dados evidenciando e simplificando informações de eventos com o propósito de facilitar o processo de comunicação (BELLEN, 2004). Pode-se dizer que os indicadores devem possuir uma capacidade de síntese, usando os parâmetros mais representativos, facilitando o entendimento e a interpretação de algum evento (FERREIRA, 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, os indicadores:

[...] são informações quantificadas, de cunho científico, de fácil compreensão, usados nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade. São úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo. Permitem a simplificação do número de informações para se lidar com uma dada realidade por representar uma medida que ilustra e comunica um conjunto de fenômenos que levem à redução de investimentos em tempo e recursos financeiros (BRASIL, 2011).

Indicadores também pode ser entendidos como qualquer variável que indica um atributo, que pode ser uma medida real, uma abstração, ou uma imagem do atributo. Quanto melhor a variável refletir este atributo, e quanto mais significativa e relevante for esta informação para a tomada de decisão, melhor foi a escolha para os atributos daquele indicador. A mais importante característica dos indicadores em relação a outras formas de informação é a sua grande relevância para uma determinada política de tomada de decisão. Nesse sentido, para que os indicadores possam ser relevantes, os atributos representados por eles devem ser considerados importantes pelos decisores e pela comunidade (CASTRO, 2007).

Os valores dos indicadores podem ser observados, calculados ou medidos diretamente na fonte, mas em geral são derivados de dados primários processados e analisados, formando valores agregados que vão funcionar como indicadores. Lourenço (2008) diz que a construção de indicadores deve seguir etapas específicas, sendo elas:

- Seleção de itens;
- Avaliação das relações empíricas;
- Combinação dos itens no indicador; e
- Validação deste indicador.

Pereira *et al.* (2015) afirmam que os índices são valores dados a indicadores definidos como importantes no processo de interação homem-meio ambiente, homem-economia e economia-meio ambiente. Para se obter esses índices é necessário criar indicadores, que por sua vez são construídos a partir de dados analisados a partir de um conjunto de dados primários que devem ser coletados com observações em campo, dados pré-existent e entrevistas com os moradores. Esta análise pode ser entendida como um esquema pirâmide de informações onde os índices são o topo (Figura 2).

Figura 2 - Pirâmide de informações, com os níveis de agregação de dados para composição de índices e indicadores



Fonte: Hammond et al., 1995.

Os dados primários são os dados brutos coletados diretamente em campo ou de alguma fonte de informações, sem nenhum tipo de triagem, ou seleção. Os dados analisados provêm de uma triagem e análise dos dados primários, que por sua vez serão agrupados e atribuídos os valores para confecção dos indicadores. Por fim os índices são calculados a partir de ponderações dos indicadores agrupados.

Os indicadores devem seguir requisitos básicos desejáveis para seleção conforme Adriaanse (1993); OECD (1993); Tunstall (1994) *apud* Castro (2007) de forma que eles possam ser considerados práticos e úteis. Os principais requisitos são:

- Os valores dos indicadores têm de ser mensuráveis (ou pelo menos observáveis);
- Os dados têm de estar disponíveis ou poderem ser obtidos por meio de medidas, cálculos, observações ou atividades de monitoramento;
- A metodologia para a coleta e o processamento de dados e construção dos indicadores deve ser clara, transparente e padronizada;
- Os meios para a construção e monitoramento dos indicadores devem ser disponíveis, incluindo-se aí meios financeiros, humanos e capacitação técnica;
- Os indicadores ou conjuntos de indicadores devem poder ser obtidos a um custo razoável;
- Os indicadores devem ser aceitáveis no nível apropriado ao estudo (local, nacional ou internacional); e
- A participação e o suporte pelo público na utilização dos indicadores são desejáveis.

2.3. INDICADORES UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO

Indicadores de saneamento vêm sendo usados, no Brasil, na avaliação e diagnóstico para auxiliar no estabelecimento de prioridades no direcionamento de políticas públicas que visem o melhoramento dos serviços prestados (BRASIL, 2011). A utilização de indicadores como parâmetros de comparação tem como função embasar uma tomada de decisão para as prioridades de investimento. Os tomadores de decisão, devem priorizar investimentos em locais e projetos que tragam os maiores retornos para a sociedade e para o meio ambiente. O debate político gira em torno do equilíbrio, liberdade e equidade.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, tem um Guia de Referência para Medição do Desempenho (ABES, 2000) que é um instrumento criado pelo Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento para auxiliar as organizações que atuam no setor de água e esgoto a terem um sistema de medição para o gerenciamento de seu desempenho. Anualmente são organizadas reuniões com o intuito de revisar o conjunto de indicadores.

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS é o mais importante sistema de informações para área de saneamento, onde os prestadores de serviços de saneamento enviam informações para confecção de diagnósticos anuais sobre a qualidade dos serviços. Esse sistema dispõe de vários indicadores que permitem avaliar sobre diversos aspectos a qualidade e eficiência dos serviços de abastecimento de água e coleta e destinação de esgoto prestados pelos concessionários de saneamento.

Apesar de a Lei 11.445 (BRASIL, 2007a) definir como princípio fundamental que os serviços de saneamento básico devem englobar os serviços de abastecimento, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem urbana e manejo de águas pluviais, este último foi incluído na plataforma do SNIS apenas no ano de 2016, quando foi lançada a primeira coleta de dados para águas pluviais.

2.4. O SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS

É uma plataforma gerenciada pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao Ministério das Cidades, que reúne informações sobre o serviço de saneamento de todos os municípios brasileiros, anualmente publica diagnósticos gerais sobre a situação dos

serviços. Recolhe as informações sobre a situação a partir de formulários que os prestadores de serviço preenchem com dados primários para serem analisados, processados, agregados em índices e indicadores dos serviços de saneamento para que sejam elaborados os diagnósticos.

Os dados dos serviços de água e esgotos são fornecidos ao SNIS por companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas e, em muitos casos, pelas próprias prefeituras. As informações e indicadores do Sistema permitem identificar, com objetividade, aspectos da gestão dos serviços nos municípios brasileiros (BRASIL, 2016b).

Na elaboração desses diagnósticos são usados indicadores bem definidos e com fórmulas de cálculo padronizados para aos componentes de resíduos sólidos, água e esgoto, já o componente de drenagem urbana e manejo de águas pluviais urbanas não vinha sequer listado como serviço de saneamento nessa plataforma. Porém, no fim de 2016 a plataforma lança campanha para a primeira coleta de dados do SNIS - Águas pluviais, com o ano de 2015 como referência dos dados a serem coletados. A previsão de publicação do diagnóstico da drenagem no ano de 2015 é para o mês de junho de 2017, pelo cronograma publicado.

Figura 3 – Campanha de coleta de informações do serviço de drenagem de águas pluviais do SNIS



Nessa coleta foi publicada apenas o glossário de informações com a relação dos dados que devem ser fornecidos pelas prefeituras sem apresentar a formulação dos indicadores que serão apresentados. O documento com o glossário de informações (BRASIL, 2016b) pode ser acessado na plataforma, pelo endereço eletrônico: <http://www.snis.gov.br/glossarios>.

Os diagnósticos anuais de água e esgoto são publicados em conjunto e, na publicação do diagnóstico do ano de 2015 (BRASIL, 2016a), apresenta 84 indicadores agrupados em 5 campos de análise:

- Indicadores econômico-financeiros e administrativos;
- Indicadores operacionais – água;
- Indicadores operacionais – esgoto;
- Indicadores sobre qualidade; e
- Indicadores de balanço contábil.

Os indicadores são apresentados por prestadores de serviço, e a formulação de cada um deles permite a comparação entre os concessionários.

2.5. PLANOS DE SANEAMENTO BÁSICO

A Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007a), estabelece que a prestação do serviço de saneamento observará o Plano de Saneamento do município, que pode ser específico para cada serviço, e deverá apresentar o diagnóstico da situação, objetivos e metas, programas e projetos para atingir as metas, ações emergenciais e os mecanismos de avaliação do plano. Os planos diretores de saneamento são importantes ferramentas de planejamento onde podem ser avaliados e priorizados problemas e necessidades específicas para cada localidade.

Os planos municipais de saneamento devem seguir diretrizes apresentadas no corpo da Lei do Saneamento e que ainda não apresentam conceitos de manutenção dos sistemas naturais. O documento intitulado “Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico” diz que a fase de diagnóstico técnico-participativo é a base orientadora do Plano e se responsabiliza por consolidar as informações sobre as condições dos serviços de saneamento, além de toda informação correlata de setores que se integram ao saneamento. O diagnóstico será o responsável por apontar os problemas para que nas outras fases do plano sejam tratados das ações e intervenções, visando o melhor funcionamento do sistema (FUNASA, 2012).

Nesta fase do plano, apresenta-se a situação atual e os problemas existentes para que possam ser entendidos e discutidas, juntamente com a comunidade, as melhores formas de resolução, ou seja, as soluções que o plano abrangerá será sempre baseado no que foi descrito no diagnóstico da situação. Esta etapa direcionará todo o desenvolvimento do plano, sendo a responsável por apontar as falhas que devem ser corrigidas.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB de Maceió, no caderno de Diagnóstico da Drenagem Urbana de Maceió (MACEIÓ, 2016) a etapa de diagnóstico tem como objetivo identificar a situação atual dos serviços de manejo das águas urbanas, tendo como base a coleta de dados, informações e sua sistematização, segundo o tipo, a fonte de consulta e seu nível de confiabilidade. Um conjunto de indicadores de drenagem que possibilite retratar o funcionamento do sistema deve ser parte importante de qualquer diagnóstico.

O processo de planejamento se desenvolve em uma situação dinâmica em que os fatores sociais, econômicos, institucionais e tecnológicos são alterados constantemente e com pouca previsibilidade, não se devendo esperar que uma solução seja perfeita e definitiva.

2.6. INDICADORES USADOS NA DRENAGEM URBANA

Após modificações estruturais ou não estruturais em um sistema urbano é preciso avaliar a eficiência das medidas tomadas através de um sistema de indicadores. Porém, uma das dificuldades no tratamento da drenagem urbana relaciona-se ao conceito de déficit ou eficiência desse sistema. Pela drenagem não permitir uma avaliação baseada na existência de uma rede, ou no atendimento à um domicílio, dificulta a criação de indicadores de performance do sistema. Tal dificuldade fica clara ao analisar o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH ou o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB (BRASIL, 2011), que ressaltam a dificuldade de avaliar a drenagem urbana por indicadores que sejam efetivamente representativos.

Kolsky e Butler (2002) destacam que no caso da drenagem não é simples a definição de desempenho, depende inclusive, de quais são os objetivos do sistema de drenagem (funções paisagísticas, manutenção de processos hidrológicos, além da drenagem) e a forma como a comunidade percebe o funcionamento deste sistema. Mas definem que os indicadores de drenagem de águas pluviais devem estar descritos, inicialmente, ao menos em função dos termos de frequência, extensão, profundidade e duração de inundação. Porém a depender de características de uso do solo, especificidades da bacia, particularidades topográficas de cada bacia ou sub-bacia e outros parâmetros, podem ser necessários muitos outros termos para ilustrar cada situação.

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais não se restringe apenas a rede de galerias e obras de canalização, mas abrange inúmeros tipos de medidas não estruturais, e outras

medidas indiretas que já se firmam no cenário atual. As medidas que visam a diminuição da vazão de pico, e redução do escoamento não são adequadas em todas as circunstâncias, e por si só não resolvem todo o problema (MARSALEK e SCHREIER, 2009). O conjunto completo de soluções integradas que levem em consideração o equilíbrio entre o desenvolvimento e a manutenção da biodiversidade, assim como os meios administrativos e financeiros para fazê-los é o que deve ser buscado.

Normalmente os indicadores de drenagem são descritos em termos da frequência de inundação ou alagamentos. Porém, já se sabe que cheias dos rios são normais e sempre haverá uma chuva para um dado tempo de retorno que ultrapassará as estruturas dimensionadas para contê-las na cidade. Além disso, também se tem conhecimento de que alterações nas condições de uso e ocupação do solo à montante e à jusante que interferem e contribuem substancialmente para o aumento do escoamento.

Os fatores que influenciam a drenagem urbana são muitos, desde o padrão de ocupação dos lotes, a impermeabilização do local, a capacidade de infiltração do solo, a situação dos cursos d'água, a manutenção da rede existente, além de influências de montante e jusante nos hidrogramas afetam o funcionamento do sistema. A forma como a comunidade enxerga o sistema de drenagem como um todo é fundamental para sua efetividade, interferindo diretamente com a micro e macrodrenagem. A relação da comunidade com os rios, é de grande importância para a manutenção do sistema.

Bertrand-Krajewski *et al.* (2002) concluíram no estudo sobre as incertezas dos indicadores de desempenho aplicados a drenagem urbana que as imprecisões na avaliação de indicadores e sua aplicação em ferramentas de ajuda a decisão são muito significativas e devem ser contabilizados no cálculo, e que nem sempre eles refletem com precisão os sistemas urbanos. Também alerta para o risco de os gestores procurarem otimizar indicadores sem observar a realidade.

Na literatura podemos encontrar diversos autores que sugerem algumas formas de calcular um indicador de drenagem de águas pluviais, muitos com várias especificidades que tornam a obtenção mais difícil, e outros com valores que não possibilitam comparação com outros locais.

Castro(2002) propõe indicadores para a avaliação de soluções estruturais para um sistema de drenagem urbana a partir de três critérios de avaliação: objetivo, impactos e inserção

da obra. A melhor escolha será a do cenário que tiverem maiores valores para os indicadores hidrológicos, sanitários, de qualidade das águas, ambientais e sociais.

Dias (2003) usa o índice de drenagem urbana para composição do índice de salubridade ambiental, calculando o índice de drenagem urbana à partir da ocorrência de inundações ou alagamentos em um ano e se há pavimentação na rua onde situa-se o domicílio em análise. Já Batista (2005) usou também um indicador de defeitos nas vias, além dos outros dois indicadores usados por Dias, para confecção do indicador de drenagem urbana, e por fim o índice de salubridade em diversos bairros de João Pessoa-PB.

Pereira e Gimenes (2009) calcula o indicador de qualidade da drenagem urbana a partir do número de enchentes ou alagamentos acontecidos durante o ano dividido pelo número de meses chuvosos nas diferentes cidades paranaenses. O que também não quer dizer que o sistema de drenagem não exista.

Moura *et al.* (2010) usaram a integração de um índice de desempenho (previamente proposto) com o índice de custos por meio de um gráfico de Pareto para comparar as alternativas de medidas estruturais em drenagem urbana a serem instaladas em uma área de uso industrial em Technopolis, Bordeaux-Montesquieu no sudoeste da França. Apesar de eficaz, a proposta só funciona para avaliação de alternativas, e não como avaliação de funcionamento do sistema de drenagem.

Eckart *et al.* (2011) debatem sobre a flexibilidade do sistema de drenagem, uma vez que a tendência é de aumento das quantidades de água escoados devido as alterações climáticas. São discutidos critérios para medição da flexibilidade dos sistemas projetados para criação de um indicador de estática para avaliação das alternativas, visando que a solução escolhida tenha a melhor condição para ampliação.

Rotava (2014) propõe dois índices com o objetivo de auxiliar a gestão do risco de inundação:

- Índice de resiliência hídrica (PWRI), com o objetivo de fazer uma avaliação sobre a resiliência de uma região em casos de eventos extremos, avaliando qualitativamente a região a partir de seis fatores: ameaça, vulnerabilidade, exposição, medidas de prevenção (antes), medidas de combate direto (durante) e medidas de reconstrução (depois); e

- Índice de perigo (IP) que trata da vulnerabilidade das pessoas expostas à corrente de águas no caso de inundações. Este índice é fruto de um desenvolvimento teórico onde são comparados e validados com dados experimentais encontrados na literatura.

Almeida (1999) usa para o cálculo do indicador de drenagem, uma formulação baseada em 3 indicadores: drenagem de vias de circulação, drenagem habitacional e permeabilidade. Este indicador tem por finalidade qualificar a situação do sistema de drenagem, a partir de dados de campo e entrevistas com a comunidade. Porém não é eficaz em todas as localidades, devido à falta de infraestrutura, e também por não incorporar elementos de drenagem alternativos na avaliação global do sistema.

$$I_{dr} = \{ 100 - [(i_{DC} + i_{DH}) \div 2] \} \times k(\%) \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Onde: } K = 0,9 + [(A_{AP} + A_{TO}) \div 10]; \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

I_{dr} = Indicador de drenagem;

i_{DC} = Indicador de drenagem das vias de circulação, dado por: $(DHC \div DFT) \times 100$;

i_{DH} = Indicador de drenagem habitacional, dado por: $(DHD \div DFT) \times 100$;

DHC = Número de casas com problemas no acesso à moradia em dias de chuva;

DHD = Número de casas com problemas de inundação na moradia em dias de chuva;

DFT = Domicílios totais na favela;

A_{TO} = Área total da favela;

A_{AP} = Áreas permeáveis; e

k = Índice de permeabilidade.

No trabalho desenvolvido por Geerse e Lobbrecht (2002) para a avaliação do sistema de drenagem urbana foi usada a seguinte sequência: definiu-se os interesses, os objetivos distintos e depois os indicadores de performance. Foram observados os benefícios de um controle central de sistemas de drenagem urbana aplicado a realidade da cidade de Roterdã na Holanda. O trabalho é composto de alguns indicadores que refletem a qualidade do controle em relação aos diferentes objetivos fixados para o sistema (Tabela 1). Pesos foram atribuídos variando com a importância de cada elemento e os objetivos foram classificados de acordo com a ordem de importância. Contudo, vários indicadores foram identificados e analisados, e apontaram pontos que precisam ser melhorados no sistema.

Tabela 1 - Objetivos, prioridades indicadores e pesos propostos por Geerse e Lobbrecht (2002)

Interesse / Objetivo	Prioridade	Indicador	Peso
Prevenção de alagamento	1	Segurança e saúde da população	Absoluto
	2	Redução de perdas devido a inundação	Absoluto
Ecologia /Natureza /Recreação na água	3	Redução da poluição das águas superficiais	-
	3a	Canais e lagoas	30
	3b	Principais rios	3
	3c	Descarga de poluentes	9
Gestão da água	4	Redução de custos operacionais do sistema	3
	5	Redução de sedimentação em esgotos	1
	6	Redução de problemas de odor (não incluído devido à falta de medidas)	-

Fonte: Adaptado de Geerse e Lobbrecht (2002)

Kolsky e Butler (2002) fazem uma análise sobre o desempenho de diferentes indicadores de drenagem usados comumente e entendem que muitas vezes eles não podem ser usados como base para a tomada de decisão. Então propuseram e discutiram o desenvolvimento de possíveis indicadores para avaliação do desempenho do sistema de drenagem urbana, sugerindo que dividissem os indicadores em 3 tipologias diferentes, apresentando vantagens e desvantagens de cada um, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Tipologias de indicadores e medidas apresentadas por Kolsky e Butler (2002)

Tipo de Indicador	Exemplo de Possíveis Indicadores	Vantagens	Desvantagens
Medidas de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> Profundidade da inundação Área inundada Duração da inundação 	<ul style="list-style-type: none"> Medidas diretas obtendo o resultado que o decisor precisa saber 	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade para medir Avaliação sazonal Não há ligação com as decisões a serem tomadas
Indicadores de desempenho	<ul style="list-style-type: none"> Níveis de sólidos na rede Capacidade de escoamento das estruturas Nível de bloqueio dos escoamentos 	<ul style="list-style-type: none"> Relativamente fáceis de medir Ligação mais direta com a ação a ser tomada que as medidas de desempenho 	<ul style="list-style-type: none"> Relações não claras com os resultados que o decisor precisa Mede os sintomas, mas não a causa do problema
Indicadores de processo	<ul style="list-style-type: none"> Frequência de limpeza das ruas Tempo gasto nas operações Orçamento 	<ul style="list-style-type: none"> Relativamente fáceis e práticas Podem se tornar rotina Ligação mais clara com as ações a serem tomadas 	<ul style="list-style-type: none"> Relações não claras com os resultados que o decisor precisa

Fonte: Adaptado de Kolsky e Butler (2002)

Silva (2013) listou mais de 100 indicadores de drenagem urbana da literatura e aplicou filtros baseados na redundância, relevância e disponibilidade dos dados e parcimônia, escolhendo 11 indicadores como sendo os mais importantes para a drenagem urbana (Tabela 3). Neste trabalho, entretanto, não foram aplicados testes mais robustos de análise de relevância.

Tabela 3 - Indicadores de desempenho para sistemas de drenagem priorizados por Silva (2013)

Indicadores de drenagem urbana
Indicador de modificações nos cursos d'água;
Indicador de frequência de alagamentos;
Indicador de monitoramento hidrometeorológico;
Indicador de quadro profissional permanente em relação ao total;
Indicador de cadastro de rede existente;
Indicador de planejamento a longo prazo;
Indicador de uso de técnicas compensatórias;
Indicador de abastecimento de água;
Indicador de esgotamento sanitário;
Indicador de cobertura de coleta de resíduos sólidos;
Indicador de incidência de doenças de veiculação hídrica.

Fonte: Silva (2013)

Marques (2006) propõe uma metodologia para padronização de Planos Diretores de Drenagem Urbana. Na seção de diagnóstico são propostos 28 indicadores para retratar a drenagem apresentados na Tabela 4. Alguns exprimem objetivamente os campos de análise da drenagem e apresentam formulações e formas de obtenção claras e relevantes aos sistemas de drenagem.

Tabela 4 – Lista de indicadores usada para elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana proposta por Marques (2006)

Agrupamento	Indicador	Formulação
	Taxa de crescimento da população	$\left(\sqrt[n]{\frac{P_{(t+n)}}{P_t}} - 1 \right) \times 100$
Inadequação do grau de permeabilidade do solo	Nível de urbanização	Pop. Urbana / Pop. Total
	Nível de áreas verdes urbanas	Área verde do município / Pop.Total
	Proporção de áreas construídas ou impermeabilizadas	Área Urbana impermeável / Área urbana total
	Taxa de incremento de vazões	(Vazão máxima de pré-urbanização / Vazão máxima de pós-urbanização) - 1
Inexistência ou inadequação do	Proporção de profissionais de nível superior	Nº de profissionais de nível superior / nº total de profissionais no setor

Agrupamento	Indicador	Formulação
serviço de drenagem pluvial	Proporção de profissionais de nível técnico profissionalizante	Nº de profissionais de nível técnico / nº total de profissionais no setor
	Carga horária de capacitação de recursos humanos	Horas de capacitação/ nº de profissionais de drenagem
	Indicador de desempenho financeiro	Recursos de drenagem / despesas totais com o serviço
	Investimento <i>per capita</i> em drenagem urbana	Investimentos em drenagem/ população total do município
Inexistência ou inadequação do sistema de drenagem pluvial	Cobertura domiciliar de microdrenagem	Domicílios em ruas com microdrenagem/ total de domicílios
	Cobertura do sistema de drenagem superficial	Ruas com sarjeta ou guias / total de ruas
	Cobertura do sistema de drenagem subterrâneo	Ruas com galerias / total de ruas
	Limpeza e desobstrução de galerias	Volume de sedimento retirado das galerias / período considerado
	Limpeza e desobstrução de canais	Volume de sedimento retirado dos canais / período considerado
	Incidência de alagamentos no município	Eventos registrados de alagamentos / ano
	Incidência de escorregamento de massa no município	Eventos registrados de escorregamento de massa / ano
Inexistência ou inadequação da gestão da drenagem urbana	Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	Mensagens encaminhadas ou ligações telefônicas ao serviço de atendimento ao público / Período considerado
	Existência de instrumentos para o planejamento governamental	----
	Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o Plano Diretor de Drenagem Urbana	Segmentos da sociedade civil participante / ano
	Despesa dos serviços de drenagem por empregado	Despesa média anual dos serviços de drenagem urbana / Servidor ou empregado da área
Existência de interferências à eficácia do sistema de drenagem	Cobertura de serviço de coleta de resíduos sólidos	Despesa com a prestação de serviços de terceiros para drenagem urbana / ano
	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	População residente atendida, direta ou indiretamente, por serviço regular de coleta de resíduos / população total residente em domicílios particulares permanentes
	Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	Quantidades de obstruções identificadas nos canais ou galerias / Extensão do canal ou galeria de drenagem
Inexistência ou inadequação de Salubridade ambiental	Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos	----
	Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	Quantidade de ruas expostas a inundação provocada por drenagem inadequada / total de ruas do município
	Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduos sólidos	Domicílios sem solução individual ou coleta de esgoto sanitário x (media de residentes/domicílios)
	Incidência de leptospirose	Nº de casos de leptospirose

Fonte: Adaptado de Marques (2006)

O projeto de desenvolvimento da União Europeia, CARE-S para apoio à reabilitação de redes de drenagem, contou com a participação de 16 países Europeus e 20 unidades gestoras europeias que teve como finalidade desenvolver um sistema de apoio a decisão para investir na reabilitação das redes de drenagem (CARDOSO *et al.*, 2006). O sistema de indicadores necessitava de parâmetros que caracterizassem os sistemas europeus sob o ponto de vista hidráulico, ambiental e estrutural que evidenciasse áreas com maior vulnerabilidade no déficit de funcionamento. Foram propostos 46 indicadores listados na Tabela 6.

Tabela 5 – Lista de Indicadores do Projeto CARE-S da União Europeia

Agrupamento	Sub-agrupamento	Indicadores
AMBIENTAIS	Águas residuais	Frequência de descargas de tempestade (nº/descarregador de tempestade)
		Volume de descargas de tempestade (m ³ /descarregador de tempestade)
		Duração de descargas de tempestade (horas/descarregador de tempestade)
		Volume de descargas de tempestade originadas por precipitação (%)
	Sedimentos	Remoção de sedimentos da rede de coletores (ton MS/ km)
INFRA-ESTRUTURAIS	Coletores	Entrada em carga de coletores em tempo seco (%)
		Entrada em carga de coletores em tempo de chuva (%)
		Entrada em carga significativa de coletores (nível de água pelo menos 0,5 m acima do topo do coletor) (%)
	Limpeza de coletores	Limpeza de coletores (%)
	Reabilitação de coletores	Reabilitação de coletores (%)
		Renovação de coletores (%)
		Substituição de coletores (%)
		Substituição, reconstrução, renovação ou reparação de câmaras de visita (%)
		Reabilitação de ramais de ligação (%)
OPERACIONAIS	Infiltração/Exfiltração/Ligações Indevidas	Infiltração/exfiltração e ligações indevidas (I/I/E) (%)
		Ligações indevidas (m ³ /km)
		Infiltração (m ³ /km)
		Exfiltração (m ³ /km)
	Falhas	Obstruções em coletores (n.º/100 km)
		Locais de obstrução em coletores (n.º/100 km)
		Locais com repetição de obstrução em coletores (n.º/100 km)
		Obstruções em instalações elevatórias (n.º/100 km)
		Inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km)
		Inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km)
		Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km)

Agrupamento	Sub-agrupamento	Indicadores
QUALIDADE DE SERVIÇO		Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km)
		Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km)
		Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km)
		Inundações de escorrências superficiais (n.º/100 km)
		Colapsos estruturais (n.º/100 km)
	Inundações	Inundação de alojamentos com origem em rede separativa de águas residuais em tempo seco (nº/1000 alojamentos)
		Inundação de alojamentos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo seco (nº/1000 alojamentos)
		Inundação de alojamentos com origem em rede separativa de águas residuais em tempo de chuva (nº/1000 alojamentos)
		Inundação de alojamentos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo de chuva (nº/1000 alojamentos)
		Inundação de alojamentos por água de escorrência pluvial (nº/1000 alojamentos)
	Interrupções de serviço	Interrupções do sistema de drenagem (%)
		Reclamações sobre obstruções no sistema de drenagem (nº /1000 habitantes)
		Reclamações sobre inundações (nº /1000 habitantes)
		Reclamações sobre acidentes de poluição imputáveis ao funcionamento do sistema (nº /1000 habitantes)
Reclamações sobre odores (nº /1000 habitantes)		
ECONÔMICO-FINANCEIROS	Custos	Custo unitário total por comprimento de coletor (€/km coletor)
		Custos unitários correntes por comprimento de coletor (€/km coletor)
		Custos unitários correntes de manutenção, limpeza e reparação por comprimento de coletor (€/km coletor)
	Investimento	Investimento unitário (€/km coletor)
		Investimento para construção de sistemas ou reforço dos existentes (%)
		Investimento para substituição e renovação de infraestruturas existentes (%)

Fonte: União Europeia (2005), apud Cardoso et al. (2006)

Cardoso (2008) também propõe, para a realidade da cidade de Lisboa em Portugal, um conjunto de 26 indicadores de drenagem urbana sendo 11 com respeito ao domínio hidráulico e 15 de domínio ambiental. A Tabela 6 apresenta essa lista com as formulações propostas. Neste estudo nota-se a preocupação do impacto das estruturas de rede sobre os domínios de análise de cunho hidráulico e ambiental, sem preocupar-se com medidas não estruturais, como a gestão urbana, aspectos financeiros e outros.

Tabela 6 – Lista de indicadores para análise da rede de drenagem nos domínios hidráulicos e ambiental, propostos por Cardoso (2008)

Agrupamento – Indicador		Formulação	
Capacidade Hidráulica - Altura do escoamento			
Capacidade de transporte de sedimentos - Velocidade média do escoamento			
Domínio Hidráulico	Infiltração	Utilização da capacidade da seção cheia por infiltração	Vazão infiltrada / Vazão seção cheia
		Proporção da infiltração na vazão média de tempo seco	Vazão infiltrada / Vazão média de tempo seco
		Vazão unitária de infiltração por comprimento de coletor	Vazão infiltrada / comprimento de coletor
		Vazão unitária de infiltração por parede de coletor	Vazão infiltrada / Área de parede do coletor
		Vazão unitária de infiltração por câmara de visita	Vazão infiltrada / nº de câmaras de visita
		Vazão unitária de infiltração por ramal doméstico	Vazão infiltrada / nº de ramais domésticos
	Ligações indevidas à rede	Utilização da capacidade da seção cheia por ligações indevidas	Vazão máxima das ligações indevidas / vazão de seção cheia
		Proporção do volume de escoamento pluvial relativamente ao de tempo seco	Volume por ligações indevidas/ volume médio de tempo seco
		Proporção do volume de escoamento pluvial que indevidamente aflui ao sistema	Volume de descarregado/ volume precipitado
	Domínio Ambiental	Descargas para o meio receptor - quantidade	Percentagem de volume descarregado
Frequência de descarga			Nº de eventos de precipitação com descarga / período de referência
Descargas para o meio receptor - qualidade		Concentração de DBO 5,20	
		Concentração de DQO	
		Concentração de Sólidos Suspensos Totais	
Descargas para o meio receptor - zonas sensíveis		Concentração de Nitrogênio total descarregado	
		Concentração de Fósforo total descarregado	
		Concentração de Coliformes fecais descarregado	
		Concentração de Coliformes totais descarregado	
Septicidade		Concentração de Sulfetos	
Exfiltração		Proporção de exfiltração (vazão de tempo seco)	Vazão exfiltrada / Vazão média de tempo seco
		Vazão unitária de exfiltração por comprimento de coletor	Vazão exfiltrada / comprimento de coletor
		Vazão unitária de exfiltração por área de parede do coletor	Vazão exfiltrada / Área de parede do coletor
	Vazão unitária de exfiltração por câmara de visita	Vazão exfiltrada / nº de câmaras de visita	
	Vazão unitária de exfiltração por ramal doméstico	Vazão exfiltrada / nº de ramais domésticos	

Fonte: Cardoso (2008)

Holz (2010) propôs um índice de risco de alagamento para a Bacia do Riacho Reginaldo em Maceió/AL, composto por 4 indicadores que representariam as características dos alagamentos na bacia, são eles:

- Indicador das Consequências, tratou a profundidade de água no interior das residências como sendo o avaliador das consequências do alagamento;
- Indicador de Probabilidade de Ocorrência, relacionado à frequência com que uma determinada área é atingida pelo alagamento;
- Indicador de População Atingida, que refere-se à exposição da população ao alagamento;
- Indicador de Geração de Escoamento Superficial, tratando da quantificação do volume de água escoado.

Gama (2013) usou o índice de risco de alagamento proposto por Holz (2010) como sendo o indicador de drenagem urbana para elaboração do Índice de Salubridade Ambiental (ISA) de Maceió.

Os indicadores do sistema de drenagem devem ter uma abrangência de informações compatível com a complexidade desse sistema. Parâmetros de qualidade de água e elementos que fazem o controle de vazão também devem ser incorporados nas análises da drenagem urbana. Todeschini *et al.* (2012) combinaram tanques de retenção de águas pluviais com reguladores de fluxo e observaram indicadores que descrevem a mitigação do impacto da poluição pelo uso do sistema combinado. O esvaziamento contínuo garantiu o menor número e duração de cheias, e o funcionamento intermitente minimizou o volume que deve ser enviado para tratamento, reduzindo custos.

Silva *et al.* (2013) propuseram uma avaliação expedita do desempenho do sistema de drenagem de áreas de uma cidade a partir do modelo Pressão – Estado – Resposta (PER), desenvolvido em 1998 pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos - OECD para avaliação de indicadores ambientais globais. Tal modelo baseia-se no conceito de causalidade: as atividades humanas provocam pressão no ambiente, o qual sofre alterações em sua qualidade e na quantidade de recursos naturais disponíveis, em outras palavras, o ambiente passa por modificações em seu estado. Por sua vez, a sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas ou setoriais. São três os grupos ambientais especificados a partir desse modelo:

- Indicadores de pressão ambiental: descrevem as pressões oriundas das atividades humanas sobre o ambiente. A quantidade e a qualidade dos recursos naturais são incluídas nestes;
- Indicadores de condições ambientais ou de estado: referem-se à qualidade do ambiente, bem como, a qualidade e a quantidade dos recursos naturais. Estes devem gerar uma visão do estado do ambiente e sua evolução no tempo;
- Indicadores de resposta: são medidas que apresentam a resposta da sociedade em decorrência das modificações ambientais, podendo ser relacionada à mitigação ou prevenção dos efeitos nocivos resultantes das ações do homem sobre o ambiente, à paralisação ou reversão dos danos provocados no meio, e à preservação e conservação da natureza e dos recursos naturais.

A Tabela 7 ilustra os indicadores usados por Silva *et al.* (2013) e os devidos grupos ambientais. Alguns indicadores listados pelos autores fazem parte dos grupos de indicadores de pressão ambiental e de resposta ao mesmo tempo, sendo esses apresentados como um outro grupo.

Tabela 7 - Indicadores de desempenho para avaliação expedita da drenagem urbana proposta por Silva et al. (2013)

Grupo	Indicadores
Indicadores de pressão ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecimento da produção de sedimentos (locais onde o solo não está protegido superficialmente) • Disposição de resíduos sólidos nas vias públicas.
Indicadores de resposta	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de armazenamento e infiltração para água pluvial (valas de infiltração ou similares). • Porcentagem dos lotes que possuem dispositivos de captação e reuso de água pluvial.
Indicadores de pressão / Indicadores de resposta	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção do sistema de drenagem urbana. • Tipos de passeios. • Frequência da varrição dos passeios públicos. • Frequência da coleta de lixo.
Indicadores de condições ambientais ou de estado	<ul style="list-style-type: none"> • Possível erosão na pavimentação e nos acessos ocasionada por escoamento pluvial. • Existência de diretrizes para a execução do sistema de drenagem urbana.

Grupo	Indicadores
	<ul style="list-style-type: none"> • Condições físicas dos equipamentos de drenagem. • Possível interferência do escoamento pluvial no trânsito de veículos. • Ocorrência de alagamentos. • Compatibilização das curvas verticais nos cruzamentos • Possível interferência do escoamento pluvial no movimento de pedestres.

Fonte: Silva et al. (2013)

2.6.1. Indicadores de drenagem usados na gestão urbana brasileira

Em 2000, pela primeira vez, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE tratou de inserir o componente de drenagem urbana no universo das Pesquisas Nacionais de Saneamento Básico levantando dados das diversas prestadoras desse serviço. No documento Manual do Entrevistador da Pesquisa Nacional de Saneamento - 2000 (IBGE, 2000), que serve como guia para orientar os entrevistadores em como coletar os dados para este projeto, observa-se quatro grupos de informações a serem coletadas:

- Situação do serviço de drenagem urbana no município;
- Sistema de drenagem urbana;
- Sistema de drenagem especial;
- Pessoal ocupado.

Porém o documento gerado a partir dessa pesquisa, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000 (IBGE, 2002), informa apenas a existência ou não da drenagem nos municípios não faz nenhuma alusão à qualidade, ou capacidade do sistema.

No documento de diagnóstico do saneamento básico no Brasil, o Panorama Nacional de Saneamento Básico no Brasil (BRASIL, 2011) entende que o componente de drenagem deve ter uma abordagem diferente dos outros componentes por suas particularidades, e destaca que a natureza do serviço não permite indicadores.

O PLANSAB, documento anual em que se estabelece as metas para o saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2014), adotou um conceito que considera, além da disponibilidade de infraestrutura, aspectos referentes ao uso e a qualidade do mesmo. Ele estabelece que o índice de saneamento Brasileiro deve se basear em quatro componentes:

- Abastecimento de água;
- Esgotamento sanitário;
- Manejo de resíduos sólidos;
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Este documento estabelece apenas um componente para o indicador de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, de forma a ser calculado segundo a Equação 3.

$$D1 = \frac{\text{Número de municípios com inundações e/ou alagamentos nos últimos 5 anos}}{\text{Total de municípios}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde, D1 é o indicador para o componente de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

O município de Belo Horizonte em Minas Gerais por meio da Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP) iniciou o Plano Diretor de Drenagem Urbana em 1999 (BELO HORIZONTE, 2001) com o intuito de dotar a prefeitura de um instrumento para gerir os serviços de controle de cheias urbanas. A primeira versão do plano foi concluída em 2001, por uma empresa de consultoria e não apresentava indicadores diretos formulados para a drenagem. O documento alerta para a necessidade de realização de obras emergenciais para o atendimento à população, e fazia uma análise integrada da rede, apresentando caracterização das bacias, cadastros de rede e caracterização estrutural dos elementos constituintes (MARQUES, 2006).

Em 2004 na atualização do Plano Municipal de Saneamento – PMS (BELO HORIZONTE, 2004), foi apresentado um índice de drenagem urbana (Idr), que foi usado para composição do Índice de Saneamento Ambiental (ISA).

O Idr foi sendo reformulado sempre quando se atualizava o PMS. No ano de 2004 o Idr_{2004} era calculado a partir de um único indicador chamado de “indicador de eventos de inundação” (Iev) que foi expresso pelo número de eventos de inundação na área considerada (ev) em relação ao número total de eventos de inundação na cidade (Ev), subtraído da unidade.

$$Idr_{2004} = Iev = 1 - \frac{ev}{Ev} \quad (\text{Equação 4})$$

Na atualização do PMS em 2008 (BELO HORIZONTE, 2008), o Idr_{2008} mudou completamente a formulação passando a ser expresso por dois indicadores: um indicador do sistema existente de macrodrenagem ($Isdr$) e outro de atendimento também pelo sistema de macrodrenagem ($Iadr$), conforme a Equação 5:

$$Idr_{2008} = [(0,50 \times Isdr) + (0,50 \times Iadr)] \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Isdr: Indicador de suficiência do sistema existente de macrodrenagem:

É expresso pelo comprimento de extravasamento no córrego canalizado, para o Tr de projeto (Lex), pelo comprimento total de córregos canalizados na área considerada (Ltc), subtraído da unidade:

$$Isdr = 1 - \frac{Lex}{Ltc} \quad (\text{Equação 6})$$

Iadr: Indicador de atendimento pelo sistema de macrodrenagem:

Expresso pela extensão das intervenções necessárias no córrego sem tratamento (Lin), pelo comprimento total de córregos sem tratamento na área considerada (Lts), subtraído da unidade:

$$Iadr = 1 - \frac{Lin}{Lts} \quad (\text{Equação 7})$$

Na atualização do PMS em 2010 (BELO HORIZONTE, 2010), o Idr_{2010} foi mantido com a mesma formulação do Idr_{2008} , já na versão 2014 deste documento (BELO HORIZONTE, 2014), o Idr_{2014} mais uma vez foi alterado, voltando a ter um único indicador em sua formulação, sendo expresso pela população inserida nas manchas de inundação (Pmi) em relação à população total (Pt) da área considerada, conforme a Equação 8.

$$Idr = 1 - \frac{Pmi}{Pt} \quad (\text{Equação 8})$$

Pode-se perceber a não representatividade do sistema de drenagem devido à grande variabilidade nos indicadores usados. A cada atualização do PMS houveram alterações significativas na formulação, inclusive conceituais.

A cidade de São Paulo, no seu Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (SÃO PAULO, 2012) apresenta um conjunto de 31 indicadores agrupados em oito campos de análise para avaliar o desempenho do sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais (Tabela 8).

Tabela 8 – Conjunto de indicadores usados para avaliação do desempenho da drenagem na cidade de São Paulo

Campo de análise	Indicador	Unidade de medida
Estratégico	Autossuficiência financeira com a coleta de águas pluviais	%
	Índice de produtividade da força de trabalho com atuação no sistema de drenagem e manejo de águas pluviais	empregados/hab
Operacional	Índice de atendimento urbano de águas pluviais	%
Grau de permeabilidade do solo	Taxa de crescimento da população	%
	Nível de urbanização	%
	Nível de áreas verdes urbanas	m ² /hab
	Proporção de área construída ou impermeabilizada	%
	Taxa de incremento de vazões máximas	%
Gestão da drenagem urbana	Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem	ocorrências/ano
	Existência de instrumentos para o planejamento governamental (planos e programas de drenagem)	S/N
	Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o plano de drenagem	participantes /segmento
	Cadastro de rede existente	S/N ou %
Abrangência do sistema de drenagem	Cobertura do sistema de drenagem superficial	%
	Cobertura do sistema de drenagem subterrânea	%
	Investimentos <i>per capita</i> em drenagem urbana	R\$/hab
	Implantação dos programas de drenagem	Valor investido (R\$) ou %
Avaliação do serviço de drenagem pluvial	Limpeza e desobstrução de galerias	m ³ /ano ou km de galerias limpas e inspecionadas
	Limpeza e desobstrução de canais	m ³ /ano ou km de canais limpos/km total de canais
	Limpeza e desobstrução de boca de lobo	m ³ /ano ou n° de bocas de lobo limpas / n° total de bocas de lobo
	Limpeza de reservatórios	m ³ /ano ou n° de reservatórios limpos / n° total de reservatórios
Gestão de eventos hidrológicos extremos	Incidência de alagamentos no Município	eventos/ano
	Estações de monitoramento quantitativo e qualitativo	n° estações/km
	Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos	%

Campo de análise	Indicador	Unidade de medida
Interferências à eficácia do sistema de drenagem	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%
	Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana	obstruções/km
Aplicação de novas tecnologias	Implantação de medidas estruturais sustentáveis	R\$
	Cursos de especialização, treinamento e capacitação técnica	nº de cursos/ano
Salubridade ambiental	Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos	%
	Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada	%
	Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduo sólido	%
	Incidência de leptospirose e outras moléstias de veiculação hídrica	%

Fonte: São Paulo (2012)

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) da cidade de Curitiba no Paraná (CURITIBA, 2002) estabelece que a avaliação do sistema de drenagem não é para medir os benefícios econômico-financeiros das intervenções urbanas hídricas, mas sim o de estruturar critérios de decisão de investimentos satisfatórios à sociedade tendo como base avaliações econômico-financeiras. A ideia é dar notas a alguns atributos classificados como adversos ou favoráveis à valorização dos lotes, atribuindo pesos a cada um deles, na Tabela 9 pode-se observar a lista dos atributos e os respectivos pesos. O índice é calculado pelo somatório das notas multiplicadas pelos respectivos pesos.

O texto do Plano informa que a avaliação quanto aos atributos do sistema de coleta de esgoto, drenagem urbana, pavimentação e zoneamento se deu pela verificação do grau de atendimento através de consultas junto aos técnicos e banco de dados da SANEPAR, da Secretaria de Obras Públicas de Curitiba – SMOP, do Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba – IPPUC, e banco de dados da Secretaria de Planejamento de Pinhais e junto aos técnicos da Secretaria de Urbanismo de São José de Pinhais. O texto não esclarece a metodologia de obtenção desses indicadores.

Tabela 9 - Atributos a serem avaliados na estimativa das intervenções

Quanto a valorização comercial	Atributos	Pesos
Fatores Adversos	Área inundáveis	3
	Sistema de coleta de esgoto	3
	Drenagem urbana	3
	Coleta de resíduos sólidos urbanos	2
	Ocupações irregulares	2
	Distância as áreas degradadas	2
Fatores Favoráveis	Zoneamento	5
	Pavimentação	2
	Arborização das vias urbanas	2
	Sistema de áreas verdes/recreação	3
	Serviços urbanos	2
	Equipamentos comunitários	3
	Distância ao centro principal	5

Fonte: Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba (2002)

A Secretaria de Saneamento de Santo André em São Paulo utiliza para quantificação dos serviços de drenagem (SANTO ANDRÉ, SEM DATA) os seguintes itens:

- Extensão da rede de drenagem;
- Quantidade de tanques de retenção (piscinões);
- Quantidade de microreservatórios;
- Capacidade de armazenamento;
- Total de bocas de lobo na cidade;
- Total de bocas de lobo limpas/ano;
- Extensão capina e roçada de córregos e piscinões/ano;
- Total de resíduos retirados dos córregos e piscinões/ano;
- Total da área capinada/ano.

Todos os itens são referentes a infraestrutura de drenagem e não levam em consideração características relacionadas aos eventos.

2.7. CONCLUSÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS INDICADORES

Entende-se que o sistema de drenagem é muito mais que as estruturas existentes na cidade para retirada da água precipitada. A complexidade das mais diversas interfaces do sistema de drenagem com outros sistemas urbanos, ações de educação ambiental, monitoramento hidrológico e de risco de eventos, gestão de risco, gestão financeira entre outros é o que deve ser representado pelo conjunto proposto.

Os métodos de elaboração dos indicadores de drenagem urbana existentes não são muito claros e variam bastante com relação aos conceitos retratados. A relação entre os indicadores de planejamento urbano e os indicadores de drenagem urbana é importante para permitir uma gestão integrada da expansão urbana das cidades, portanto há uma necessidade de aprimoramento de uma metodologia que relacione esses indicadores (TUCCI, 2008).

O fato de haver diversas concepções demonstra a dificuldade de mensuração das diversas interfaces deste serviço. A multidisciplinaridade da drenagem é um fator característico que gera diferentes visões sobre as diversas realidades, tornando mais complexo a confecção de indicadores de avaliação do sistema.

As formulações, proposições e padronizações de indicadores devem ser passíveis de alterações, ao longo do tempo os indicadores necessitam de ajustes devido a vários processos de atualizações que vão surgindo. Novos modelos de desenvolvimento urbano, práticas construtivas, diferentes visões políticas, novas tecnologias aplicadas, modelos de obtenção de dados diferentes são apenas alguns exemplos de mudanças que afetam diretamente na escolha de um conjunto de indicadores.

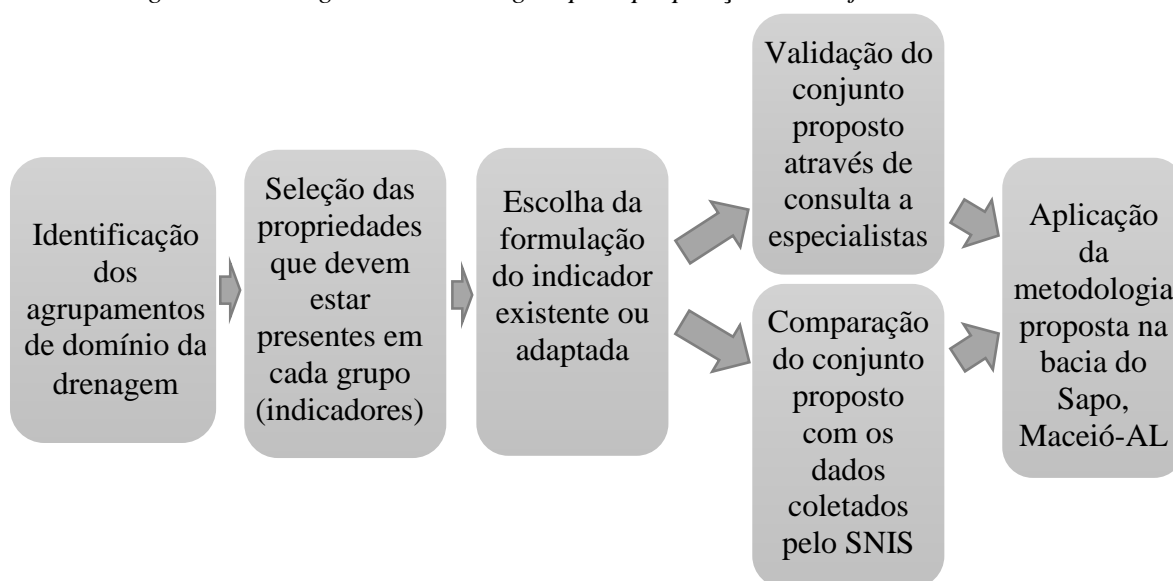
Os estudos sobre o tema e os planos diretores de drenagem mostram essa variação claramente ao apresentarem diferentes metodologias, formulações e modelos de representar os indicadores de drenagem urbana à cada atualização dos mesmos, assim como apresentado pelo Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte com diferentes formulações para as versões apresentadas.

Nota-se então a necessidade de se apresentar uma metodologia útil na avaliação do sistema de drenagem aplicável aos Planos Municipais de Saneamento. O processo de definição de indicadores de qualquer serviço urbano não é estático, pois as cidades mudam constantemente, assim como os costumes e tecnologias disponíveis. A discussão constante sobre como representar a situação dos sistemas urbanos sempre se faz necessário.

3. METODOLOGIA

O trabalho consiste em um levantamento de dados utilizados para construção de um conjunto de indicadores que representem o desempenho da drenagem urbana, buscando sintetizar a informação da situação do sistema de drenagem. A concepção do conjunto de indicadores proposto se dá por meio de adaptações de formulações já usadas, sistematização de indicadores já conhecidos e novas concepções de indicadores proposto pelo autor. A literatura oferece uma grande quantidade de indicadores para a área de drenagem, em outros estudos mais gerais, com foco no serviço de saneamento básico ou apresentados em manuais de elaboração de diagnósticos desse serviço de forma pouco sistematizada e normalizada (como o da FUNASA, 2012).

Figura 4 - Fluxograma metodológico para proposição do conjunto de indicadores



A metodologia adotada para propor o conjunto de indicadores segue a sequência apresentada na Figura 4. Inicialmente identifica-se os grandes grupos de domínio do sistema de drenagem urbana, em seguida selecionam-se os indicadores que devem representar cada agrupamento. A adequação da formulação de cada indicador para a ideologia proposta no estudo, além de informações de como obter esses dados para que os mesmos tipos de dados sejam coletados em diferentes bacias e os valores dos indicadores sejam passíveis de comparações.

O conjunto de indicadores propostos é uma ferramenta de auxílio ao planejamento do serviço de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, então os indicadores devem ser construídos levando-se em consideração o recorte de bacia ou sub-bacia. A Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007 em seu Art. 48, inciso X define que a bacia hidrográfica deve ser usada como unidade de planejamento das ações para as políticas de saneamento (BRASIL, 2007a).

Como forma de validação do conjunto de indicadores e participação de especialistas no processo de definição dos mesmos foi elaborada uma pesquisa com especialistas por meio de questionário digital objetivo e com possibilidades de inserir observações, colocações e reformulações dos itens. Foram listados os indicadores com suas respectivas formulações e em cada indicador era solicitado que o respondente indicasse qual o grau de relevância do mesmo para o sistema de drenagem (Muito Relevante, Relevante, Pouco Relevante ou Irrelevante).

O intuito foi consultar a opinião de outras pessoas que trabalhem direta ou indiretamente com a drenagem sobre o conjunto proposto, permitindo que fossem agregadas suas sugestões, com o objetivo de reformular o conjunto proposto e assim o torne multidisciplinar e represente as ideias de vários especialistas.

Por fim, a aplicação do conjunto de indicadores propostos em uma sub-bacia urbana para verificação das dificuldades de aplicação da metodologia proposta e análise do conjunto de indicadores aplicado na Bacia do Riacho do Sapo na cidade de Maceió-AL.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS FUNDAMENTAIS E DOMÍNIO DE AVALIAÇÃO - AGRUPAMENTO DOS INDICADORES

Os indicadores listados foram organizados por dimensões de avaliação, que tem como finalidade separar as grandes categorias relacionadas ao sistema de drenagem. Esses grandes grupos coincidem com os aspectos fundamentais de domínio do sistema. O agrupamento dos indicadores pelos domínios visa uma melhor compreensão das informações apresentadas, separando as categorias de análise.

Foram identificados 9 domínios fundamentais de análise do sistema de drenagem nos quais são observadas as diversas interfaces multidisciplinares que ela está inserida. Então foram selecionados indicadores que a literatura já apresenta, de forma que estejam inseridos no contexto proposto por cada agrupamento.

A

Tabela 10 apresenta o conjunto de indicadores proposto para que possam ser conhecidos os tópicos de análise do sistema de drenagem com os devidos agrupamentos, e também os indicadores, apresentando as ideias do que é abordado em cada agrupamento. As formulações e diretrizes para construção do indicador será discutido em seguida.

A escolha desses 9 agrupamentos teve como base o agrupamento de indicadores para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário usado pelo SNIS para apresentação dos dados coletados nesses serviços (BRASIL, 2016a). Comparativamente a quantidade de dimensões para os sistemas de água e esgoto tem menor quantidade: são 5 agrupamentos para os serviços de água e esgoto (são apresentados juntos uma vez que a grande maioria das companhias de saneamento são concessionárias dos dois serviços). Dado a complexidade de avaliação do serviço de drenagem justifica-se a ampliação da quantidade de dimensões observadas.

Tabela 10 - Lista de indicadores propostos

Agrupamento		Conjunto de Indicadores
1	Indicadores de monitoramento	Precipitação anual
		Precipitação diária máxima anual
		Monitoramento Pluviométrico
		Monitoramento Fluviométrico
2	Indicadores da rede existente	Indicador de abrangência do serviço de drenagem
		Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem
		Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem
		Abrangência do cadastro da rede de Macrodrenagem
		Abrangência total estimada da rede de Macrodrenagem
3	Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Quantidade de pontos críticos de alagamentos
		Indicador de área impermeável
		Indicador de modificação nos cursos d'água
		Indicador de existência de mata ciliar
4	Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	Indicador de área verde no ambiente urbano
		Indicador de frequência de alagamentos
		Área alagada
		Profundidade máxima atingida no alagamento
		Duração do alagamento
		População atingida pelo alagamento

Agrupamento		Conjunto de Indicadores
		Indicador de frequência de inundação ribeirinha
		Área inundada
		Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha
		Duração da inundação ribeirinha
		População atingida pela inundação ribeirinha
5	Indicadores de qualidade da água escoada	Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)
		Concentração de DBO
		Concentração de DQO
		Concentração de coliformes totais
		Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)
6	Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental
		Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem
7	Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana	Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo
		Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo
		Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporadas à drenagem urbana)
8	Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a drenagem urbana	Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos
		Indicador de frequência de varrição de vias da bacia
9	Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana	Indicador de força de trabalho (engenheiros e arquitetos urbanistas) no setor de drenagem
		Indicador atualização técnica do corpo técnico de planejamento
		Indicador de receita captada para o sistema de drenagem urbana
		Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana
		Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de drenagem urbana
		Indicadores de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios
		Indicadores de gastos com programas e ações de educação ambiental no município
Autossuficiência do sistema de drenagem urbana		

3.2. SELEÇÃO E ADAPTAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS EM CADA AGRUPAMENTO

A revisão bibliográfica serviu como base de escolha para o conjunto de indicadores aqui proposto. A forma de sistematização dos mesmos com o intuito de apresentar o sistema é o foco do trabalho. É imprescindível atentar para a multidisciplinaridade da drenagem urbana, levando em conta aspectos técnicos, legais, financeiros, socioculturais entre outros, que devem compor as escolhas dos indicadores. Os aspectos que resumem de forma objetiva o agrupamento são os escolhidos para representar aquela dimensão de análise.

Os indicadores devem ser o mais fiel possível com a realidade do sistema de drenagem urbana, sensível às variações e justo com a situação, dando uma informação exata e renovável sem perder a visão da situação ideal. É indispensável que possuam simplicidade técnica sem perder de perspectiva atributos como custo de obtenção, temporalidade, representatividade espacial e confiabilidade dos dados.

De forma complementar, a maioria dos indicadores propostos foram adaptados sob o ponto de vista de formulação para que pudessem atender a ideologia de aplicação dos mesmos. Na escolha dos indicadores de drenagem atentou-se para manter a finalidade principal dos mesmos que é de ajudar e aperfeiçoar o processo de tomada de decisão em diferentes escalas de análise.

A multidisciplinaridade da drenagem será representada pelos indicadores propostos, permitindo avaliações do sistema conforme as mais diversas funções urbanas que desempenham (hidrológica, urbanística, ambiental, etc.). A representatividade do conjunto de indicadores, para ser usado em avaliações e diagnósticos, deve permitir o estabelecimento de prioridades no direcionamento de investimentos neste componente do saneamento.

Um dos pontos de destaque no processo de gestão das águas urbanas está relacionado à qualidade da água. Processos de uso e ocupação do solo trazem mudanças na qualidade da água escoada, e algumas práticas podem ter resultados menos poluidores, devendo essas serem incentivadas. Este assunto se encontra em evidência dado que a maioria dos cursos d'água urbanos brasileiros possuem águas com padrões de qualidade inferiores à classe especificada pela Resolução CONAMA N° 375 de 29 de agosto de 2005 (BRASIL, 2005).

A qualidade da água escoada e sustentabilidade de drenagem serão incorporadas ao conjunto de indicadores propostos, alertando sobre a necessidade de se melhorar esse serviço

também nesse aspecto. Para que as melhorias propostas para o sistema de drenagem não estejam restritas apenas a alargamento de canais e tubulações, mas também seja contemplada com melhorias da qualidade da água escoada e da situação dos leitos de cursos d'água.

Um aspecto importante considerado para o conjunto foi o de tornar os indicadores apropriados, aceitáveis e conclusivos aos olhos da comunidade envolvida. Os dados que irão utilizar devem ser de obtenção sistemática, padronizada e com uma relativa facilidade de obtenção e compreensão. A dificuldade de coletar informações muito complexas ou que necessite de altos graus de conhecimento podem fazer com que tenham rejeições para uso, ou até mesmo impossibilidades de coleta diante das ferramentas disponíveis. Por outro lado as informações devem ser precisas o suficiente para que o diagnóstico correto possa ser abordado por aquelas informações.

3.3. A FORMULAÇÃO DOS INDICADORES

A proposta para a representação da equação da informação é que seja a mais direta possível, que possam ser coletadas diretamente do recorte analisado, evitando assim viés quando se propõe uma classificação por notas sugeridas por especialistas, por exemplo. Da forma sugerida a informação coletada não terá tendenciosidade e a sistematização de como os dados deverão ser coletados deve ser o fator que permitirá as comparações.

As formulações dos indicadores propostos são basicamente razões em que o denominador representa uma característica da bacia para que o mesmo possa ser generalizado e passível de comparação com qualquer outra bacia. Semelhante à forma como são organizados os indicadores dos serviços de água e esgoto, tem a função de tornar comparáveis entre bacias ou sub-bacias.

Por exemplo o Índice de Atendimento Total de Água (IN055), que foi base para o indicador de abrangência do serviço de drenagem. O Índice de Atendimento Total de Água é parte do Indicador Operacional do índice de abastecimento de água usado pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, no documento Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2014 (BRASIL, 2016a) e é expresso pela Equação 9, uma simples razão em que expressa um índice que pode ser comparável com outros locais diretamente, ilustrando um aspecto importante da situação de abastecimento d'água.

$$IN055 = \frac{\text{População total atendida pelo abastecimento d'água}}{\text{População total residente}} \text{ (Equação 9)}$$

Alguns indicadores propostos não precisam ser expressos por razões, dado que já são representativos e passíveis de comparações com outras bacias. Um exemplo é a precipitação média anual, que deve servir como apenas para conhecimento da quantidade de precipitação local, já sendo passível de comparação com outras bacias. Evidente que as características chuvosas da região apresentam outros fatores que influenciam na quantidade de água escoada/drenada, mas esse dado já indica uma informação importante.

3.4. INFORMAÇÕES PARA IMPLEMENTAR O INDICADOR

As informações bases, ou dados necessários para alimentar a formulação de cada indicador são provenientes de explorações de sistemas de monitoramentos das mais diversas áreas. Além de informações sobre a situação das estruturas destinadas aos serviços de drenagem, é necessário conhecer informações acerca da gestão de eventos naturais, dados meteorológicos e a situação econômica do prestador de serviço de drenagem urbana para se avaliar de forma geral a situação do sistema urbano mais complexo.

Um indicador é uma característica ou variável de estado que pode ser medida ou calculada e que permite expressar em termos quantitativos o desempenho do sistema. Este pode ser obtido por dados de monitoração do sistema, variando-se espacialmente e temporalmente.

Informações atualizadas coletadas por meios de geoprocessamento são imprescindíveis para avaliações do sistema, e muitas informações importantes para a gestão urbana podem ser coletadas diretamente das imagens do recorte urbano.

O processo de gestão visa inicialmente um conhecimento da atual situação para tomar as medidas a fim de melhorar os indicadores. Após as modificações e implementações esses indicadores serão alterados. As informações não são estáticas no tempo e há uma necessidade de atualização dos dados fornecidos para que os indicadores assumam outros valores, e com base nesses valores o modelo de gestão do sistema possa ser avaliado.

Assim como os outros serviços de saneamento o ideal é que o ciclo anual de coleta de informações seja obedecido, assim há um acompanhamento da eficiência das políticas de investimento no sistema em análise.

3.5. VALIDAÇÃO DO CONJUNTO PROPOSTO – PESQUISA DELPHI

Como forma de validação do conjunto de indicadores proposto pensou-se em fazer uma consulta a especialistas das diversas áreas que se relacionam à drenagem por meio de um questionário em metodologia Delphi para analisar a opinião dos consultados sobre o disposto.

A técnica Delphi passou a ser disseminada no começo da década de 1960, com um objetivo original de desenvolver uma técnica para aprimorar o uso de opiniões de especialistas na previsão tecnológica. A metodologia de pesquisa Delphi baseia-se no princípio de que as previsões de um grupo estruturado de especialistas são mais precisas que as provisões individuais. Busca o consenso de opiniões de especialistas a respeito de um determinado tema. O anonimato e a inexistência de encontros físicos minimizam os efeitos persuasivos e também outros fatores psicológicos que possam influenciar no que será disposto (MARTINO,1993; WRIGHT & GIOVINAZZO, 2000).

Este método se baseia em 3 condições para que sejam seguidos:

- Anonimato;
- Estatísticas de resultados;
- Feedback das respostas aos participantes como possibilidades de revisão das visões individuais.

A escolha da Metodologia Delphi se dá pela característica de multidisciplinaridade do estudo proposto, já que os aspectos de análise da drenagem urbana são muito amplos, sendo influenciado por vários fatores e sendo foco de debate para várias áreas de conhecimento. Ao propor que especialistas de diversas áreas possam responder o questionário, a abrangência multidisciplinar do conjunto de respostas deverá representar o ponto de vista das mais diversas áreas vinculadas à drenagem.

O método é dividido em duas fases, onde a primeira proposta apresenta os indicadores com suas respectivas formulações para que os especialistas opinem sobre a importância de cada

um para retratar o sistema. Nessa fase também são aceitas contribuições e sugestões para ajustes em todo o conjunto desde a formulação, os indicadores e as dimensões de análise.

Como forma de participação direta na implementação de formulações para indicadores, também foi solicitado, no questionário inicial, que os respondentes sugerissem formulações para os indicadores do agrupamento de Indicadores de sustentabilidade de drenagem urbana de forma aberta e livre.

A segunda etapa é quando são apresentados os resultados das respostas aos participantes para que os participantes possam repensar suas opiniões e possam refazer suas sugestões, revisando suas visões com base na estatística de resposta apresentada em cada item. O objetivo de tentar obter novas estatísticas com uma melhor convergência das ideias debatidas. Os resultados das opiniões colhidas nessa pesquisa devem ser aplicados para ajuste, e modificações no conjunto de indicadores propostos.

A seleção do conjunto de respondentes deve obedecer o critério de ser o mais heterogêneo possível de acordo com as diversas vertentes e interfaces da drenagem. Uma amostra com diversas visões, de profissionais atuantes em diversas áreas, permite que a convergência das ideias seja o mais representativo para uma população.

Figura 5 – Sequência de execução de uma pesquisa em metodologia Delphi



Como não houve uma quantidade representativa de respondentes em tempo hábil para implementação de uma segunda rodada do questionário proposto, as análises relativas à esta consulta foram feitas apenas pela resposta direta obtida na rodada inicial desta pesquisa, levando em consideração todas as sugestões, críticas e adequações feitas pelos respondentes.

3.6. COMPARAÇÃO DO CONJUNTO PROPOSTO COM OS DADOS DA COLETA DE DADOS DE ÁGUAS PLUVIAIS DO SNIS

Também como uma forma de validar o conjunto de indicadores proposto, foi feita uma análise comparativa com os itens solicitados pela coleta de dados para o diagnóstico de águas pluviais do SNIS. A análise tem como objetivo identificar se as ideias dos indicadores propostos convergem com os dados solicitados pelo Ministério das Cidades.

Por meio do glossário de informações (BRASIL, 2016b) podem ser conhecidos os dados solicitados para a implementação do diagnóstico, que serão comparados com os dados necessários para implementação do conjunto de indicadores aqui propostos.

3.7. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO INDICADORES PROPOSTOS NA BACIA DO RIACHO DO SAPO EM MACEIÓ-AL

Como objetivo de avaliar a disponibilidade de dados para gerar os indicadores, foi estudada a bacia hidrográfica do Riacho do Sapo, em Maceió/AL. É uma bacia que se localiza integralmente na zona urbana, é densamente habitada, e faz parte da Bacia Hidrográfica do Reginaldo, uma das mais importantes e habitadas da capital alagoana. Abrange uma parte da área comercial do município de Maceió, e segundo Barros *et al.* (2013) experimentou um período de 8 anos (2002 à 2010) um aumento considerável do uso e ocupação do solo associadas a construção de grandes estabelecimentos comerciais.

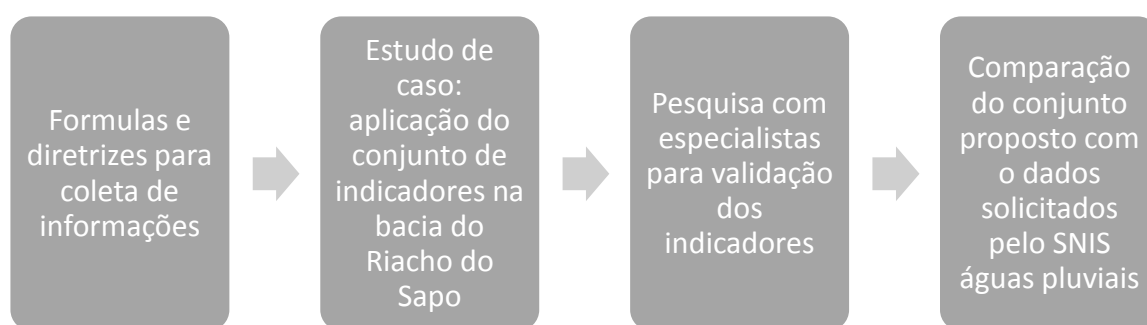
O fato da Lei 11.445 (BRASIL, 2007a) estabelecer que todo o planejamento de sistemas de drenagem seja para o recorte de bacia ou sub-bacia, define que o proposto seja para o mesmo recorte e não para todo o município como seria mais lógico do ponto de vista administrativo.

No item 4.3 dos resultados e discussão serão apresentados maiores detalhes de caracterização dessa bacia, além da aplicação e avaliação do conjunto de indicadores proposto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo iniciará com a apresentação das formulações dos indicadores propostos e a as diretrizes necessárias à padronização da coleta de dados. Em seguida será mostrado o estudo de caso, onde o conjunto de indicadores proposto será aplicado na Bacia do Riacho do Sapo, avaliando-se a disponibilidade de informações necessárias à implementação. A última parte apresenta os resultados da pesquisa com especialistas e a comparação dos indicadores propostos com os dados solicitados pelo SNIS águas pluviais como forma de validação do conjunto de indicadores. A Figura 6 apresenta o fluxograma do que será apresentado no capítulo.

Figura 6- Fluxograma de apresentação dos resultados e discussões



4.1. A FORMULAÇÃO DOS INDICADORES E A SISTEMATIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Cada indicador possui uma formulação definida por meio de adaptações de indicadores existentes na literatura para que eles possam ter as características descritas no item 3.3.

Muitos dos dados podem ser obtidos em estudos anteriores da bacia. Vale ressaltar a importância da atualização de informações. A observação dos indicadores implica na análise da evolução dos valores atribuídos ao longo do tempo. Algumas informações são estáticas no tempo e não necessitam de alteração, como por exemplo a área da bacia.

4.1.1. Indicadores monitoramento

O campo de análise dos indicadores de monitoramento apresenta os dados que estão relacionados aos índices pluviométricos e ao monitoramento das características locais de precipitação e escoamento (Tabela 11). Esse conjunto de indicadores também tem como função, além apresentar as características chuvosas da região para comparações entre bacias, mostrar a quantidade de estações que servem para a produção de informações que deem subsídios para acompanhamento climatológico/meteorológico e das vazões dos rios e córregos urbanos, dados imprescindíveis para qualquer tipo de projeto ligado à drenagem e gestão de eventos relacionados com as águas urbanas.

O indicador de precipitação anual deve ser calculado a partir da série de chuva no ano de referência disponível nas estações de precipitação que existam na bacia, ou sub-bacia de análise. Podem ser usados os métodos hidrológicos comumente usados para cálculo do mesmo. Tucci (2002) sugere os métodos Aritmético, do Polígono de Thiessen ou das Isoietas para cálculo da precipitação média.

A Precipitação diária máxima anual deve ser coletada da série anual referida, onde deverá ser encontrado o maior valor de precipitação ocorrida em um dia. Este indicador deve ser entendido como o dia em que houve maiores problemas para o sistema de drenagem. Outros fatores devem ser levados em consideração para determinar como o pior evento para o sistema de drenagem (como por exemplo a chuva antecedente), porém, entende-se que a precipitação máxima diária já seja um forte indicativo.

Tabela 11 - Formulações dos Indicadores de monitoramento

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
① Indicadores de monitoramento	Precipitação anual	<i>Precipitação anual</i>	<i>mm</i>
	Precipitação diária máxima anual	<i>Precipitação diária máxima anual</i>	<i>mm</i>
	Monitoramento Pluviométrico	$\frac{\text{Número de estações pluviométricas ativas na bacia e arredores}}{\text{área da bacia}}$	<i>Und/km²</i>
	Monitoramento Fluviométrico	$\frac{\text{Número de estações fluviométricas ativas nos cursos d'água}}{\text{área da bacia}}$	<i>Und/km²</i>

O indicador de Monitoramento pluviométrico pode ser encontrado contando-se o número de estações pluviométricas ativas na bacia e nos arredores, este servirá para conhecer o regime pluviométrico do ano na bacia (analisado sobre uma série histórica de chuvas médias). Em um ano onde houve escassez pluviométrica haverão poucos incidentes relacionados a cheias e inundações, mas não necessariamente implica que o sistema de drenagem seja eficaz.

O indicador de Monitoramento fluviométrico deverá ser calculado a partir da contagem direta das estações fluviométricas para monitoramento de vazões nos cursos d'água dentro da bacia. O denominador da razão dos indicadores de monitoramento pluviométrico e fluviométrico é a área da bacia que é uma característica física e servirá como elemento para possíveis comparações entre os mesmos indicadores de bacias diferentes. Pode ser encontrado em outros estudos já publicados do local, ou ser calculado por métodos de geoprocessamento. Através do geoprocessamento juntamente com algum conhecimento da área pode ser feita a delimitação da bacia.

Outros pontos poderiam ser levados em consideração para o conjunto de indicadores do agrupamento de monitoramento, como por exemplo a “precipitação antecedente”, que influencia diretamente nas condições do escoamento. Ainda é necessário um aprofundamento maior na discussão do conjunto de indicadores.

4.1.2. Indicadores da rede existente

O agrupamento de indicadores da rede existente deve apresentar as quantificações do sistema de drenagem existente: quantidades de pessoas que tem acesso ao sistema, quanto da rede possui cadastro, qual o tamanho da rede (com ou sem cadastro), quantidade de gargalos para o escoamento, ou pontos críticos identificados em dias de alagamento (Tabela 12).

O indicador de abrangência do sistema de drenagem deve explicitar o percentual de pessoas que residam em locais onde possuem redes de drenagem urbana. A população com acesso a rede de drenagem deve ser obtida a partir do cruzamento de informações do Censo demográfico com o mapeamento dos locais onde existam rede. Devem ser usados os setores censitários do IBGE, comparando-os com o mapeamento de existência de rede. Será contada a população do setor que possua rede de drenagem. Não precisa necessariamente ter cadastrado, podem ser computados setores censitários em que exista rede de drenagem não cadastrada. Nos casos em que a delimitação da bacia não coincida com a delimitação do setor censitário deve

ser estimado um percentual de área (e de população para este determinado setor, semelhante ao cálculo apresentado para a população total).

Tabela 12 - Formulações dos Indicadores da rede existente

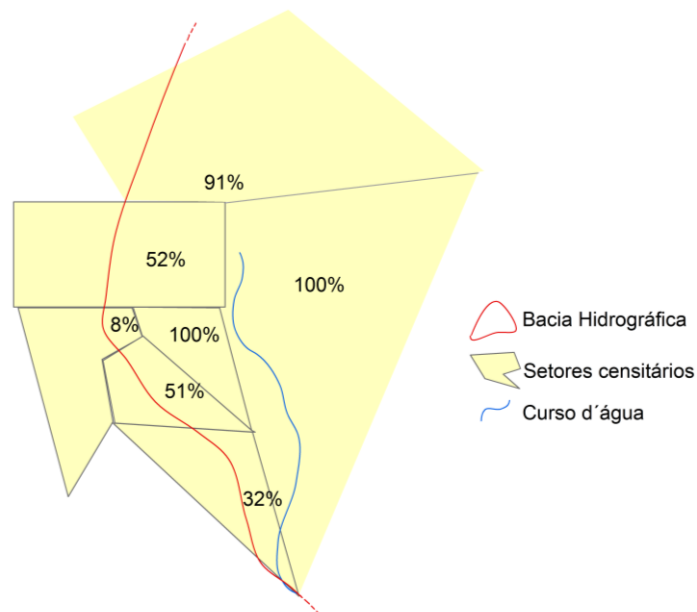
Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
② Indicadores da rede existente	Indicador de abrangência do serviço de drenagem	$\frac{\text{População com acesso a drenagem na área da bacia}}{\text{População total na bacia}}$	%
	Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	%
	Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	%
	Abrangência do cadastro da rede de Macro-drenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de macrodrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	%
	Abrangência total estimada da rede de Macro-drenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de macrodrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	%
	Quantidade de pontos críticos de alagamentos	$\frac{\text{Quantidade de pontos críticos de alagamentos}}{\text{área total da bacia}}$	$\frac{\text{Pontos}}{\text{km}^2}$

A população total da bacia pode ser calculada diretamente ao somar as populações dos setores censitários, respeitando os percentuais de população onde a delimitação da bacia hidrográfica não coincide com a delimitação dos setores censitários, como explicado anteriormente. A Figura 7 explica a obtenção desses percentuais, admite-se que a população esteja uniformemente distribuída no setor censitário, e um percentual de área representa o mesmo percentual de população, assim para cálculo da população total na bacia somam-se os percentuais de área multiplicado pela população em cada setor censitário.

Os indicadores de abrangência de cadastro da rede de microdrenagem e macrodrenagem devem ser medidos os percentuais de área da bacia que no qual o prestador de serviço possui um sistema de cadastro atualizado e condizente com a rede implantada. Já os indicadores de

abrangência total da rede de microdrenagem e macrodrenagem levam em consideração também o conhecimento da rede implementada e que não há nenhum tipo de cadastro, onde a experiência do corpo técnico e a análise visual da rede podem ser computados para o cálculo do indicador. Tendo como referência que toda via pavimentada possui microdrenagem (sarjetas, boca de lobo e outros), e a macrodrenagem é composta das infraestruturas complementares à microdrenagem, levando em conta tubulações, cursos d'água, canais e outros.

Figura 7 - Percentuais de população dos setores censitários que não coincidem com a delimitação da bacia hidrográfica



Esses indicadores de abrangência da rede possuem como denominador a área urbana total da bacia. O uso da área urbana e não a área total da bacia pode ser justificada para o caso em que as bacias não sejam totalmente urbanizadas, onde não faz sentido falar dos sistemas urbanos de drenagem nessas áreas. Pode-se obter a área urbana da bacia através de métodos de geoprocessamento, excluindo-se a área rural do cálculo.

O denominador sendo a área urbana da bacia torna o indicador um percentual que pode ser comparado diretamente com outras bacias. Evidente que um maior percentual de rede de drenagem não garante que o sistema como um todo seja mais eficiente que um outro onde esse indicador é menor, porém é uma forma direta e objetiva de mensurar a rede.

O último indicador, de quantidade de pontos críticos de alagamentos, retrata o mau desempenho da rede, pontos onde há um acúmulo de água não previsto para o sistema de drenagem. Devem ser contados os pontos onde se tem recorrência de alagamentos pontuais

sempre que há eventos de chuva. Gargalos pontuais relacionados a obstruções temporárias da rede por resíduos não devem ser contados como pontos críticos de alagamentos, por se entender que a simples desobstrução resolveria gargalo. Aspectos relacionados à topografia ou características do solo é que ocasionará esse tipo de ponto crítico, indicando a necessidade de modificações na infraestrutura existente para que deixe de ser um gargalo do sistema.

4.1.3. Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água

Para abordar as mudanças antrópicas ocorridas na bacia, o agrupamento de indicadores de urbanização e infiltração (

Tabela 13) apresenta indicadores retratam o grau de alteração da bacia. Todos os dados para construção dos indicadores desse agrupamento podem ser medidos em mapas ou *in loco*. Ferramentas de geoprocessamento em imagens de satélite podem ser usados para medir esses dados agilizando a obtenção dos mesmos, especialmente quando se tratar de áreas maiores.

Tabela 13 - Formulações dos Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
③ Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Indicador de área impermeável	$\frac{\text{Área impermeável (pavimentada)}}{\text{Área total da bacia}}$	%
	Indicador de modificação nos cursos d'água	$\frac{\text{km de trechos modificados (canalizados)}}{\text{km total do curso d'água}}$	%
	Indicador de existência de mata ciliar	$\frac{\text{km de trechos do curso d'água com mata ciliar}}{\text{km total do curso d'água}}$	%
	Indicador de área verde no ambiente urbano	$\frac{\text{Área estimada de regiões verdes (árvores, matas ...)}}{\text{Área total da bacia}}$	%

O percentual de área impermeável é um indicador do modelo de urbanização usado e reflete diretamente na alteração completa do balanço hídrico da região, se comparado com o de

pré-urbanização os processos de infiltração e retenção da água para evaporação e evapotranspiração se tornam muito menores, aumentando o escoamento superficial e antecipa as vazões de pico. Com o geoprocessamento de imagens de satélites é possível identificar as áreas pavimentadas, cobertas, telhados e outras que são consideradas área impermeáveis. Quanto maior este indicador, mais modificada são as condições do solo da bacia e maiores são as quantidades de água escoada. Esse indicador pode ser usado como base para definições de valores para coeficientes de escoamento. Em locais onde há pouca vocação para infiltração podem ser impermeabilizados sem maiores prejuízos, porém os Planos Diretores de desenvolvimento urbano do município devem indicar no zoneamento para que os sistemas de drenagem sejam compatíveis com o escoamento advindo dessas áreas.

O indicador de modificação nos cursos d'água identifica o percentual de alteração nos córregos e rios urbanos. Com os ideais higienistas grande parte dos córregos e rios urbanos tiveram seu leito alterados, canalizados, para retificações urbanísticas e propiciar o rápido escoamento da água, ampliando vazões à jusante, fazendo com que as cheias sejam mais recorrentes e de maiores proporções para os residentes próximos a foz desses cursos d'água.

Juntamente com o processo de canalização foram sendo exterminadas os trechos de vegetação nativa que tem a função de proteger os cursos d'água, impedindo a entrada de poluentes, retendo sedimentos, evitando erosão de margens e reduzindo o assoreamento.

O indicador de área verde no ambiente urbano é calculado expeditamente, preferencialmente com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento onde pode-se identificar parques, jardins, matas, hortas e outros locais onde haja árvores e vegetação. Essas áreas verdes têm diversas funções benéficas para a bacia e para a sociedade, já amplamente discutidos sobretudo no contexto urbano. O intuito desse indicador é dar o destaque para que a arborização e urbanização consigam se desenvolver equilibradamente, equilibrando diversos aspectos do ambiente urbano com áreas verdes.

4.1.4. Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas

A interface que a eficiência do sistema de drenagem possui com a população nos eventos em que o sistema é superado (inundações e alagamentos) deve ser abordada e avaliada no conjunto de representação da drenagem (

Tabela 14). O agrupamento de indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas apresentará a frequência de ocorrência desses eventos, e as principais características do pior evento acontecido no ano de referência.

As informações para elaboração dos indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas são compostas de dados que são comuns para a Defesa Civil Municipal. As definições do que será considerado inundações ou alagamentos para cálculo dos indicadores se dará pelo momento em que a água interfira no curso normal da população ali residente. De forma mais restritiva alagamento será definido quando a lâmina d'água ultrapasse a linha de meio fio, superando a sarjeta e inundando a calçada. Inundação, seguindo o mesmo direcionamento será definido como o momento em que a lâmina d'água invade ao menos uma residência ribeirinha, ultrapassando o limite mais externo da edificação.

Tabela 14 - Formulações dos Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	Indicador de frequência de alagamentos	<i>Número de alagamentos no ano</i>	<i>Und.</i>
	Área alagada	$\frac{\text{Área alagada}}{\text{Área total da bacia}}$	<i>%</i>
	Profundidade máxima atingida no alagamento	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de alagamento</i>	<i>cm</i>
	Duração do alagamento	<i>Tempo que a água permanece no passeio</i>	<i>horas</i>
	População atingida pelo alagamento	$\frac{\text{População atingida pelo alagamento}}{\text{População total da bacia}}$	<i>%</i>
	Indicador de frequência de inundação ribeirinha	<i>Número de inundações no ano</i>	<i>Und.</i>
	Área inundada	$\frac{\text{Área inundada}}{\text{área total da bacia}}$	<i>%</i>
	Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de inundação</i>	<i>cm</i>
	Duração da inundação ribeirinha	<i>Tempo que a água permanece na residência</i>	<i>horas</i>

	População atingida pela inundação ribeirinha	$\frac{\text{População atingida pela inundação}}{\text{População total da bacia}}$	%
--	--	--	---

Os indicadores de frequência de alagamentos e inundações serão compostos apenas do número de eventos acontecidos naquele ano de análise. Este número se relaciona diretamente com a gestão da drenagem urbana, para que sejam observados e estudados o ocorrido nestes eventos e projetadas soluções de melhoria para o sistema.

Os indicadores de profundidade atingida pela água, duração e população atingida pelo evento, devem estar relacionados ao evento chuvoso de maior proporção atingida naquele ano. Ainda é importante manter o registro das ocorrências em todos os eventos ocorridos para que seja observado a evolução da melhoria do sistema com as medidas tomadas.

O percentual de área alagada na bacia dependerá de outras características relacionadas, além do escoamento e sistema de drenagem, à topografia, forma da bacia, e principalmente das características da precipitação que gerou esse evento. Ainda assim esse percentual fornece informações sobre como é o escoamento na bacia, e a relação entre valores de precipitações e percentual de área inundada pode gerar informações que servirão de alertas para futuros eventos.

A população atingida por um evento já é um dado que a Defesa Civil estima para analisar as proporções atingidas, e deve compor o conjunto de indicadores proposto de forma percentual, para que, juntamente com o percentual de área alagada, se tenha uma dimensão da importância do recorte alagado na bacia, e possa servir de comparação com outras bacias e outros eventos.

O Ministério da Integração Nacional, quem direciona as ações de Proteção e Defesa Civil possui um Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID que tem como função informatizar o processo de transferência de recursos em virtude de desastres (BRASIL, 2012). Nesse sistema as Defesas Civas municipais informam os desastres naturais ocorridos, inclusive inundações e alagamentos e que pode ser usado para captação de dados e informações para implementar o conjunto de indicadores de alagamento e inundações.

Para análises históricas e conhecimento da dinâmica hídrica das bacias urbanas é importante que se mantenha um histórico dos indicadores deste campo de análise, em todos os eventos ocorridos, sobretudo da área alagada e percentual de população atingida, mesmo que o

indicador remeta apenas ao evento de maior magnitude do ano. Esse histórico poderá servir como base para possíveis estudos que complementem o processo de gestão das águas urbanas e a identificação do maior evento do ano de referência.

4.1.5. Indicadores de qualidade da água escoada

O conjunto de indicadores deve resumir objetivamente o agrupamento de análise. Foram selecionados os indicadores apresentados na Tabela 15, no qual já se pode estabelecer um possível enquadramento inicial que representa a qualidade da água escoada.

Os indicadores que se utilizam de valores de análises laboratoriais devem seguir as metodologias já conhecidas e comumente usadas.

Tabela 15 - Formulações dos Indicadores de qualidade da água escoada

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
⑤ Indicadores de qualidade da água escoada	Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	<i>Concentração de Nitrogênio total</i>	<i>mg/L</i>
	DBO	<i>DBO₅</i>	<i>mg/L</i>
	DQO	<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>
	Concentração de coliformes totais	<i>Concentração de coliformes no exutório do curso d'água principal</i>	<i>UFC/100mL</i>
	Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	$\frac{\text{Nº de casos de diarreia + leptospirose na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	<i>Casos/1000hab</i>

A quantidade de coletas para implementação dos indicadores deve ser compatível com a espacialização proposta de observação, e também com as similaridades observadas entre as bacias ou sub-bacias hidrográficas. Em casos específicos onde as sub-bacias são de pequeno porte e possuem características semelhantes, é possível agrupá-los de forma que a análise represente todo o conjunto a montante.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) está associada a fração biodegradável dos componentes orgânicos. O Padrão de medida da $DBO_{5,20}$ é dado pelo oxigênio consumido pelos microrganismos após 5 dias na estabilização bioquímica da matéria orgânica em temperatura de 20°C. É o parâmetro mais usado para medir o consumo de oxigênio da água (poluição), quanto maior a DBO maior o nível de poluição.

Assim como a DBO, o parâmetro de demanda química de oxigênio (DQO) também é usado para avaliar o impacto ambiental causado pelo lançamento de efluentes nos corpos receptores. A DQO reflete a quantidade total de componentes oxidáveis, tem um menor tempo de análise e engloba toda a matéria quimicamente oxidada, relaciona-se mais fortemente a sais minerais, sendo preferível para avaliar a presença de efluentes ricos em sais.

A DBO e a DQO em conjunto possibilitam a análise da biodegradabilidade do meio. Geralmente são expressas em unidades de mg/L.

O indicador de doenças de veiculação hídrica é um parâmetro que está indiretamente relacionado à qualidade da água. As principais doenças não erradicadas que estão relacionadas com as águas pluviais e a drenagem urbana (enchentes e alagamentos) são a leptospirose e as doenças diarreicas agudas. Há outras doenças relacionadas pelo Ministério do Meio Ambiente como hepatite e dengue, mas que não se relacionam diretamente com a presença de água de má qualidade, e por isso não devem ser computados no indicador.

O número de casos de diarreia e leptospirose deve ser solicitado, ou coletado com o órgão de saúde competente, que tem essas informações especializadas por unidade de saúde. Caso a sub-bacia de análise não possua nenhuma unidade de saúde no recorte, deve ser usado os números da unidade mais próxima ou a que em geral atende a população residente na bacia de referência. O denominador sendo a população total residente na bacia é o dado que possibilitará que esse número seja comparativo com a mesma informação em bacias de dimensões muito diferentes.

Entende-se que há uma grande quantidade de indicadores usados para representar a qualidade da água, a escolha destes pode não ser tão completa, porém a ideia proposta é representar este agrupamento de forma resumida. Percebe-se que há a necessidade de um debate mais profundo de quais os indicadores que possibilitem uma análise sucinta e completa da água escoada. Podem ser citados o oxigênio dissolvido, mortalidade por malária, coliformes fecais e muitos outros como possíveis indicadores para complementar este agrupamento.

4.1.6. Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos

Para o correto funcionamento dos sistemas urbanos é imprescindível que a população participe ativamente dos processos, que se empenhem em ajudar. Para isso é necessário educar a população continuamente, por meio de cursos, oficinas, ações e programas que visam a educação ambiental de todos.

Neste contexto estão inseridos os indicadores do agrupamento de promoção da educação ambiental e ambiental e prevenção de alagamentos (

Tabela 16). Como o município é o promotor das ações de educação ambiental, prestador do serviço e o responsável pela ouvidoria para manutenção da rede de drenagem, os indicadores desse grupo têm como denominador a população total no município.

Tabela 16 - Formulações dos Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
⑥ Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental*	$\frac{\text{Quantidade de ações de educação ambiental}}{\text{População total no município}}$	$\frac{\text{ações}}{1000 \text{ hab}}$
	Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de reclamações para manutenção da rede de drenagem pluviais}}{\text{População total no município}}$	$\frac{\text{reclamações}}{1000 \text{ hab}}$

*Nota: A quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental necessita de um debate mais amplo sobre possíveis ações e programas eventuais. Caso sejam esporádicos não devem ser contabilizados.

O indicador de quantidade de ações programas de educação ambiental e conscientização de saneamento ambiental visa analisar a consciência dos gestores públicos de que a população necessita ser ensinada sobre as melhores práticas para com o meio ambiente e recursos hídricos. Ações pelos diversos meios para redução da quantidade de lixo jogado em vias públicas ou em

corpos hídricos, até incentivo ao incremento de oficinas em escolas podem ser entendidos como projeto que visa educar ambientalmente a população.

A percepção do usuário para a prestação dos serviços de drenagem urbana é um indicador importantes no qual tenta demonstrar o interesse da população sobre os serviços de drenagem, e o dado que pode tentar retratar essa percepção é o número de reclamações para desobstruções e manutenções na rede de drenagem, quando divide-se pelo total da população do município pode-se ter um percentual da população interessada no correto funcionamento dos sistemas de drenagem existentes no município.

4.1.7. Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana

As atividades de melhorias para que o balanço hídrico, alterado com a impermeabilização do solo urbanizado, com o mínimo de interferência nos processos ambientais, baseada no desenvolvimento da cidade respeitando os espaços com vocações para determinadas atividades. As construções em locais com vocação para infiltração devem ter características menos impermeabilizantes dado o desenvolvimento urbano nesta área.

Tabela 17 - Formulações dos Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
⑦ Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana	Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações regulares na bacia (com Habite - se)}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	%
	Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	<i>Nº de edificações inundadas em uma chuva com tempo de recorrência de acordo com o mapa de risco da área urbana da prefeitura</i>	Und.
	Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporadas à drenagem urbana)	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações com algum sistema de controle de cheias na bacia}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	%

Os indicadores desse campo de análise devem seguir as diretrizes dos documentos regulatórios do desenvolvimento urbano planejados para a cidade nos planos de desenvolvimento urbano (Código de obras, zoneamento da ocupação e outros).

O uso de medidas compensatórias de drenagem também é uma boa alternativa para diminuir as vazões de pico e por consequência os alagamentos das cidades. O intuito do agrupamento de indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana (Tabela 17) é apresentar a quantidade de ações dessa natureza há na bacia estudada.

O indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo é um parâmetro muito importante para analisar as políticas de fiscalização de uso e ocupação do solo definidas nos planos de desenvolvimento urbano. O atendimento as restrições de uso e ocupação do solo no Brasil ainda não se mostra um problema, assim como documentos claros de zoneamento com restrições bem definidas.

O percentual de habitações regulares na bacia e um indicador do atendimento ao disposto nos documentos regulatórios que tem como uma das premissas a segurança e resiliência das cidades, tentando impedir a ocupação de áreas muito suscetíveis à inundações e alagamentos (inclusive). Esse número pode ser expresso pelo percentual de edificações que possuem o Habite-se (documento emitido pela prefeitura e que atesta o atendimento às exigências legais estabelecidas para cada construção).

Para o indicador de respeito às áreas inundáveis indica-se o uso do estudo de mapa de risco de inundações da área urbana do município. Ele apresenta as relações das vazões do curso d'água com a cidade (topografia, dinâmica de escoamento, histórico de vazões, condições do leito, e outros) indicando locais alagados para um dado tempo de retorno estipulado. Este mapa pode ser usado diretamente ou sobreposto em outros mapas para identificar e contar o número edificações que se encontram nos pontos atingidos pela água.

O indicador de uso de medidas compensatórias é um incentivo importante ao processo de renovação das tecnologias construtivas, e incentivo ao controle de cheias na escala de lote. Os sistemas de controle de cheias devem ser implementados nas mais diversas escalas e recortes urbanos para uma melhor eficácia. Os dispositivos para aumentar a infiltração, reter a vazão para os lotes são muito diversas, desde jardins com propósitos filtrantes, até reservatórios de

fim de lote para retardar a chegada à rede pública diminuindo a vazões tendendo a reconstruir o balanço hídrico de pré-urbanização.

O percentual de edificações com algum sistema de uso de medidas compensatórias na bacia, é um indicador inovador que representará a eficiência ao incentivo à implantação de medidas com ideias para retomar o balanço hídrico de pré-urbanização, sendo este, o mais natural para a bacia. Esse número de edificações com sistemas de controle de cheias deve ser fornecido pelas Secretarias de Desenvolvimento e Gestão Urbana, ou a secretaria responsável pelo desenvolvimento imobiliário da cidade. Deve ser incentivado o uso e apresentação desses projetos específicos de sistemas de controle de cheias no processo de legalização da edificação.

4.1.8. Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a drenagem urbana

Os sistemas urbanos como um todo influenciam diretamente na eficiência do sistema de drenagem. A relação com o lixo acumulado nas vias é um dos causadores de problemas na rede de drenagem, e essa interface deve ser analisada no agrupamento de indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a drenagem urbana (Tabela 18). Esses indicadores estão vinculados aos sistemas de limpeza urbana e são de fácil obtenção no prestador desse serviço.

Tabela 18 - Formulações dos Indicadores de manutenção dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
⑧ Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana	Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos	$\frac{\text{Área coberta pela coleta de resíduos sólidos na bacia}}{\text{Área urbana total da bacia}}$	%
	Indicador de frequência de varrição de vias da bacia	<i>Frequência de varrição semanal das ruas da bacia</i>	<i>Vezes/semana</i>

O indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos é um percentual que indica a prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos de forma sistemática na área da bacia,

evitando que os resíduos das residências possam ir para os sistemas de drenagem. A ideia do indicador de frequência de varrição das vias é a mesma do indicador de coleta de resíduos, porém relacionado aos passeios públicos e não as residências. Deve ser apresentado em unidades de *varrições/semana*.

A frequência de varrição depende de vários fatores e o responsável pela limpeza pública, em geral, prioriza e intensifica as varrições nos locais com maior fluxo de pessoas, ou em locais já conhecidos de acúmulo de sujeira, porém o intuito desse indicador é estimar de forma expedita uma média de varrição semanal incentivando a presença e melhoria desse serviço tão importante à drenagem.

4.1.9. Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana

Completando as dimensões de análise do sistema de drenagem devem ser expressos os indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana (

Tabela 19), que deve conter informações do órgão responsável pelo sistema, financeiras relacionados a drenagem, de gastos com os serviços prestados e apresentando valores para indicadores de gasto *per capita* com a drenagem urbana no ano e de investimentos em melhorias do sistema.

Neste último agrupamento os indicadores propostos são definidos para a escala de município, diferente dos outros agrupamentos nos quais usam a bacia hidrográfica como recorte. No arranjo político brasileiro definido pela Constituição de 1988, o prestador dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais é o município, então, os dados relacionados ao mesmo serão todos para o recorte municipal.

Os indicadores de força de trabalho no setor de drenagem e o indicador de atualização técnica do corpo técnico de planejamento estão relacionados a quantitativos de pessoal especializado que compõem o quadro de colaboradores do setor responsável pela drenagem na administração municipal. O indicador de força de trabalho no setor de drenagem é o número de engenheiros e arquitetos urbanistas dividido pela população residente no município do IBGE e reflete o número de gestores por residentes existente. Outros aspectos relacionados a qualidade

do serviço, organização, administração e políticas de investimento que definem qualitativamente o trabalho desse corpo técnico são muito complexas de serem sintetizadas, a quantidade de colaboradores é a informação mais fácil de ser coletada para o indicador.

Tabela 19 - Formulações dos Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana (escala de município)

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
⑨ Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana	Indicador de força de trabalho no setor de drenagem (engenheiros e arquitetos urbanistas)	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de engenheiros e arquitetos (do setor de drenagem)}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	$\frac{\text{eng/arc}}{1000\text{hab}}$
	Indicador de atualização técnica	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pós graduados nas áreas de Recursos Hídricos}}{\text{n}^\circ \text{ de colaboradores do setor de drenagem}}$	$\frac{\text{Pós – graduados}}{\text{colaboradores}}$
	Indicador de receita captada para o sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{Recurso total destinado ao setor infraestrutura}}$	%
	Indicador de gasto per capita com a drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	R\$/pessoa
	Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recurso gasto em obras de infraestrutura de drenagem}}{\text{área da bacia}}$	R\$/km ²
	Indicador de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	$\frac{\text{Recursos destinado à manutenção da infraestrutura drenagem}}{\text{Recurso total destinado à drenagem no ano}}$	%
	Indicador de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	$\frac{\text{Recursos destinado à ações de educação ambiental}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	R\$/1000hab

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Unidades
	Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos aprovados para o setor de drenagem}}{\text{Recursos totais gastos com a drenagem no ano}}$	%

Os indicadores que complementam este agrupamento são relacionados aos dados financeiros destinados aos sistemas de drenagem urbana. O indicador de receita captada trará o percentual de valores que a administração municipal destina a esse serviço, da verba total recebida para os serviços relacionados a infraestrutura urbana.

O indicador de gasto *per capita* com a drenagem urbana representará a eficiência geral do sistema. Se comparado com outro local (município) trará indícios se os recursos estão sendo bem aplicados, trazendo resultados com gastos menores. Este indicador deve ser analisado levando-se em conta características de distribuição da população, precipitação, urbanização e etc. A leitura de apenas desta informação pode levar a conclusões que não são verdadeiras. Um gasto *per capita* maior em um município pode ser explicado por características topográficas, de uso e ocupação de solo e outros.

A manutenção de qualquer sistema urbano deve ser constante, preventiva e com investimentos compatíveis à complexidade do mesmo. Também contempla informações de gastos com manutenção no conjunto de indicadores proposto. Seja os gastos de manutenção para reparos (limpeza de galerias, desassoreamento de rios e córregos e outros) na rede existente (artificial e natural) abordado no Indicador de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios, ou nos gastos para modificações estruturais relacionados à drenagem, abordado no Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de drenagem urbana.

A abordagem do indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de drenagem urbana usa como denominador a área da bacia, apresentando um valor investido por área que é de fácil comparação com outro município. Já o Indicador de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios se relaciona ao percentual que foi usado para esse tipo de manutenção no sistema de drenagem naquele ano.

O Indicador de gastos com programas e ações de educação ambiental no município é a representação financeira do Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental pertencente ao campo de análise Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos e representa o percentual do recurso de drenagem urbana que é investido na educação da população.

O indicador de Autossuficiência do sistema de drenagem urbana representada pela razão dos recursos planejados e o realmente usado para a gestão de todo o sistema de drenagem do município. Deve representar a eficiência do planejamento político-financeiro do gestor desse serviço.

4.2. RESUMO DO CONJUNTO DE INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA GERAR OS INDICADORES

Para se gerar os valores dos indicadores como proposto, devem ser feitas coletas de dados para implementação dos dados nas formulações propostas. As diretrizes para encontrar essas informações e a formulação de cada indicador já foram discutidas. A Tabela 20 apresenta uma síntese das informações necessárias para se construir os indicadores e sugestão de diretrizes para obtenção da informação.

Para obtenção de muitos indicadores é importante que se tenha acesso a imagens de satélites georreferenciadas dos locais para que possam servir como base para o geoprocessamento. Essas imagens necessitam ter a qualidade suficiente para que possam obter resultados satisfatórios para as análises. Ferramentas de geoprocessamento são importantes facilitadoras para agilizar a obtenção de informações.

Tabela 20 - Síntese das informações necessárias para calcular os indicadores e as principais diretrizes para coleta das informações

Informações para gerar os indicadores	Diretriz para obtenção da informação
Precipitação média anual	Usar os postos da bacia e proximidades
Precipitação diária máxima anual	Maior valor de precipitação diária em qualquer dos postos pluviométricos da bacia e proximidades

Informações para gerar os indicadores	Diretriz para obtenção da informação
Área da bacia	Software de geoprocessamento
Nº de estações pluviométricas	Pesquisa nos sites que disponibilizam dados fluviométricos - ANA, CEMADEN, INMET, departamentos de órgãos estaduais e municipais e outros.
Nº de estações fluviométricas	
População com acesso a drenagem na bacia	Comparando mapa de rede de drenagem (ou locais que existe rede) com mapa de setores censitários de informações da população
População total da bacia	Comparando mapa da bacia com mapa de setores censitários com informações da população
Área urbana da bacia	Software de geoprocessamento, identificando as áreas rurais
Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada	Setor responsável pela gestão da drenagem
Área da bacia com rede de microdrenagem total (cadastrada + estimada)	
Área da bacia com rede de macrodrenagem cadastrada	
Área da bacia com rede de microdrenagem total (cadastrada + estimada)	
Quantidade de pontos críticos de alagamentos na bacia	
Área impermeável	Software de geoprocessamento
Comprimento do curso d'água principal	Software de geoprocessamento
Comprimento de trechos modificados (canalizados)	Software de geoprocessamento/ <i>visitas in loco</i>
Comprimento de trechos do curso d'água com mata ciliar	
Área estimada de regiões verdes	Software de geoprocessamento
Número de pontos críticos de alagamentos	Setor responsável pela gestão da drenagem, consulta a populares, <i>visitas in loco</i> , etc
Área alagada / inundada	Em todos os eventos devem ser registrados a estimativa feita por imagens e se necessário auxílio de softwares de geoprocessamento (defesa civil)

Informações para gerar os indicadores	Diretriz para obtenção da informação
Profundidade máxima atingida pelo alagamento/inundação	Deve ser registrada as profundidades estimadas no pior ponto do evento (defesa civil)
Duração do alagamento/inundação	Deve ser registrada a estimativa do tempo que a água permaneceu na calçada durante o evento (defesa civil)
População atingida pelo alagamento / inundação	Deve ser registrado em cada evento a estimativa da quantidade de pessoas prejudicadas (defesa civil)
Concentração de nitrogênio	Setor responsável pela drenagem e pelos recursos hídricos devem possuir o resultado destas análises das amostras de tempo seco
DBO ₅	
DQO	
Concentração de coliformes totais	
Número de casos de diarreia e leptospirose	Secretaria de saúde
Quantidade de ações de educação ambiental	Secretarias responsáveis pelo meio ambiente, recursos hídricos, infraestrutura e outros
Número de reclamações dos serviços de drenagem	Setor responsável pela drenagem e ouvidoria
Número total de edificações na bacia	Imagens de satélites com auxílio de softwares de geoprocessamento e visitas <i>in loco</i>
Número de edificações com habite-se na bacia	Setor responsável pela aprovação dos projetos de edificações
Número de edificações com algum sistema de controle de cheia na bacia	
Número de edificações inundadas em uma chuva com tempo de retorno conforme mapa de risco de inundação da prefeitura	Imagens de satélites com auxílio de softwares de geoprocessamento e simuladores de vazão
Área coberta pela coleta de resíduos sólidos	Estimada pelo setor de limpeza urbana
Frequência de varrição semanal das ruas da bacia	
População residente no município	IBGE - censos demográficos
Número de engenheiros e arquitetos do setor de drenagem	Setor responsável pela drenagem
Número de pós graduados na área de recursos hídricos ou áreas correlatas no setor de drenagem	

Informações para gerar os indicadores	Diretriz para obtenção da informação
Número de colaboradores totais no setor de drenagem	Setor responsável pela drenagem e pelo planejamento e financeiro
Total de recursos destinados à drenagem urbana	
Total de recursos destinados à secretaria no qual a drenagem está inserida	
Recursos gasto em obras de infraestrutura de drenagem	
Recursos destinado a manutenção da infraestrutura de drenagem	
Recurso destinado a ações de educação ambiental	
Recurso planejado para o setor de drenagem	

Os dados coletados conforme as diretrizes propostas já nos sintetizam informações muito importantes da situação em que o sistema de drenagem se encontra, sendo uma base importante ao se elaborar um diagnóstico que servirá como base para planos de ações. Se analisadas a série histórica dos indicadores, ou se comparados com outro recorte de análise podemos inferir conclusões sobre os pontos fortes, e pontos que precisem ser melhorados no sistema de drenagem.

O significado direto dos valores encontrados para cada número resultante de um indicador pode ser bastante significativo em alguns casos, principalmente os que são percentuais, mas se é satisfatório ou não este percentual para uma área urbana depende de vários outros fatores que não tem como ser debatido em um único indicador ou em um agrupamento, pelo fato da multidisciplinaridade da drenagem, onde vários fatores influenciam a real situação.

Para a análise da qualidade de um sistema de drenagem por meio de um conjunto de indicadores é necessário a observação de todos os dados, indicadores e o conhecimento de particularidades importantes para a drenagem do local, inclusive quando o responsável pela informação não a possuir. A falta de dados reflete uma situação importante relacionada à organização dos responsáveis. O desconhecimento de informações relevantes e importantes para um dado sistema pode mascarar a real situação, ou até induzir a julgamentos errados.

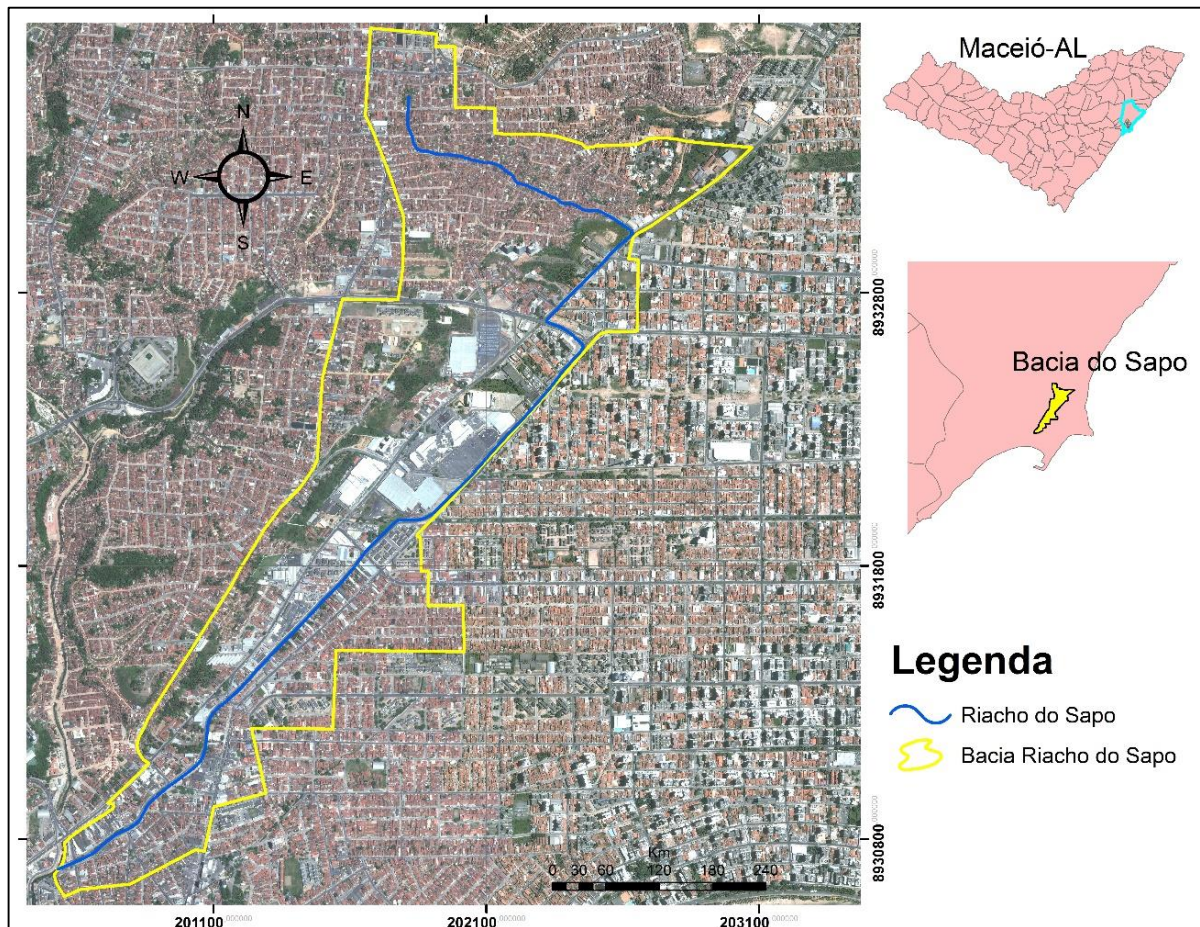
4.3. ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO CONJUNTO DE INDICADORES NA BACIA DO RIACHO DO SAPO EM MACEIÓ-AL

Esta bacia foi escolhida por ser uma sub-bacia da bacia do Riacho Reginaldo, esta vem sendo bastante estudada no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, com muitas informações e estudos já produzidos. A escolha da sub-bacia do Riacho do Sapo e não na Bacia do Riacho Reginaldo se deu por ser uma área de menor dimensão onde fosse possível a visita em toda a área da bacia para possíveis coletas de informações do sistema de drenagem.

4.3.1. Região de estudo para aplicação do conjunto de indicadores

Como objeto de aplicação do conjunto de indicadores, será estudada a bacia hidrográfica do Riacho do Sapo, em Maceió/AL. É uma sub-bacia da bacia do Riacho Reginaldo, totalmente urbanizada e muito habitada da capital alagoana (Figura 8). Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Maceió a bacia do Reginaldo (à qual a bacia do Riacho do Sapo pertence) é a com menos rede de esgoto implantada da cidade, somente alguns conjuntos habitacionais possuem rede coletora de esgotos implantada (MACEIÓ, 2016).

Figura 8 - Delimitação da Bacia do Riacho do Sapo



Fonte: Autor, 2016

4.3.1.1. Características Fisiográficas

A sub-bacia do Riacho do Sapo está inserida na parte baixa da bacia do Reginaldo. Tem como principal curso d'água o Riacho do Sapo com aproximadamente 4,5 km de extensão desde a Grota do Cigano, onde nasce, até desaguar como afluente à margem esquerda do Riacho Reginaldo, que nesse local é conhecido como Riacho Salgadinho. Em quase toda extensão se encontra canalizado ou enterrado. A bacia tem uma forma muito alongada e a delimitação bastante linear devido a retificações topográficas provocadas pelas características da malha urbana.

A bacia possui uma área de 2,2 km² abrangendo os bairros de Mangabeiras, Jacintinho, Jatiúca e Poço. Tem um desnível de aproximadamente 60 m do ponto mais alto, ao mais baixo.

Uma parte da bacia está localizada na planície litorânea, e outra parte na faixa de transição com relevo mais acidentado.

Visualmente o Riacho do Sapo apresenta-se bastante degradado com a presença de lixo e esgoto em muitos pontos, como pode-se observar na Figura 9, ponto próximo a sua foz. A prefeitura relatou que realiza limpezas da calha dos canais urbanos periodicamente, e que o Riacho do Sapo possui uma barreira hidráulica para a realização deste serviço.

Figura 9 – Presença de lixo no leito do Riacho do Sapo próximo a foz

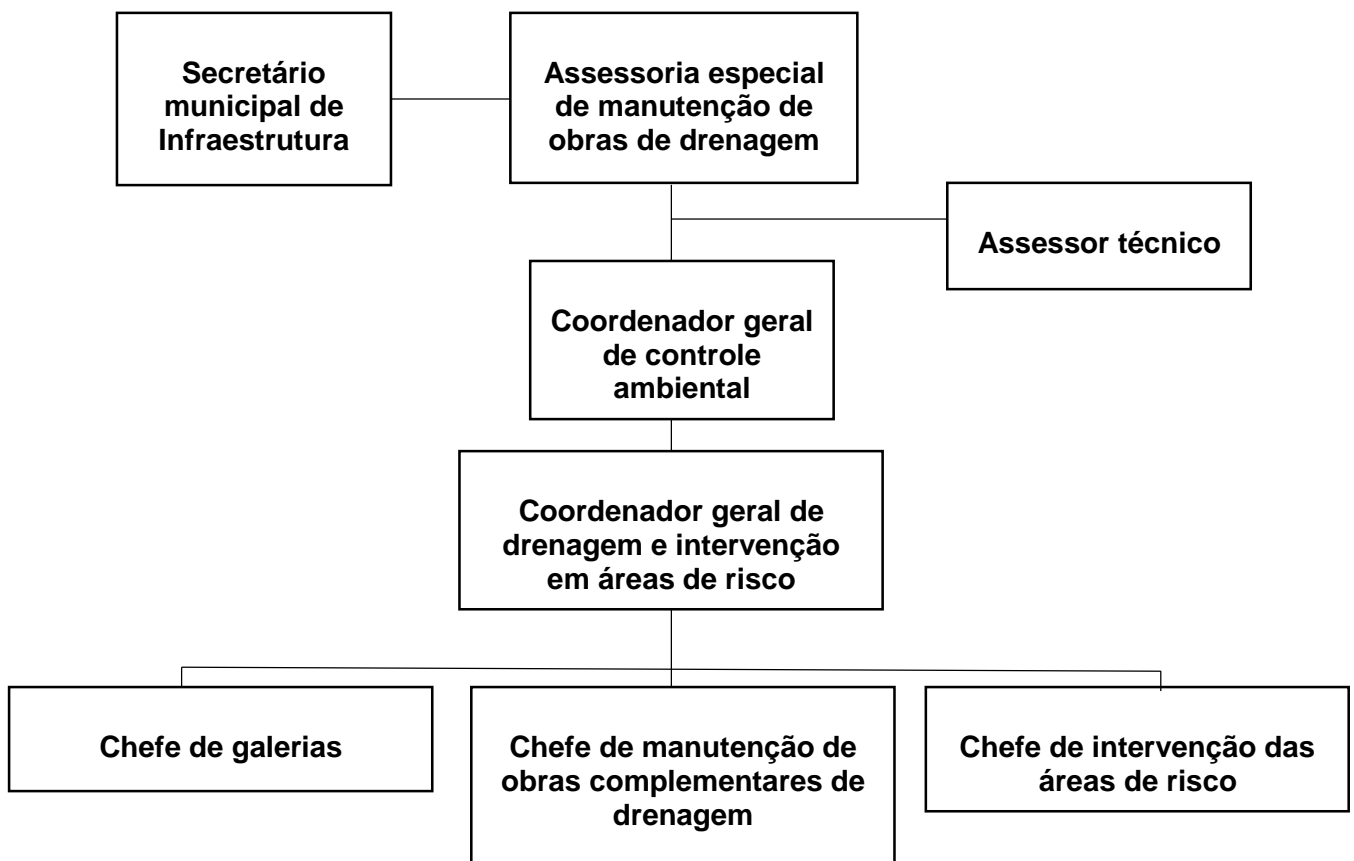


Fonte: Autor, 2016

4.3.1.2. Organização funcional do gestor do serviço de drenagem na bacia

Na prefeitura da cidade de Maceió, o setor responsável pela gestão da drenagem é uma assessoria vinculada à Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbanização e é intitulada de Assessoria Especial de Manutenção de Obras de Drenagem. A organização institucional apresenta um assessor especial, assessor técnico, coordenador geral de controle ambiental, coordenador geral de drenagem e intervenção em áreas de risco, chefe de galerias, chefe de manutenção das obras de drenagem e chefe de intervenção das áreas de risco. A Figura 10 apresenta o organograma institucional do setor de drenagem.

Figura 10 - Organograma do setor responsável pela drenagem em Maceió (em 2016)



Fonte: Maceió, 2016

4.3.2. Dados coletados

Para a coleta de dados necessários à implementação do conjunto de indicadores foram usadas imagens de satélites e informações do terreno disponíveis em endereços virtuais e

disponíveis. As informações altimétricas do terreno foram coletadas no Topodada (plataforma de disponibilização de Modelos Digitais de Elevação - MDE e suas derivações locais básicas em cobertura nacional). Esta plataforma é gerenciada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Também foram coletadas informações em imagens de satélite disponíveis no Google Earth (ferramenta computacional *on line* e gratuita de disponibilização de imagens de satélite). Para o geoprocessamento foi usada uma ortofoto da cidade de Maceió do ano de 2012 adquirida pelo projeto do MAPLU.

Algumas informações precisaram ser processadas para que os dados estejam como referido. O Apêndice B apresenta as informações geradas pelo processamento e alguns resultados que foram usados para gerar os indicadores deste estudo de caso.

As informações relacionadas aos setores censitários e população foram obtidas no endereço eletrônico do IBGE e reorganizadas de forma a atender as necessidades do estudo. A Figura 13 - e a Tabela 27 no Apêndice C mostram como foram feitos os cálculos para encontrar a população residente na bacia hidrográfica do Riacho do Sapo, por volta de 30 mil pessoas. Como foram feitas estimativas das áreas para cálculo da população, pode-se observar, também na Tabela 27, a área total da bacia que é de 2,2 km².

Os produtos do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB (MACEIÓ, 2016b) e o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Maceió (MACEIÓ, 2016a) apresentados pela prefeitura, em especial nos cadernos de diagnósticos e situação dos serviços, foram observados para o levantamento informações. Por estarem em processo de renovação de vínculo, devido à renovação de pessoal, não foi possível obter informações sobre a quantidade de engenheiros e arquitetos no setor, mesmo que o atual prefeito tenha se reeleito, estão em processo de alteração e reestruturação da maioria dos setores administrativos, assim informado pelo secretário adjunto de drenagem.

Apesar de os integrantes do setor responsável pela drenagem afirmarem que não há cadastro da rede de drenagem, o PMSB apresenta uma peça gráfica com a rede de drenagem existente (Figura 11). Ela se refere a apenas uma parte da rede atingindo somente pequenas áreas de 4 bairros (Jatiúca, Ponta Verde, Poço e Mangabeiras). No que se refere a Bacia do Sapo, a rede de drenagem cadastrada apresentada não é sistematizada e atinge uma parte muito pequena da bacia, em torno de 9% da área.

Figura 12 - Pontos críticos de alagamento da cidade de Maceió de acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura



Fonte: Maceió, 2016b

Informações financeiras puderam ser obtidas nos sites de transparência da prefeitura municipal no endereço eletrônico <http://www.transparencia.maceio.al.gov.br> e nos outros documentos já apresentados.

A Tabela 21 apresenta os dados coletados para implementação dos indicadores da Bacia do Sapo com as respectivas fontes de coleta e observações a respeito dos dados. Em muitos casos não foi possível a obtenção do dado por não existir monitoramento desta informação, ou por não ser da forma como solicitado nesse trabalho.

Tabela 21 - Dados coletados para implementar os indicadores na Bacia do Riacho do Sapo

Informações para gerar os indicadores	Valor	Unid.	Fontes de coleta	Observação
Precipitação anual (2015)	1.431	mm/ano	INMET	Estação 82994
Precipitação diária máxima anual (2015)	69,2	mm/dia		
Nº de estações pluviométricas	5	Unidades	ANA (935007 e 935031) CEMADEN (270430203A, 270430218A e 270430212A)	Todas nos arredores próximas à bacia
Nº de estações fluviométricas	0	Unidades		Não há estações de monitoramento de vazão nesta sub-bacia
Área da bacia	2,2	km ²	Geoprocessamento	
Área urbana da bacia	2,2	km ²	Geoprocessamento	
População com acesso a drenagem na bacia	---	Pessoas		Não há informações sobre a existência da rede no setor de drenagem
População total da bacia	29.708	Pessoas	Setores censitários na bacia	
Área urbana da bacia	2,2	km ²	Geoprocessamento	
Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada	0,35	km ²	Prestador de serviço de drenagem/ PMSB,2016	O cadastro de rede apresentado não pode-se na bacia
Área da bacia com rede de macrodrenagem cadastrada	0	km ²		
Área da bacia com rede de microdrenagem total (cadastrada +estimada)	---	km ²		O setor de drenagem não soube estimar a dimensão da rede existente
Área da bacia com rede de macrodrenagem total (cadastrada +estimada)	---	km ²		
Quantidade de pontos críticos de alagamentos na bacia	1	Ponto de alagamento	Diagnóstico de drenagem do Plano de Saneamento de Maceió (MACEIÓ, 2016)	
Área impermeável	1,34	km ²	Geoprocessamento	
Comprimento do curso d'água principal	4,5	km		
Comprimento de trechos modificados (canalizados)	4,3	km		
Comprimento de trechos do curso d'água com mata ciliar	0	km		Quase todo o curso é canalizado

Informações para gerar os indicadores	Valor	Unid.	Fontes de coleta	Observação
Área estimada de regiões verdes	0,52	km ²		
Número de alagamentos no ano	---			Setor de drenagem nem a defesa civil não possuem essas informações
Área alagada / inundada	---			
Profundidade máxima atingida pelo alagamento/inundação	---			
Duração do alagamento/inundação	---			
População atingida pelo alagamento / inundação	---			
Concentração de nitrogênio total (NTK)	35,55	mg/L	Coleta dia 22/05/2016 (Agra, 2017)	
DQO	166,05	mg/L		
DBO ₅	104	mg/L	Coleta dia 27/10/2016 (Agra, 2017)	
Concentração de coliformes totais	130 x 10 ⁵	UFC/100ml	Coleta dia 04/06/2016 (Agra, 2017)	
Número de casos de diarreia e leptospirose	---			Dado não divulgado por bacia hidrográfica
Quantidade de ações de educação ambiental	---			Não souberam quantificar as ações
Número de reclamações dos serviços de drenagem	---			Não há registro dessa informação
Número total de edificações na bacia	---			Registro indisponível
Número de edificações com habite-se na bacia	---			
Número de edificações com algum sistema de controle de cheia na bacia	---			
Número de edificações inundadas a partir do mapa de risco de inundação da prefeitura, com o respectivo tempo de retorno usado	Há registro de um mapeamento para 10 anos de tempo de retorno onde cerca de 4280 edificações seriam inundadas			
Área coberta pela coleta de resíduos sólidos	100 % da área		Plano Municipal de Saneamento Básico de Maceió, 2016	O Plano diz que a coleta apresenta cobertura de 100% e abrange 98% da área devido à dificuldade de acesso nas áreas de encostas e fundos de vale

Informações para gerar os indicadores	Valor	Unid.	Fontes de coleta	Observação
Frequência de varrição semanal das ruas da bacia	2,5	Vezes/semana		Coletada na Secretaria de Limpeza Urbana de forma estimativa e informal
População residente no município	1.010.000	Pessoas	IBGE – Estimativa da população	
Número de engenheiros e arquitetos do setor de drenagem	---			Não foi possível assegurar esse dado pois o setor estava em processo de reestruturação
Número de pós graduados na área de recursos hídricos ou áreas correlatas no setor de drenagem	Não há		Reunião com assessoria	
Número de colaboradores totais no setor de drenagem	70	Pessoas	Extrato do SNIS de drenagem 2015 da prefeitura de Maceió	Dos quais 50 são terceirizados
Total de recursos destinados à drenagem urbana	13.000.000,00	R\$		
Total de recursos destinados à secretaria no qual a drenagem está inserida	165.573.741,00	R\$	Portal da transparência da Prefeitura de Maceió	Recursos destinados à Secretaria de Infraestrutura
Recursos gasto em obras de infraestrutura de drenagem	---			Informações solicitadas, porém, a padronização de apresentação desses tipos de informações são diferentes
Recursos destinado a manutenção da infraestrutura de drenagem	---			
Recurso planejado para o setor de drenagem	---			
Recurso destinado a ações de educação ambiental	---			Informação indisponível

4.3.3. Cálculo dos indicadores

A Tabela 22 apresenta os indicadores possíveis de serem calculados e as observações da impossibilidade de cálculo onde não foi possível implementar. Dos 44 indicadores propostos foi possível calcular 21 deles com os dados coletados. O Indicador de ocupação de áreas

inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo tem uma informação que é a nível municipal e usa um tempo de retorno de 10 anos.

Na coleta de amostras para os indicadores de qualidade da água escoada foram usadas informações obtidas no trabalho desenvolvido por Agra (2017), onde foram coletadas amostras do exutório do Riacho do Sapo para análises de diversos poluentes. Este referido trabalho tem como objetivo estabelecer uma metodologia para estimativa de cargas poluentes em bacias urbanas e avaliou como estudo de caso o Riacho do Sapo, no qual foram feitas diversas análises pertinentes à qualidade da água deste corpo d'água urbano.

Tabela 22 – Valores para os indicadores propostos para a Bacia do Riacho do Sapo

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo	
① Indicadores monitoramento	Precipitação anual	<i>Precipitação anual</i>	1431 mm	
	Precipitação diária máxima anual	<i>Precipitação diária máxima anual</i>	69,2 mm	
	Monitoramento Pluviométrico	$\frac{\text{Número de estações pluviométricas ativas nos arredores e bacia}}{\text{área da bacia}}$	$\frac{5 \text{ estações}}{2,2 \text{ km}^2}$	2,27 estações/km ²
	Monitoramento Fluviométrico	$\frac{\text{Número de estações fluviométricas ativas nos cursos d'água}}{\text{área da bacia}}$	$\frac{0 \text{ estações}}{2,2 \text{ km}^2}$	0 estações /km ²
② Indicadores da rede existente	Indicador de abrangência do serviço de drenagem	$\frac{\text{População com acesso a drenagem na área da bacia}}{\text{População total na bacia}}$	Não souberam estimar a abrangência da rede	
	Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	$\frac{0,2 \text{ km}^2}{2,2 \text{ km}^2}$	9 %
	Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de microdrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	Não souberam estimar a abrangência da rede	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo	
② Indicadores da rede existente (Continuação)	Abrangência do cadastro da rede de Macrodrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de macrodrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	$\frac{0 \text{ km}^2}{2,2 \text{ km}^2}$	0 %
	Abrangência total estimada da rede de Macrodrenagem	$\frac{\text{Área da bacia com rede de macrodrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	Não souberam estimar a abrangência da rede	
	Quantidade de pontos críticos de alagamentos	$\frac{\text{Qtd de pontos críticos de alagamentos}}{\text{área total da bacia}}$	$\frac{1 \text{ ponto}}{2,2 \text{ km}^2}$	0,45 ponto/km ²
③ Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Indicador de área impermeável	$\frac{\text{Área impermeável (pavimentada)}}{\text{Área total da bacia}}$	$\frac{1,36 \text{ km}^2}{2,2 \text{ km}^2}$	62 %
	Indicador de modificação nos cursos d'água	$\frac{\text{Km de trechos modificados (canalizados)}}{\text{Km total do curso d'água}}$	$\frac{4,3 \text{ km}}{4,5 \text{ km}}$	96 %
	Indicador de existência de mata ciliar	$\frac{\text{Km de trechos do curso d'água com mata ciliar}}{\text{Km total do curso d'água}}$	$\frac{0 \text{ km}}{4,5 \text{ km}}$	0 %
	Indicador de área verde no ambiente urbano	$\frac{\text{Área estimada de regiões verdes (árvores, matas ...)}}{\text{Área total da bacia}}$	$\frac{0,52 \text{ km}^2}{2,2 \text{ km}^2}$	24 %
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	Indicador de frequência de alagamentos	Número de alagamentos no ano	Setor de drenagem e defesa civil não possuem essas informações assim padronizadas	
	Área alagada	$\frac{\text{área alagada}}{\text{área total da bacia (ou subbacia)}}$		

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas (Continuação)	Profundidade máxima atingida no alagamento	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de alagamento</i>	Setor de drenagem e defesa civil não possuem essas informações assim padronizadas
	Duração do alagamento	<i>Tempo (h) que a água permanece no passeio</i>	
	População atingida pelo alagamento	$\frac{\text{População atingida pelo alagamento}}{\text{população total da bacia (ou subbacia)}}$	
	Indicador de frequência de inundação ribeirinha	<i>Número de inundações no ano</i>	
	Área inundada	$\frac{\text{área inundada}}{\text{área total da bacia (ou subbacia)}}$	
	Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de inundação</i>	
	Duração da inundação ribeirinha	<i>Tempo (h) que a água permanece na residência</i>	
	População atingida pela inundação ribeirinha	$\frac{\text{População atingida pela inundação}}{\text{população total da bacia (ou subbacia)}}$	
⑤ Indicadores de qualidade da água escoada	Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	<i>Concentração de Nitrogênio total</i>	35,55 mg/L
	Concentração de DBO	<i>DBO₅</i>	104 mg/L

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo
⑤ Indicadores de qualidade da água escoada (Continuação)	Concentração de DQO	<i>DQO</i>	166,05 mg/L
	Concentração de coliformes totais	<i>Concentração de coliformes</i>	130 x 10 ⁵ UFC/100ml
	Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	$\frac{N^{\circ} \text{ de casos de diarreia + leptospirose na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	As informações de casos não foram fornecidas por bacia ou por unidade de saúde.
⑥ Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental	$\frac{\text{Quantidade de ações de educação ambiental}}{\text{população total na bacia}}$	Não souberam quantificar as ações
	Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	$\frac{n^{\circ} \text{ de reclamações dos serviços de drenagem pluviais}}{\text{População total na bacia}}$	Registro indisponível
⑦ Indicadores de sustentabilidade de da Drenagem Urbana	Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações regulares na bacia (com Habite - se)}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	Registro indisponível

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo
⑦ Indicadores de sustentabilidade da Drenagem Urbana (Continuação)	Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	$N^{\circ} \text{ de edificações inundadas em uma chuva com tempo de recorrência indicado no mapa de risco de inundação da área urbana}$	Há registro de um mapeamento para 10 anos de tempo de retorno onde, cerca de 4280 edificações seriam inundadas no PMSB, 2016.
	Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporados à drenagem urbana)	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações com algum sistema de controle de cheias na bacia}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	Registro indisponível
⑧ Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a Drenagem	Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos	$\frac{\text{Área coberta pela coleta de resíduos sólidos na bacia}}{\text{Área total urbana da bacia}}$	100 %
	Indicador de frequência de varrição de vias da bacia	$\text{Frequência de varrição semanal das ruas da bacia}$	2,5 vezes /semana
⑨ Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana	Indicador de força de trabalho (engenheiros e arquitetos urbanistas) no setor de drenagem	$\frac{N^{\circ} \text{ de engenheiros e arquitetos (do setor de drenagem)}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	Não foi possível definir ao certo devido à renovação de pessoal do setor

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Valor do indicador para a Bacia do Riacho do Sapo		
⑨ Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana (Continuação)	Indicador de atualização técnica do corpo técnico de planejamento	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pós graduados nas áreas de Recursos Hídricos}}{\text{n}^\circ \text{ de colaboradores do setor de drenagem}}$	$\frac{0 \text{ pós graduados}}{70 \text{ colaboradores}}$	0	
	Indicador de receita captada para o sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{Recurso total destinado ao setor de infraestrutura}}$	$\frac{\text{R\$ 13 milhões}}{\text{R\$ 165,5 milhões}}$	7,8 % dos recursos da secretaria de infraestrutura foram para a drenagem	
	Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{População residente na área}}$	$\frac{\text{R\$ 13 milhões}}{1,01 \text{ milhões pess}}$	Gastou-se R\$ 12,87 /pessoa com a drenagem no ano de 2015 em Maceió	
	Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Recurso gasto em obras de infraestrutura de drenagem}}{\text{área da bacia}}$	Informações não definidas da forma como solicitada. O setor não destrincha a informação, apresenta outras informações com características mais gerais		
	Indicadores de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	$\frac{\text{Recursos destinado à manutenção da infraestrutura drenagem}}{\text{Recurso total destinado à drenagem no ano}}$			
	Indicadores de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	$\frac{\text{Recursos destinado à ações de educação ambiental}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$			
	Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos aprovados para o setor de drenagem}}{\text{Recursos totais gastos com a drenagem no ano}}$			

4.3.4. Análise do conjunto de indicadores da Bacia do Riacho do Sapo

O estudo de caso apresenta muitas lacunas ocasionado pela indisponibilidade de várias informações para computar os indicadores. A impossibilidade de coleta de alguns dados na padronização proposta já era esperada.

É extremamente aceitável que informações que possuem uma padronização de coleta pouco comum, ou necessitem de uma sistematização de arquivamento para gerar a informação, ainda não exista, prejudicando a apresentação do conjunto completo de indicadores proposto. É necessário que seja implementada uma organização sistemática para coleta dessas informações. Todos os Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas possuem esse problema, além dos indicadores de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias, de doenças de veiculação hídrica e atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo.

Os indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água quantifica o que pode ser visto em muitos centros urbanos brasileiros, áreas completamente pavimentadas, com altos percentuais de áreas impermeáveis e pouquíssima área verde e locais propícios à infiltração.

A falta de cadastro, ou a pouca abrangência do mesmo reflete a desorganização dos órgãos responsáveis pelo setor, deixando a cargo da experiência de membros do corpo técnico o conhecimento das estruturas existentes.

Com relação aos parâmetros de qualidade da água escoada, a Resolução 357 do CONAMA (CONAMA, 2005) estabelece que um corpo hídrico enquadrado na Classe II de águas doces (no qual se enquadra o Riacho do Sapo) deve possuir DBO₅ de até 5mg/L, Coliformes de até 3000 UFC/100ml, nitrogênio total de 3,7 mg/L (a depender do PH), valores muito abaixo dos valores encontrados nos indicadores, apontando um estado crítico de poluição do curso d'água. A concentração de nitrogênio de 35,55 mg/L que foi observada, sugere a presença de esgoto *in natura*.

Os indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a Drenagem Urbana apresentam parâmetros altos que podem ser bons se analisados isoladamente, porém, não é o que se apresenta nos indicadores de qualidade da água escoada. O serviço de coleta de resíduos sólidos é prestado para toda a população, e ainda assim há muito lixo que tem por destino final os cursos d'água.

O valor de R\$ 12,87/pessoa gasto com a drenagem em 2015 no município de Maceió expressa um número pouco conclusivo pela falta de comparações com outras bacias ou com o histórico anual. O mesmo acontece com o indicador de receita captada para a drenagem, que apresenta um percentual de 7,8% do recurso da secretaria de infraestrutura foi destinado a esse serviço.

Ainda que alguns indicadores não possuam dados para serem implementados, é possível se ter uma avaliação subjetiva do sistema de drenagem existente nessa bacia, algumas deficiências sobretudo de cadastros de rede, e de sistematização de informações da drenagem podem ser observados como pontos característicos da análise dessa sub-bacia.

4.4. PESQUISA COM ESPECIALISTAS DA ÁREA PARA VALIDAÇÃO DO CONJUNTO PROPOSTO

Como forma de validar o conjunto de indicadores proposto, elaborou-se uma pesquisa desenvolvida para que especialistas de diversas áreas - que se relacionem com a drenagem - classificassem os indicadores propostos quanto a relevância deles diante do sistema de drenagem. A pesquisa em metodologia Delphi que tem como premissa o anonimato e a não existência de reunião física minimizando os efeitos persuasivos e também outros efeitos psicológicos que possam influenciar no que será disposto.

A expectativa era a de apresentar as ideias abordadas, para que, baseado na experiência na área de atuação de cada respondente que direta ou indiretamente se relaciona com a drenagem, fossem discutidas e julgadas quanto a importância em um conjunto de indicadores, e após debates houvessem convergência das ideias para definição inicial deste conjunto.

Foram enviados mais de 150 solicitações de participação por e-mail e recebidos 14 formulários preenchidos. Apesar de ser um grupo pequeno de respondentes, é bem diversificado com a presença de profissionais atuantes nas secretarias e órgãos municipais de gestão da drenagem, geógrafos e engenheiros pesquisadores e professores universitários das áreas de

saneamento, consultores e projetistas de drenagem, representantes do Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão e da FUNASA que trabalham com o tema do saneamento. A análise estatística dos resultados poderão conter viés devido ao pequeno número, mas ainda representa uma parcela importante representado pelas áreas de atuação dos profissionais. Foi usada a ferramenta de formulário eletrônico do Google (Google Forms) para auxílio nessa consulta.

Foi apresentado cada indicador proposto com sua respectiva formulação e solicitado que os respondentes classificassem em: muito relevante, relevante, pouco relevante ou irrelevante, para a representação de um sistema de drenagem. Também é possível não opinar em qualquer um dos itens, ainda foi aberto um espaço para comentários e sugestões em cada agrupamento.

Para o agrupamento de Indicadores de sustentabilidade da drenagem urbana, além de classificar quanto a relevância os 3 indicadores propostos, também foi solicitado que sugerissem formulações para eles baseados no formato usado durante todo o trabalho.

Todos os indicadores foram classificados como relevante ou muito relevante por mais de 50% dos respondentes como pode ser visto na Tabela 23. Alguns comentários importantes sobre o disposto serão destacados a seguir.

Tabela 23 – Resultados da consulta à especialistas

Indicador	Percentual de escolha dos respondentes			
	Muito relevante	Relevante	Pouco Relevante	Irrelevante
Precipitação anual	23%	46%	31%	0%
Precipitação diária máxima anual	43%	57%	0%	0%
Monitoramento Pluviométrico	57%	43%	0%	0%
Monitoramento Fluviométrico	57%	36%	7%	0%
Indicador de abrangência do serviço de drenagem	36%	50%	7%	7%
Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	43%	43%	14%	0%
Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	50%	43%	0%	7%
Abrangência do cadastro da rede de Macrodrenagem	50%	43%	7%	0%
Abrangência total estimada da rede de Macrodrenagem	50%	43%	7%	0%
Quantidade de pontos críticos de alagamentos	86%	14%	0%	0%
Indicador de área impermeável	93%	7%	0%	0%
Indicador de modificação nos cursos d'água	36%	64%	0%	0%
Indicador de existência de mata ciliar	50%	50%	0%	0%
Indicador de área verde no ambiente urbano	36%	57%	7%	0%
Indicador de frequência de alagamentos	64%	36%	0%	0%
Área alagada	50%	36%	14%	0%
Profundidade máxima atingida no alagamento	43%	50%	0%	7%

Indicador	Percentual de escolha dos respondentes			
	Muito relevante	Relevante	Pouco Relevante	Irrelevante
Duração do alagamento	50%	43%	7%	0%
População atingida pelo alagamento	57%	43%	0%	0%
Indicador de frequência de inundação ribeirinha	50%	50%	0%	0%
Área inundada	57%	36%	7%	0%
Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	36%	57%	0%	7%
Duração da inundação ribeirinha	50%	43%	7%	0%
População atingida pela inundação ribeirinha	69%	31%	0%	0%
Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	36%	50%	7%	7%
Concentração de DBO	57%	29%	7%	7%
Concentração de DQO	29%	57%	7%	7%
Concentração de coliformes totais	43%	36%	14%	7%
Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	64%	29%	0%	7%
Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental	33%	33%	25%	8%
Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	42%	50%	0%	8%
Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	36%	50%	0%	14%
Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	62%	23%	15%	0%
Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporadas à drenagem urbana)	50%	43%	7%	0%
Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos	57%	43%	0%	0%
Indicador de frequência de varrição de vias da bacia	29%	64%	7%	0%
Indicador de força de trabalho (engenheiros e arquitetos urbanistas) no setor de drenagem	14%	57%	21%	7%
Indicador de atualização técnica do técnico de planejamento	29%	43%	21%	7%
Indicador de receita captada para o sistema de Drenagem Urbana	36%	50%	14%	0%
Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana	29%	43%	29%	0%
Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de Drenagem Urbana	29%	64%	7%	0%
Indicadores de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	50%	43%	7%	0%
Indicadores de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	36%	50%	14%	0%
Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	38%	62%	0%	0%

No que diz respeito aos indicadores de monitoramento a análise dos percentuais obtidos na pesquisa para o indicador de precipitação média anual, apresenta uma maior divergência, com um percentual elevado de respondentes que o classificaram como pouco relevante. Como comentário de um respondente da consulta a precipitação média anual pode mascarar valores de pico, por ser uma média, ele ainda reforça que a precipitação diária máxima tem melhor representatividade para o sistema de drenagem. Nesse contexto a representatividade dos indicadores de número de estações

pluviométricas, e fluviométricas também podem não ter muita representatividade. O intuito desses indicadores é de caráter exploratório de informações sobre as características de precipitação da região e conhecimento da rede de monitoramento vinculada a bacia.

Para a consulta dos indicadores de rede existente destaca-se os comentários relacionados a importância destas informações para estudar o que já está implementado e projetar com técnicas que melhor se adequem a esses locais. A definição de redes de drenagem é bem ampla e nem sempre existe uma estrutura feita apenas para essa função, o próprio pavimento ou o terreno natural são componentes da rede, tornando complexo a apresentação completa. O conjunto mencionado tenta retratar alguns elementos passíveis de serem esquematizados com a finalidade de melhorar a forma de gestão de funcionamento como sistema.

Os indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água apresentaram percentuais de relevância muito convergentes, confirmando a escolha dos itens como de importância para os sistemas de drenagem. Ainda vale ressaltar que esses indicadores têm relação direta com o uso e ocupação do solo.

No grupo de indicadores de alagamento e inundação ribeirinha destacam-se os indicadores de frequência de ocorrência e de população atingida com altos percentuais de relevância podendo ser considerados também como os mais importantes desse agrupamento. Os demais representam as magnitudes do prejuízo que o maior evento gerou, e podem ser entendidos como complementares.

Para um dos respondentes “os indicadores relacionados a qualidade da água escoada permite um possível enquadramento do corpo hídrico, indicando alternativas possíveis de tratamento de esgotos e águas residuárias afluentes”. A dispersão dos percentuais de consultados que consideraram irrelevantes ou pouco relevantes para o sistema de drenagem nos componentes deste agrupamento demonstra a necessidade de um debate maior sobre o tema, afim de definir a influência da poluição difusa gerada pelas águas de lavagem dos pavimentos urbanos, e esgotos presentes nos córregos urbanos.

O indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental do agrupamento de Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos, assim como os indicadores de força de trabalho, de conhecimento das

diversas tecnologias pelo corpo técnico e gasto *per capita* apresentaram pouco consenso na opinião dos respondentes. Esses indicadores apenas quantificam a informação sem maiores análises sobre a qualidade ou eficácia.

A quantidade de ações ou programas de educação ambiental não garante que são aplicadas de forma eficiente, ou que atingiram o público alvo. Um respondente comentou que já passou o tempo em que a educação ambiental teria um peso muito relevante, já que as grandes cidades têm um enorme passivo a ser corrigido em relação à drenagem e que são mais dependentes de decisões e conhecimento técnico do gestor público sobre canalização, impermeabilização, uso do solo, etc. Porém o percentual de muito relevante ou relevante é de 63%, sugerindo que ainda é um indicador importante para o sistema de drenagem.

O indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem apresenta altos percentuais de relevância, com comentários importantes de que o número de reclamações dos serviços de drenagem pluviais não representa esta percepção.

O agrupamento de indicadores de sustentabilidade da drenagem apresentou 3 indicadores sem formulação para que os consultados, além de classificar quanto à relevância, sugerissem uma formulação baseada da ideologia proposta para o trabalho. Quanto à relevância, os indicadores de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo, respeito às áreas inundáveis na concepção do documento municipal que regula o uso e ocupação do solo e o indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias se apresentaram com altos percentuais de relevância. Comentários sobre a importância da fiscalização sobre as regulamentações de uso e ocupação do solo foram frequentes.

Como sugestão de formulações para o indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo várias sugestões sobre a quantidade de construções que atendem à regulamentação (residências com Habite-se) pelo número total de edificações, com uma convergência satisfatória para incorporar essa formulação ao conjunto de indicadores proposto.

Para o indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias apenas uma formulação foi proposta: número de edificações com algum tipo de estrutura de controle de cheias dividido pelo número total de edificações. Esta formulação foi incorporada ao conjunto, já que tem como ser implementado uma sistematização de coleta para esses dados.

Já para o indicador de respeito as áreas inundáveis algumas ideias sobre o uso de mapas de áreas inundáveis foram lançadas. O uso desses mapas para obter informações sobre o respeito a ocupação de áreas inundadas pode ser incorporado como formulação ao conjunto de indicadores se contarmos o número de edificações que estão localizadas em áreas inundáveis vinculadas a um tempo de retorno pré-estabelecido.

No agrupamento dos indicadores de manutenção dos sistemas urbanos vinculados à drenagem urbana apresentam percentuais que concordam com a relevância dos indicadores de varrição e de coleta de resíduos sólidos apresentados e com comentários de que a análise deles de forma isolada do conjunto não vai refletir a situação. Mesmo com uma cobertura de quase 100% dos resíduos sólidos e alta frequência de varrição das ruas não garante melhorias no sistema de drenagem.

Como já comentado os indicadores de força de trabalho, de conhecimento de novas tecnologias pelo corpo de trabalho e de gasto *per capita* com a drenagem tiveram percentuais de relevância divergentes.

Os outros indicadores, apesar de apresentarem percentuais que defendem a relevância, vários comentários alertam que os valores gastos não representam qualidade no serviço, e que não se deve dar muito peso aos gastos com a drenagem para não valorizar apenas as intervenções físicas na bacia para melhorar o sistema de drenagem.

De uma maneira geral o grupo de respondente apresentou uma convergência numérica para afirmar que as ideias apresentadas nos indicadores propostos representam satisfatoriamente o sistema de drenagem, com alertas pertinentes a qualidade do serviço em que alguns indicadores apenas quantificam informações. Apesar do número de respondentes ser pequeno, pode-se inferir que as respostas representam uma parcela importante dos especialistas de diversas áreas.

4.5. COMPARAÇÃO DO CONJUNTO PROPOSTO COM OS DADOS SOLICITADOS PELO SNIS – DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Conforme já referido no item 2.4 o SNIS lançou no final do ano de 2016 a campanha para coleta de dados sobre os sistemas de drenagem de águas pluviais e solicitou que cada prefeitura fornecesse diversas informações do sistema de drenagem para elaboração do diagnóstico desse serviço no Brasil.

Como forma de análise complementar, esta seção fará uma comparação dos itens solicitados pelo SNIS com o conjunto proposto neste trabalho. Tem como objetivo identificar possíveis linhas de ideias sobre a igualdade dos indicadores de drenagem, uma vez que o SNIS ainda não apresentou os indicadores que serão usados para o primeiro diagnóstico do serviço de drenagem de águas pluviais.

Pelo fato de que plataforma de preenchimento dos itens solicitados é uma área com acesso restrito aos representantes das prefeituras não foi possível entrar no sistema de preenchimento. Porém, no endereço eletrônico do SNIS (www.snis.gov.br) é possível obter o Glossário de Informações que apresenta e explica todos os itens que são solicitados na plataforma.

A coleta é feita por blocos de áreas correlatas conforme lista:

- Dados gestão municipal (Prefeitura);
- Dados do gestor do serviço (Gestor do Serviço);
- Dados sobre outras entidades (Outras Entidades);
- Dados gerais (Geral);
- Dados sobre cobranças (Cobrança);
- Dados financeiros (Financeiro);
- Dados de infraestrutura (Infraestrutura);
- Dados operacionais (Operacional);
- Dados sobre gestão de risco (Gestão de Riscos);
- Dados da avaliação de reação (Avaliação de Reação);

Nos três primeiros blocos são coletadas informações gerais sobre os envolvidos, como nomes dos responsáveis, endereço, telefones, e-mails, e outros relativos aos gestores e entidades. O bloco de dados gerais é a parte relativa às características físicas do município como população, área, região hidrográfica em que está localizado, a existência de comitês de bacia. Os dados sobre cobrança investigam a existência de cobrança direta pelos serviços de drenagem urbana. Já o bloco de dados financeiros abrange informações relacionada a quantitativo de pessoal e recursos destinados à drenagem.

O bloco de dados de infraestrutura levanta informações da rede existente e alguns aspectos organizacionais do prestador de serviços. Os dados operacionais identificam as intervenções e manutenções feitas na rede no ano de referência. Dados de gestão de risco é o responsável por coletar informações sobre monitoramento pluvial, histórico de eventos, sistemas de alerta e outras informações relativas à mitigação de eventos de alagamentos ou inundações.

O último bloco solicita que o respondente faça uma avaliação dos dispostos quanto a clareza do que foi solicitado, características de preenchimento, dificuldade de sintetização de informações e avaliações do conteúdo abordado.

De posse dos itens solicitados pelo SNIS alguns valores podem ser calculados para os indicadores propostos nesse trabalho. A Tabela 24 apresenta esse paralelo, de como os dados solicitados pelo SNIS podem ser usados para implementar os indicadores aqui propostos.

Em grande maioria a forma de padronização para coleta de dados do SNIS é um pouco diferente da que foi proposta, porém as ideias abordadas são semelhantes ou se complementam, de certa maneira. Pontos como população com acesso a drenagem, pontos críticos de alagamento, aspectos de qualidade da água dos córregos, educação ambiental e atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo não são observados no glossário.

Tabela 24 – Paralelo com o Glossário de informação do SNIS – Águas pluviais

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
① Indicadores monitoramento	Precipitação anual	<i>Precipitação anual</i>	<p>Não solicita valores, mas pergunta quais os instrumentos e dados hidrológicos que o município monitora. Especificamente nos campos:</p> <ul style="list-style-type: none"> RI003 – Instrumentos de controle e monitoramento hidrológicos existentes no município e que estiveram em funcionamento durante o ano de referência. RI003A – Especifique qual é o outro instrumento de controle e monitoramento hidrológico. RI004- Dados hidrológicos monitorados no município e metodologia de monitoramento RI004A - Especifique qual é o outro dado hidrológico monitorado no município e sua metodologia de monitoramento.
	Precipitação diária máxima anual	<i>Precipitação diária máxima anual</i>	
	Monitoramento Pluviométrico	<i>$\frac{\text{Número de estações pluviométricas ativas nos arredores e bacia}}{\text{área da bacia}}$</i>	
	Monitoramento Fluviométrico	<i>$\frac{\text{Número de estações fluviométricas ativas nos cursos d'água}}{\text{área da bacia}}$</i>	
② Indicadores da rede existente	Indicador de abrangência do serviço de drenagem	<i>$\frac{\text{População com acesso a drenagem na área da bacia}}{\text{População total na bacia}}$</i>	<p>Não há referência sobre a população com acesso a drenagem, apenas a população total:</p> <ul style="list-style-type: none"> GE005 - População total residente no município (Fonte: IBGE)
	Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	<i>$\frac{\text{Km de rede de microdrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$</i>	<p>Pergunta sobre a existência de cadastro e existência de projetos das unidades de drenagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> IE012 - Existe cadastro técnico de obras lineares no município? IE013 - Existe projeto básico, executivo ou "as built" de unidades operacionais de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?
	Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	<i>$\frac{\text{Km de rede de microdrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$</i>	
	Abrangência do cadastro da rede de Macrodrenagem	<i>$\frac{\text{Km de rede de macrodrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$</i>	
	Abrangência total estimada da rede de Macrodrenagem	<i>$\frac{\text{Km de rede de macrodrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$</i>	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
	Quantidade de pontos críticos de alagamentos	$\frac{\text{Qtd de pontos críticos de alagamentos}}{\text{área total da bacia}}$	Não fala de pontos de recorrência de alagamentos.
③ Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Indicador de área impermeável	$\frac{\text{Área impermeável (pavimentada)}}{\text{Área total da bacia}}$	As áreas são tomadas por recorte municipal e não recortes de bacia.
	Indicador de modificação nos cursos d'água	$\frac{\text{Km de trechos modificados (canalizados)}}{\text{Km total do curso d'água}}$	São retratados de maneira relativamente semelhante, por: <ul style="list-style-type: none"> • IE032 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas: • IE033 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com diques em áreas urbanas • IE034 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas • IE035 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados em áreas urbanas • IE036 - Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com retificação em áreas urbanas. • IE043 - Existem parques lineares em áreas urbanas? • IE044 - Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas:
	Indicador de existência de mata ciliar	$\frac{\text{Km de trechos do curso d'água com mata ciliar}}{\text{Km total do curso d'água}}$	
	Indicador de área verde no ambiente urbano	$\frac{\text{Área estimada de regiões verdes (árvores, matas ...)}}{\text{Área total da bacia}}$	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	Indicador de frequência de alagamentos	<i>Número de alagamentos no ano</i>	<ul style="list-style-type: none"> RI025 - Número de alagamentos na área urbana do município no ano de referência, registrados no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil.
	Indicador de frequência de inundação ribeirinha	<i>Número de inundações no ano</i>	<ul style="list-style-type: none"> RI027 - Número de inundações na área urbana do município no ano de referência, registradas no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
	Área alagada	$\frac{\textit{área alagada}}{\textit{área total da bacia (ou subbacia)}}$	Sobre o ocorrido em eventos o SNIS coleta informações de eventos, sem distinção de alagamento ou inundação, pelos dados: <ul style="list-style-type: none"> RI032 – Nº de edificações atingidas na área urbana do município em eventos; RI042 - Alojamento ou reassentamento de população residente em área de risco hidrológico devido a eventos hidrológicos; RI043 - Pessoas transferidas para habitações provisórias durante ou após eventos.
	Profundidade máxima atingida no alagamento	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de alagamento</i>	
	Duração do alagamento	<i>Tempo (h) que a água permanece no passeio</i>	
	População atingida pelo alagamento	$\frac{\textit{População atingida pelo alagamento}}{\textit{população total da bacia (ou subbacia)}}$	
	Área inundada	$\frac{\textit{área inundada}}{\textit{área total da bacia (ou subbacia)}}$	
	Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de inundação</i>	
	Duração da inundação ribeirinha	<i>Tempo (h) que a água permanece na residência</i>	
	População atingida pela inundação ribeirinha	$\frac{\textit{População atingida pela inundação}}{\textit{população total da bacia (ou subbacia)}}$	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
<p style="text-align: center;">⑤</p> <p style="text-align: center;">Indicadores de qualidade da água escoada</p>	Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	<i>Concentração de Nitrogênio total no exutório do curso d' água principal</i>	<p>Sobre aspectos de qualidade da água são abordados apenas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • IE050 - Existe algum tipo de tratamento das águas pluviais? • IE050A - Especifique qual é o outro tipo de tratamento das águas pluviais informado em IE050 • IE051 – Tipo • IE051A - Especifique qual é o outro tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações
	DBO	<i>DBO 5,20 no exutório do curso d' água principal</i>	
	DQO	<i>DQO no exutório do curso d' água principal</i>	
	Concentração de coliformes totais	<i>Concentração de coliformes no exutório do curso d' água principal</i>	
	Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	$\frac{N^{\circ} \text{ de casos de diarreia + leptospirose na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	
<p style="text-align: center;">⑥</p> <p style="text-align: center;">Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos</p>	Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental	$\frac{\text{Quantidade de ações de educação ambiental}}{\text{população total na bacia}}$	Não há referências sobre esses dados
	Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	$\frac{n^{\circ} \text{ de reclamações dos serviços de drenagem pluviais}}{\text{População total na bacia}}$	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
⑦ Indicadores de sustentabilidade da Drenagem Urbana	Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações regulares na bacia (com Habite - se)}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	Não há referências sobre esses dados
	Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	$N^{\circ} \text{ de edificações inundadas em uma chuva com tempo de recorrência de 15 anos}$	Mais abrangente nas perguntas sobre o mapeamento: <ul style="list-style-type: none"> • RI009 - Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos? • RI010 - O mapeamento é parcial ou integral? • RI011 - Qual percentual da área total do município está mapeada? • RI012 - Tempo de recorrência (ou período de retorno) adotado para o mapeamento • RI013 - Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação
	Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporados à drenagem urbana)	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações com algum sistema de controle de cheias na bacia}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	Sobre controles de cheias: <ul style="list-style-type: none"> • IE051A - Especifique qual é o tipo de infraestrutura para amortecimento de vazões de cheias/inundações; • IE058 - Capacidade de reservação
⑧ Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a Drenagem Urbana	Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos	$\frac{\text{Área coberta pela coleta de resíduos sólidos na bacia}}{\text{Área total da bacia}}$	De forma muito mais abrangente e pouco objetiva podem ser descritas as informações pelo dado: <ul style="list-style-type: none"> • OP001 - No ano de referência, quais das seguintes intervenções ou manutenções foram realizadas no sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas ou nos cursos d'água da área urbana do município?
	Indicador de frequência de varrição de vias da bacia	$\text{Frequência de varrição semanal das ruas da bacia}$	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
9 Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana	Indicador de força de trabalho (engenheiros e arquitetos urbanistas) no setor de drenagem	$\frac{N^{\circ} \text{ de engenheiros e arquitetos (do setor de drenagem)}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	Não há especificações de escolaridade de colaboradores do setor
	Indicador de atualização técnica do corpo técnico de planejamento	$\frac{N^{\circ} \text{ de pós graduados nas áreas de Recursos Hídricos}}{n^{\circ} \text{ de colaboradores do setor de drenagem}}$	Apresenta-se apenas: <ul style="list-style-type: none"> AD003 - Quantidade total de pessoas alocadas nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.
	Indicador de receita captada para o sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{Recurso total destinado ao setor de infraestrutura}}$	<ul style="list-style-type: none"> FN009 - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:
	Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	<ul style="list-style-type: none"> FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: GE005 - População total residente no município (Fonte: IBGE)
	Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Recurso gasto em obras de infraestrutura de drenagem}}{\text{área da bacia}}$	São apresentadas informações mais gerais, que não definem valores sobre manutenção ou obras.
	Indicadores de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	$\frac{\text{Recursos destinado à manutenção da infraestrutura drenagem}}{\text{Recurso total destinado à drenagem no ano}}$	

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Comparação com o glossário de informações do SNIS – Águas pluviais
9 Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana (Continuação)	Indicadores de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	$\frac{\text{Recursos destinado à ações de educação ambiental}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	Não há dados sobre ações ambientais
	Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos aprovados para o setor de drenagem}}{\text{Recursos totais gastos com a drenagem no ano}}$	<ul style="list-style-type: none"> • FN009 - Receita total dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. • FN016 - Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os indicadores se mostram importantes ferramentas para avaliação de um sistema urbano, componente fundamental da tomada de decisão, análise e controle da evolução do desempenho ao longo do tempo. Os indicadores devem ser componentes indispensáveis nos diagnósticos dos Planos Diretores de Saneamento, indicadores estes que no serviço de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais não apresenta padronização sequer das ideias abordadas. Esse conjunto de indicadores deve ser uma ferramenta de direcionamento das políticas públicas para os sistemas urbanos, visando estratégias de desenvolvimento sustentável inclusive nos sistemas de drenagem urbana.

Por meio da revisão bibliográfica foram apresentados elementos importantes da drenagem urbana e concepções muito diferentes para avaliação da drenagem urbana, mostrando a dificuldade de mensuração deste componente. A necessidade de avaliar este serviço por diversos pontos de vista torna mais complexo a definição de eficiência ou déficit.

O conjunto aqui proposto é composto de 44 indicadores agrupados em 9 campos de análise, que se completam quando da interpretação dos resultados, não devendo ser inferidas conclusões sobre um indicador individualmente, mas sim a avaliação de forma conjunta e integrada.

O conjunto de indicadores proposto deve ser tomado como ponto inicial para um debate mais amplo da necessidade de retratar a drenagem de forma sistematizada para definir diretrizes concretas para este serviço. Vale ressaltar que a visão integrada da cidade e dos sistemas urbanos são imprescindíveis para entender como funciona todo o sistema e sejam definidos elementos norteadores para o planejamento municipal.

Todos os indicadores propostos foram classificados como relevante ou muito relevante por mais de 50% dos respondentes da consulta a especialistas, que mesmo com um pequeno número de respondentes representa uma parcela importante de especialistas devido à diversidade dos profissionais que a responderam. A maior parte dos indicadores do conjunto proposto podem ser implementados com as informações constantes no glossário de informações do SNIS águas pluviais (BRASIL, 2016b), sugerindo que os indicadores que virão a ser apresentados têm equivalência

com os que aqui foram propostos. Mesmo que algumas informações possuam sistematização diferente, as ideias abordadas são semelhantes.

A aplicação dos indicadores na Bacia do Riacho do Sapo, permitiu conhecer o funcionamento do sistema de drenagem e algumas características importantes da drenagem no município, apesar da falta de dados. A necessidade de sistematização e organização de informações pelo setor responsável pela gestão do serviço é evidente. Realidade que provavelmente não se restringe apenas a bacia estudada, mas em várias bacias urbanas brasileiras.

Alguns dados necessários à implementação dos indicadores podem não ser apresentados da forma como proposto pelo estudo, mas são de fácil obtenção, como é o caso dos dados que devem ser coletados com a Defesa Civil. Outros indicadores ainda precisam de estudos mais específicos que já deveriam fazer parte das informações técnicas dos responsáveis pelo sistema, como é o caso do mapa de risco de inundação da área urbana.

A metodologia aqui proposta permite estabelecer comparações entre o desempenho de diferentes sistemas de drenagem, no que diz respeito aos aspectos abordados pelos indicadores definidos. Se analisados em uma série histórica permite conhecer a evolução de cada item ao longo do tempo, e prever situações onde é necessário intervir.

5.1. LIMITAÇÕES

A apresentação de um sistema de drenagem deve ser feita de forma a abordar todas as características, tanto traços gerais quanto pontos muito específicos. Então a discussão sobre o conjunto que melhor represente o sistema de drenagem é longa e deve ser exaustivamente debatida por pessoas de diferentes visões sobre o assunto. O conjunto de indicadores aqui proposto não deve ser tomado como o de representação da drenagem, mas sim como o ponto inicial da discussão para aprimoramento.

O conhecimento de particularidades como infraestruturas especiais, modelos de cobrança pelo serviço de drenagem urbana não estão incorporados ao conjunto proposto, sendo necessário uma descrição bem abrangente do sistema para complementação de entendimento.

Atualizações e inserções de novas tecnologias e conceitos fazem com que sejam imprescindíveis debates constantes com revisões periódicas para possíveis reformulações ou adequações do conjunto de indicadores de representação de qualquer sistema.

5.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sequência desse trabalho, podem ser estabelecidas ponderações em cada indicador para que possam ser criados índices que agreguem as informações tornando-as mais direta. Este formato pode facilitar o estabelecimento de metas para o desenvolvimento e melhoria da drenagem na bacia.

O processo de estabelecimento de metas pode seguir um modelo semelhante ao do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) proposto pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) do Ministério da Educação (MEC). O IDEB é um índice composto por informações de desempenho em exames padronizados (Prova Brasil ou Saeb), obtidos pelos estudantes ao final das etapas de ensino (4ª e 8ª série do ensino fundamental e 3ª série do ensino médio) com indicadores do rendimento escolar (BRASIL, sem data).

O processo de criação da ponderação deverá depender da situação geral no qual se tenha interesse principal em melhorar, ou incentivar. Ao se ter ponderações mais altas, incentivará a melhoria desse determinado indicador. Pode ser encarado como uma ferramenta para que os legisladores priorizem o desenvolvimento de algumas áreas específicas.

Uma vez que esse mecanismo seja implementado podem ser estabelecidas metas para longo, médio e curto prazo, e estudadas os melhores planos de ação por meio de políticas públicas que visem melhorar a gestão da drenagem e conseqüentemente o índice de drenagem urbana.

6. REFERÊNCIAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Guia de Referência para a Medição do Desempenho**. Comitê Nacional da Qualidade ABES, Brasil, 2000.
- ADRIAANSE, A. **Environmental policy performance indicators**. General of Environment of the Dutch Ministry of Housing, VROM, The Hague, 1993.
- AGRA, C. C. Metodologia para estimativa de Cargas Poluentes em bacias urbanas. Estudo de caso: bacia do Riacho do Sapo. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2017.
- ALMEIDA, M. A. P. D. **Indicadores de salubridade ambiental me favelas urbanizadas: O caso de favelas em áreas de proteção ambiental**. Tese (doutorado em Engenharia) – Departamento de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
- ANDRADE, R.; SANTOS, M. **Análise dos problemas de drenagem urbana nos bairros Vila Operária e Aeroporto, Teresina – PI**. V Congresso de Pesquisa e Inovação do IFPI - Teresina, 2010.
- BATISTA, M. E. M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão urbana baseado em indicadores ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba. 2005.
- BARROS, A. M.; HENRIQUE, D. C.; NEVES M. G. F. P. **Alteração do uso e cobertura do solo na Bacia do Riacho do Sapo, Maceió-AL**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Bento Gonçalves, 2013.
- BELLEN, H. M. V. **Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação**. Revista Ambiente & Sociedade. v. II, n. 1, 2004.
- BELO HORIZONTE. **Lei nº. 8.260, de 03 de dezembro de 2001**. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento de Belo Horizonte. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2001.

- _____. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2004/2007 – Caderno de textos.** Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2004.
- _____. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2008/2011 – Caderno de textos. V. I/II.** Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2008.
- _____. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2008/2011. Atualização 2010. V. I/II - Texto.** Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2010.
- _____. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2012/2015 – Caderno de texto. V. I/II.** Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2013.
- _____. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2012/2015. Atualização 2014 – Caderno de texto. V. I/II.** Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2014.
- BERTRAND-KRAJEWSKI, J. -L.; BARRAUD, S.; BADIN, J, -P. **Uncertainties, performance indicators and decision aid applied to storm water facilities.** Urban Water v. 4, p. 163-179, 2002.
- BRASIL. **Capacitação Básica em Defesa Civil.** Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2012.
- _____. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2014.** Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, 2016a.
- _____. **Glossário de informações – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.** Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, 2016b.
- _____. **Lei 13.308 de 06 de julho de 2016.** Altera a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. Brasília, 2016c.
- _____. **Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007.** Publicada no Diário Oficial da União em 08/01/2007 e retificada em 11/01/2007. Brasília, 2007a.

- _____. **Nota Técnica. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB.** Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. Ministério da Educação. Sem data. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/>> Acesso em: 19/01/2017.
- _____. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais. Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília, maio de 2014.
- _____. **Panorama Nacional do Saneamento Básico no Brasil: elementos conceituais para o saneamento básico, Brasília, 2011.** Disponível em <www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/plansab> (Acesso em: 15/02/2016.) 2011.
- _____. **Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH.** Ministério das Cidades, Brasília, 2007b.
- _____. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades, Brasília, 2014.
- _____. Portal do MMA - Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente. **Indicadores ambientais.** 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/informacao-ambiental/sistema-nacional-de-informacao-sobre-meio-ambiente-sinima/indicadores>>. Acesso em: 12/01/2017.
- _____. **SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Brasília: Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Básico, 2010.
- CARDOSO, M. A., CAMACHO, P., MATOS, R. **Resultados do projecto europeu CARE-S para apoio à reabilitação de redes de drenagem de águas residuais.** 12º Encontro Nacional Saneamento Básico, XII ENASB, Cascais, Portugal, 2006.
- CARDOSO, M. A. **Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Hidráulica e Ambiente da Universidade Técnica de Lisboa – Portugal. 2008.

- CASTRO, L. M. A. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
- _____. **Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **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.** Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63, 2005.
- CRUZ, M. S. A.; TUCCI C. E. M. **Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 13, n.3, p. 59-71, 2008.
- CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.** Tomo 7.1 – Metodologia para avaliação de benefícios. Relatório final – Volume 7, Subsídios Técnicos e Econômicos SUDERHSA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Prefeitura Municipal de Curitiba. 2002.
- DIAS, M. C. **Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontânea: estudo em Salvador, Bahia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. 2003.
- ECKART, J.; TSEGAYE, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. **Measuring flexibility of urban drainage systems.** Switch Managing Water for the City of the Future. 2011.
- FERREIRA, F. L. **Análise dos indicadores municipais de sustentabilidade ambiental utilizados no grande ABC-SP.** Dissertação (Mestrado em administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, 2011.
- FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.;

- VIKLANDER, M. **SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage.** Urban Water Journal, v. 12, n.7, p. 525-542, 2015.
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico.** Brasília, 2012.
- GAMA, J. A. S. **Índice de Salubridade Ambiental em Maceió Aplicado à Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió/AL.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2013.
- GEERSE, J. M. U.; LOBBRECHT, A. H. **Assessing the performance of urban drainage systems: ‘general approach’ applied to the city of Rotterdam.** Urban Water, v. 4, p. 199-209, 2002.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. Environmental indicators : a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, 1995.
- HOLZ, J. **Levantamento e Mapeamento do Índice de Risco de Alagamento da Bacia do Riacho Reginaldo.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000, Manual do Entrevistador, Drenagem Urbana.** IBGE, 2000.
- _____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000.** Departamento de População e Indicadores. IBGE, 2002.
- KOLSKY, P.; BUTLER, D. **Performance indicators for urban storm drainage in developing countries.** Urban Water v. 4, p. 137-144, 2002.
- LOURENÇO, M. S. **Questões técnicas na elaboração de indicadores de sustentabilidade.** Sustentabilidade e Responsabilidade Social, 2008.

- MACEIÓ. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Maceió/AL – Produto 3.4: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos**. Prefeitura Municipal de Maceió/AL. Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento, 2016a.
- MACEIÓ. **Plano de Saneamento Básico do Município de Maceió/AL – Produto 2.7: Situação do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Prefeitura Municipal de Maceió/AL. Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento, 2016b.
- MACEIÓ. **Informações financeiras da Prefeitura Municipal**. Disponível em: <<http://www.transparencia.maceio.al.gov.br>>. Acesso em: 11/01/2017.
- MARQUES, C. E. B. **Proposta de Método para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- MARSALEK, J.; SCHREIER H. **Innovation in storm water management in Canada: The way forward**. Water Quality Research Journal of Canada, V. 46, 2009.
- MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making**. 3 ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.
- MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. 2009.
- MOURA, P. M.; BARRAUD, S.; BAPTISTA, M. B. **Metodologia para avaliação de sistemas de infiltração de águas pluviais urbanas – fase de concepção**. Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA. v. 7, no. 2, p. 5-16. 2010.
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. **OECD Core set of indicators for environmental performance reviews**. Monographs n° 83, Paris, France, 1993.
- PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L. C.; CAMPOS, R. **Drenagem urbana sustentável no Brasil**. Relatório de Workshop na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, 2003.

- PEDROSA, H. F. S. **Avaliação do impacto da aplicação das diretrizes do Plano Diretor de Maceió sobre o escoamento superficial. Estudo de caso: Bacia do Riacho Reginaldo.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2008.
- PEREIRA, M. T.; GIMENES, M. L. **Desenvolvimento de indicador de qualidade de saneamento ambiental urbano e aplicação nas maiores cidades paranaenses.** Seminário Internacional Experiência e agendas 21: os desafios do nosso tempo. Ponta Grossa, 2009.
- PEREIRA, M. T.; SILVA, F. F.; GIMENES, M. L.; ZANATTA, O. A. **Desenvolvimento de indicador de qualidade de saneamento básico urbano (IQSBU) e aplicação em cidades paranaenses.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.8, n.1, p. 135-164, 2015.
- POMPÊO, C. A.; **Drenagem urbana sustentável.** Revista brasileira de recursos hídricos. v. 5, n.1, p. 15-24, 2000.
- PORTO ALEGRE. **Decreto nº 15.7371/2006. Regulamenta o controle da drenagem urbana.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2006.
- PORTO, R.; ZAHED F., K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. **Drenagem Urbana.** In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH, 1997. p. 805-847.
- ROTAVA, J. **Índices de resiliência hídrica e de perigo para gestão do risco de inundações urbanas.** Dissertação (Mestrado em Ciências: Engenharia hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2014.
- SANTO ANDRÉ - SP. **Informativo: SEMASA em Números.** Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/institucional/semasa-em-numeros/>>. Acessado em: 29/02/2016. Sem data.
- SÃO PAULO (município). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do Sistema de drenagem urbana.** Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano do Estado de São Paulo. v. 1. 2012.

- SILVA, B. R.; PINHEIRO, H.; LOPES, D. D. **Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 01, n. 01, p. 30-44, 2013.
- SILVA, D. F. **Avaliação de indicadores de desempenho dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia civil) – Universidade Federal de Alagoas, 2013.
- SILVA, S. A. **Saneamento básico e saúde pública em bacias hidrográficas urbanas: estudo de caso do riacho Reginaldo – Maceió – AL**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2014.
- SOUZA, V. C. B.; MORAES L. R.; BORJA P. C. **Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição**. Gesta: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, V. 1, n. 2, p. 162-175, 2013.
- TODESCHINI, S.; PAPIRI, S.; CIAPONI, C. **Performance of stormwater detention tanks for urban drainage systems in northern Italy**. *Journal of Environmental Management*, v. 101, p. 33-45, 2012
- TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 7, n. 1, 2002.
- _____, **Urbanização e Drenagem Urbana**. Artigo do Blog do Tucci - Recursos Hídricos e Meio Ambiente, postado em 08 de junho de 2008. Disponível em: <<http://rhama.net/wordpress>>. Acesso em: 17/09/2015. 2008.
- WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, V. 01. Nº 12. 2000

7. APÊNDICES

APÊNDICE A - SÍNTESE DOS INDICADORES DE DRENAGEM APRESENTADOS

A Tabela 25 apresenta uma síntese dos indicadores de drenagem urbana da literatura. São apresentados as referências, os grupos de informações, os indicadores usados e a equação para cada estudo apresentado na revisão bibliográfica.

Tabela 25 - Síntese dos indicadores de drenagem urbana levantados na literatura

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
Almeida (1999)	—	<ul style="list-style-type: none"> • Drenagem das vias de circulação • Drenagem habitacional • Permeabilidade 	$I_{dr} = \{100 - [(i_{DC} + i_{DH}) \div 2]\} \times k(\%)$
Geerse e Lobbrecht (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenção de alagamento • Interesses ecológicos e de recreação • Gestão da água 	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança e saúde da população • Redução de perdas devido a inundação • Redução da poluição das águas superficiais • Canais e lagoas • Principais rios • Descarga de poluentes • Redução de custos operacionais do sistema • Redução de sedimentação em esgotos • Redução de problemas de odor (não incluído devido à falta de medidas) 	Não foi estabelecido uma formulação, os itens foram classificados de acordo com uma prioridade de importância
Kolsky e Butler (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de desempenho • Indicadores de desempenho 	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidade da inundação • Área inundada • Duração da inundação • Níveis de sólidos na rede • Capacidade de escoamento das estruturas • Nível de bloqueio dos escoamentos 	Definem que esses são os parâmetros mínimos para avaliar um sistema de drenagem urbana. Apresentam vantagens e desvantagens de cada um dos indicadores usados.

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de processo 	<ul style="list-style-type: none"> Frequência de limpeza das ruas Tempo gasto nas operações Orçamento 	
Dias (2003)	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrência de inundações ou alagamentos Pavimentação da rua 	<ul style="list-style-type: none"> Domicílios sem ocorrência de alagamentos ou inundações Domicílios cujas ruas possuem pavimentação 	—
Batista (2005)	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrência de inundações ou alagamentos Pavimentação da rua 	<ul style="list-style-type: none"> Domicílios sem ocorrência de alagamentos ou inundações Domicílios cujas ruas possuem pavimentação Defeitos no pavimento que sejam prejudiciais a drenagem 	—
Marques (2006)	<ul style="list-style-type: none"> Inadequação do grau de permeabilidade do solo 	<ul style="list-style-type: none"> Taxa de crescimento da população Nível de urbanização Nível de áreas verdes urbanas Proporção de áreas construídas ou impermeabilizada Taxa de incremento de vazões 	$\left(\sqrt[n]{\frac{P_{(t+n)}}{P_t}} - 1 \right) \times 100$ <p>Pop. Urbana / Pop. Total</p> <p>Área verde do município / Pop.Total</p> <p>Área Urbana impermeável / Área urbana total</p> <p>(Vazão máxima de pré-urbanização / Vazão máxima de pós-urbanização) - 1</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência ou inadequação do serviço de drenagem pluvial 	<ul style="list-style-type: none"> Proporção de profissionais de nível superior Proporção de profissionais de nível técnico profissionalizante Carga horária de capacitação de recursos humanos Indicador de desempenho financeiro Investimento <i>per capita</i> em drenagem urbana 	<p>Nº de profissionais de nível superior / nº total de profissionais no setor</p> <p>Nº de profissionais de nível técnico / nº total de profissionais no setor</p> <p>Horas de capacitação/ nº de profissionais de drenagem</p> <p>Recursos de drenagem / despesas totais com o serviço</p> <p>Investimentos em drenagem/ população total do município</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência ou inadequação do sistema de drenagem pluvial 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura domiciliar de microdrenagem Cobertura do sistema de drenagem superficial Cobertura do sistema de drenagem subterrâneo 	<p>Domicílios em ruas com microdrenagem/ total de domicílios</p> <p>Ruas com sarjeta ou guias / total de ruas</p> <p>Ruas com galerias / total de ruas</p>

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
		<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza e desobstrução de galerias • Limpeza e desobstrução de canais • Incidência de alagamentos no município • Incidência de escorregamento de massa no município 	<p>Volume de sedimento retirado das galerias / período considerado</p> <p>Volume de sedimento retirado dos canais / período considerado</p> <p>Eventos registrados de alagamentos / ano</p> <p>Eventos registrados de escorregamento de massa / ano</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência ou inadequação da gestão da drenagem urbana 	<ul style="list-style-type: none"> • Percepção do usuário sobre a qualidade dos serviços de drenagem • Existência de instrumentos para o planejamento governamental • Participação da população em consultas e audiências públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho sobre o Plano Diretor de Drenagem Urbana • Despesa dos serviços de drenagem por empregado 	<p>Mensagens encaminhadas ou ligações telefônicas ao serviço de atendimento ao público / Período considerado</p> <p>----</p> <p>Segmentos da sociedade civil participante / ano</p> <p>Despesa média anual dos serviços de drenagem urbana / Servidor ou empregado da área</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de interferências à eficácia do sistema de drenagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de serviço de coleta de resíduos sólidos • Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana • Existência de canais e galerias com interferências de outros sistemas da infraestrutura urbana 	<p>Despesa com a prestação de serviços de terceiros para drenagem urbana / ano</p> <p>População residente atendida, direta ou indiretamente, por serviço regular de coleta de resíduos / população total residente em domicílios particulares permanentes</p> <p>Quantidades de obstruções identificadas nos canais ou galerias / Extensão do canal ou galeria de drenagem</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência ou inadequação de Salubridade ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporção da população exposta a roedores e animais nocivos • Proporção de ruas sujeitas a inundações provocadas por drenagem inadequada • Incidência de pessoas em contato com esgoto e resíduos sólidos • Incidência de leptospirose 	<p>----</p> <p>Quantidade de ruas expostas a inundação provocada por drenagem inadequada / total de ruas do município</p> <p>Domicílios sem solução individual ou coleta de esgoto sanitário x (media de residentes/domicílios)</p> <p>Nº de casos de leptospirose</p>

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
União Europeia – Projeto CARE-S (2005) apud Cardoso <i>et al.</i> , 2006.	<ul style="list-style-type: none"> • Águas residuais 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequência de descargas de tempestade (nº/d Descarregador de tempestade) • Volume de descargas de tempestade (m³/d Descarregador de tempestade) • Duração de descargas de tempestade (horas/d Descarregador de tempestade) • Volume de descargas de tempestade originadas por precipitação (%) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de sedimentos da rede de colectores (ton MS/ km) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Colectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada em carga de colectores em tempo seco (%) • Entrada em carga de colectores em tempo de chuva (%) • Entrada em carga significativa de colectores (nível de água pelo menos 0,5 m acima do topo do coletor) (%) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza de colectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza de colectores (%) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Reabilitação de colectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Reabilitação de colectores (%) • Renovação de colectores (%) • Substituição de colectores (%) • Substituição, reconstrução, renovação ou reparação de câmaras de visita (%) • Reabilitação de ramais de ligação (%) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltração/ Exfiltração/ Ligações Indevidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Infiltração/exfiltração e ligações indevidas (I/I/E) (%) • Ligações indevidas (m³/km) • Infiltração (m³/km) • Exfiltração (m³/km) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Falhas 	<ul style="list-style-type: none"> • Obstruções em colectores (n.º/100 km) • Locais de obstrução em colectores (n.º/100 km) • Locais com repetição de obstrução em colectores (n.º/100 km) • Obstruções em instalações elevatórias (n.º/100 km) 	—

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
		<ul style="list-style-type: none"> • Inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km) • Inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km) • Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km) • Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km) • Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas (n.º/100 km) • Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias (n.º/100 km) • Inundações de escorrências superficiais (n.º/100 km) • Colapsos estruturais (n.º/100 km) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações 	<ul style="list-style-type: none"> • Inundação de alojamentos com origem em rede separativa de águas residuais em tempo seco (nº/1000 alojamentos) • Inundação de alojamentos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo seco (nº/1000 alojamentos) • Inundação de alojamentos com origem em rede separativa de águas residuais em tempo de chuva (nº/1000 alojamentos) • Inundação de alojamentos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo de chuva (nº/1000 alojamentos) • Inundação de alojamentos por água de escorrência pluvial (nº/1000 alojamentos) 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupções de serviço 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupções do sistema de drenagem (%) • Reclamações sobre obstruções no sistema de drenagem (nº /1000 habitantes) • Reclamações sobre inundações (nº /1000 habitantes) 	—

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
		<ul style="list-style-type: none"> • Reclamações sobre acidentes de poluição imputáveis ao funcionamento do sistema (nº /1000 habitantes) • Reclamações sobre odores (nº /1000 habitantes) 	
	• Custos	<ul style="list-style-type: none"> • Custo unitário total por comprimento de colector (€/km colector) • Custos unitários correntes por comprimento de colector (€/km colector) • Custos unitários correntes de manutenção, limpeza e reparação por comprimento de colector (€/km colector) 	—
	• Investimento	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento unitário (€/km colector) • Investimento para construção de sistemas ou reforço dos existentes (%) • Investimento para substituição e renovação de infra-estruturas existentes (%) 	—
Cardoso, 2008.	• Capacidade Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> • Altura do escoamento 	—
	• Capacidade de transporte de sedimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade média do escoamento 	—
	• Infiltração	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização da capacidade da seção cheia por infiltração • Proporção da infiltração na vazão média de tempo seco • Vazão unitária de infiltração por comprimento de coletor • Vazão unitária de infiltração por parede de coletor • Vazão unitária de infiltração por câmara de visita • Vazão unitária de infiltração por ramal doméstico 	<p>Vazão infiltrada / Vazão seção cheia</p> <p>Vazão infiltrada / Vazão média de tempo seco</p> <p>Vazão infiltrada / comprimento de coletor</p> <p>Vazão infiltrada / Área de parede do coletor</p> <p>Vazão infiltrada / nº de câmaras de visita</p> <p>Vazão infiltrada / nº de ramais domésticos</p>
	• Ligações indevidas à rede	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização da capacidade da seção cheia por ligações indevidas • Proporção do volume de escoamento pluvial relativamente ao de tempo seco 	<p>Vazão máxima das ligações indevidas / vazão de seção cheia</p> <p>Volume por ligações indevidas/ volume médio de tempo seco</p>

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
		<ul style="list-style-type: none"> • Proporção do volume de escoamento pluvial que indevidamente aflui ao sistema 	Volume descarregado/ volume precipitado
	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas para o meio receptor - quantidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Percentagem de volume descarregado • Frequência de descarga 	<p>Volume descarregado / Volume precipitado</p> <p>Nº de eventos de precipitação com descarga / período de referência</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas para o meio receptor - qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração de DBO 5,20 • Concentração de DQO • Concentração de Sólidos Suspensos Totais 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas para o meio receptor - zonas sensíveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração de Nitrogênio total descarregado • Concentração de Fósforo total descarregado • Concentração de Coliformes fecais descarregado • Concentração de Coliformes totais descarregado 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Septicidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração de Sulfetos 	—
	<ul style="list-style-type: none"> • Exfiltração 	<ul style="list-style-type: none"> • Proporção de exfiltração (vazão de tempo seco) • Vazão unitária de exfiltração por comprimento de coletor • Vazão unitária de exfiltração por área de parede do coletor • Vazão unitária de exfiltração por câmara de visita • Vazão unitária de exfiltração por ramal doméstico 	<p>Vazão exfiltrada / Vazão média de tempo seco</p> <p>Vazão exfiltrada / comprimento de coletor</p> <p>Vazão exfiltrada / Área de parede do coletor</p> <p>Vazão exfiltrada / nº de câmaras de visita</p> <p>Vazão exfiltrada / nº de ramais domésticos</p>
Pereira e Gimenes (2009)	—	—	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ enchentes/alagamentos no ano}}{\text{N}^{\circ} \text{ meses chuvosos}}$
Moura <i>et al.</i> (2009)	Integraram um índice de desempenho com o índice de custos por meio de um gráfico de Pareto para comparar alternativas de intervenções estruturais.		
Holz (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de risco de alagamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Consequências • Probabilidade de ocorrência • População atingida • Geração de escoamento superficial 	—

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
Eckart <i>et al.</i> (2011)		Discute critérios para medição da flexibilidade do sistema de drenagem, o que segundo os autores todo o sistema de drenagem deve ter uma boa expansibilidade para comportar o aumento das águas escoadas pelas alterações climáticas.	
São Paulo (2012)	—	<ul style="list-style-type: none"> • Grau de Impermeabilização • Gestão da drenagem; • Abrangência do sistema de drenagem; • Avaliação do serviço de drenagem pluvial; • Gestão de eventos hidrológicos extremos; • Interferências à eficácia do sistema de drenagem; • Aplicação de novas tecnologias; e • Salubridade ambiental. 	—
Silva <i>et al.</i> (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Pressão ambiental • Condições ambientais ou de estado • Resposta 	<ul style="list-style-type: none"> • A quantidade e a qualidade dos recursos naturais são incluídas nestes • Devem gerar uma visão do estado do ambiente • Relacionado à mitigação ou prevenção dos efeitos nocivos 	—
Silva (2013)	—	<ul style="list-style-type: none"> • Modificações nos cursos d'água; • Frequência de alagamentos; • Monitoramento hidrometeorológico; • Profissionais permanentes em relação ao total; • Cadastro de rede existente; • Planejamento a longo prazo; • Técnicas compensatórias; • Abastecimento de água; • Esgotamento sanitário; • Cobertura de coleta de resíduos sólidos; • Incidência de doenças de veiculação hídrica. 	—
PLANSAB – Brasil (2014)	—	—	$\frac{N^{\circ} \text{ municípios inundados (5 anos)}}{\text{Total de municípios}}$

Referência	Agrupamentos de informações	Indicadores	Equação
PMS 2004 – Belo Horizonte (2004)	—	—	$I_{dr_{2004}} = 1 - \frac{ev}{Ev}$
PMS 2008 – Belo Horizonte (2008)	—	—	$I_{dr_{2008}} = [(0,50 \times I_{sdr}) + (0,50 \times I_{adr})]$
PMS 2014 – Belo Horizonte (2014)	—	—	$I_{dr} = 1 - \frac{Pmi}{Pt}$
PDDU – Curitiba (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Fatores Adversos • Fatores Favoráveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Área inundáveis • Coleta de esgoto • Drenagem urbana • Coleta de resíduos sólidos • Ocupações irregulares • Distância as áreas degradadas • Zoneamento • Pavimentação • Arborização das vias urbanas • Sistema de áreas verdes/recreação • Serviços urbanos • Equipamentos comunitários 	—
Santo André (2016)	—	<ul style="list-style-type: none"> • Extensão da rede de drenagem; • Quantidade de tanques de retenção (piscinões); • Quantidade de microreservatórios; • Capacidade de armazenamento; • Total de bocas de lobo na cidade; • Total de bocas de lobo limpas/ano; • Extensão capina e roçada de córregos e piscinões/ano; • Total de resíduos retirados dos córregos e piscinões/ano; • Total da área capina da/ano. 	—

APÊNDICE B -REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS TOMADAS COMO BASE PARA DEFINIR O CONJUNTO DE INDICADORES PROPOSTOS E OS PRINCIPAIS RESPONSÁVEIS POR GERAR A INFORMAÇÃO PARA CONSTRUI-LOS

Conforme explicado no item de metodologia do trabalho, muitos indicadores propostos foram adaptados outros já existentes na literatura, outros foram propostos pelo autor de forma que foi inspirado diretamente em outros também existentes, outros foram sugeridos pelo entendimento direto e sintetização dos dispostos na literatura. Todos os indicadores foram baseados em ideias propostas já abordadas anteriormente em trabalhos sobre o tema.

A adaptação se fez necessária em quase todos os indicadores, para que a ideologia aqui proposta fosse seguida nas formulações, daí a necessidade de modificação das formulações propostas. A Tabela 26 apresenta a lista dos indicadores propostos com as respectivas referências bibliográficas tidas como base para sua formulação.

Tabela 26 - Principais fontes que serviram como base direcionadora para elaboração do indicador

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
① Indicadores monitoramento	Precipitação anual	<i>Precipitação anual</i>	-----
	Precipitação diária máxima anual	<i>Precipitação diária máxima anual</i>	----
	Monitoramento Pluviométrico	$\frac{\text{Número de estações pluviométricas ativas nos arredores e bacia}}{\text{área da bacia}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012
	Monitoramento Fluviométrico	$\frac{\text{Número de estações fluviométricas ativas nos cursos d'água}}{\text{área da bacia}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012
② Indicadores da rede existente	Indicador de abrangência do serviço de drenagem	<i>População com acesso a drenagem na área da bacia</i>	Inspirado nas diretrizes da Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007)
		<i>População total na bacia</i>	
	Abrangência do cadastro da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Km de rede de microdrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	Inspirado em Kolsky e Buttler, 2002; Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
② Indicadores da rede existente (Continuação)	Abrangência total estimada da rede de Microdrenagem	$\frac{\text{Km de rede de microdrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012 & Marques, 2006.
	Abrangência do cadastro da rede de Macro-drenagem	$\frac{\text{Km de rede de macrodrenagem cadastrada}}{\text{área urbana na bacia}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012 & Marques, 2006.
	Abrangência total estimada da rede de Macro-drenagem	$\frac{\text{Km de rede de macrodrenagem total (Estimada + cadastrada)}}{\text{área urbana na bacia}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012 & Marques, 2006.
	Quantidade de pontos críticos de alagamentos	$\frac{\text{Qtd de pontos críticos de alagamentos}}{\text{área total da bacia}}$	Adaptado do Plano Municipal de Saneamento de Maceió (MACEIÓ, 2016)
③ Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Indicador de área impermeável	$\frac{\text{Área impermeável (pavimentada)}}{\text{Área total da bacia}}$	Inspirado no Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.
	Indicador de modificação nos cursos d'água	$\frac{\text{Km de trechos modificados (canalizados)}}{\text{Km total do curso d'água}}$	Inspirado nos indicadores ambientais de Dalla Costa, 2008.
	Indicador de existência de mata ciliar	$\frac{\text{Km de trechos do curso d'água com mata ciliar}}{\text{Km total do curso d'água}}$	Inspirado nos indicadores ambientais de Dalla Costa, 2008.
	Indicador de área verde no ambiente urbano	$\frac{\text{Área estimada de regiões verdes (árvores, matas)}}{\text{Área total da bacia}}$	Adaptado de Marques, 2006.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas	Indicador de frequência de alagamentos	<i>Número de alagamentos no ano</i>	Adaptado de Pereira e Gimenes, 2009 e do Manual de Drenagem de São Paulo.
	Área alagada	$\frac{\textit{área alagada}}{\textit{área total da bacia (ou subbacia)}}$	Inspirados nos manuais de Defesa Civil.
	Profundidade máxima atingida no alagamento	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de alagamento</i>	Adaptado do Indicador de profundidade do alagamento de Holz, 2010.
	Duração do alagamento	<i>Tempo (h) que a água permanece no passeio</i>	Inspirado nas definições de Kolsky e Buttler, 2002.
	População atingida pelo alagamento	$\frac{\textit{População atingida pelo alagamento}}{\textit{população total da bacia (ou subbacia)}}$	Adaptado de PMSB Belo Horizonte, 2014 & Holz, 2010.
	Indicador de frequência de inundação ribeirinha	<i>Número de inundações no ano</i>	Adaptado de Pereira e Gimenes, 2009 e do Manual de Drenagem de São Paulo.
	Área inundada	$\frac{\textit{área inundada}}{\textit{área total da bacia (ou subbacia)}}$	Inspirados nos manuais de Defesa Civil.
	Profundidade máxima atingida na inundação ribeirinha	<i>Profundidade máxima alcançada no pior ponto de inundação</i>	Adaptado do Indicador de profundidade do alagamento de Holz, 2010.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
④ Indicadores de alagamentos e inundações ribeirinhas (Continuação)	Duração da inundação ribeirinha	<i>Tempo (h) que a água permanece na residência</i>	Inspirado nas definições de Kolsky e Buttler, 2002.
	População atingida pela inundação ribeirinha	$\frac{\text{População atingida pela inundação}}{\text{população total da bacia (ou subbacia)}}$	Adaptado de PMSB Belo Horizonte, 2014 & Holz, 2010.
⑤ Indicadores de qualidade da água escoada	Indicador de despejo de esgotos (Nitrogênio total)	<i>Concentração de Nitrogênio total no exutório do curso d' água principal</i>	Inspirado em Cardoso, 2008.
	Concentração de DBO	<i>DBO₅</i>	----
	Concentração de DQO	<i>DQO</i>	----
	Concentração de coliformes totais	<i>Concentração de coliformes no exutório do curso d' água principal</i>	----
	Indicador de doenças de veiculação hídrica (diarreia + leptospirose)	$\frac{\text{Nº de casos de diarreia + leptospirose na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	Inspirado no disposto em Marques, 2006.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
⑥ Indicadores de promoção da educação ambiental e prevenção de alagamentos	Indicador de quantidade de ações e programas de educação ambiental e conscientização sobre saneamento ambiental	$\frac{\textit{Quantidade de ações de educação ambiental}}{\textit{população total na bacia}}$	Inspirado no indicador de implantação de programas de drenagem no Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.
	Indicador de percepção do usuário sobre o serviço de drenagem	$\frac{\textit{n}^\circ \textit{ de reclamações dos serviços de drenagem pluviais}}{\textit{População total na bacia}}$	Adaptado de Marques, 2006.
⑦ Indicadores de sustentabilidade da Drenagem Urbana	Indicador de atendimento à regulamentação de uso e ocupação do solo	$\frac{\textit{N}^\circ \textit{ de edificações regulares na bacia (com Habite – se)}}{\textit{N}^\circ \textit{ total de edificações na bacia}}$	Formulação sugerida pela Engenheira Daniela Bemfica, do departamento de drenagem da Prefeitura de Porto Alegre-RS (DEP), na pesquisa Delphi integrante desse estudo.
	Indicador de ocupação de áreas inundáveis na concepção do documento que regulamenta o uso e ocupação do solo	$\textit{N}^\circ \textit{ de edificações inundadas em uma chuva com tempo de recorrência de 15 anos}$	Inspirado na ideologia dos estudos de mapeamentos de inundações.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
⑦ Indicadores de sustentabilidade da Drenagem Urbana (Continuação)	Indicador de uso e incentivo ao uso de medidas compensatórias (novas tecnologias incorporados à drenagem urbana)	$\frac{N^{\circ} \text{ de edificações com algum sistema de controle de cheias na bacia}}{N^{\circ} \text{ total de edificações na bacia}}$	Formulação sugerida pela Engenheira Daniela Bemfica, do departamento de drenagem da Prefeitura de Porto Alegre-RS (DEP), na pesquisa Delphi integrante desse estudo.
⑧ Indicadores de manutenção e limpeza dos sistemas urbanos vinculados a Drenagem Urbana	Indicador de cobertura da coleta de resíduos sólidos	$\frac{\text{Área coberta pela coleta de resíduos sólidos na bacia}}{\text{Área total da bacia}}$	Inspirado nos indicadores de Gama, 2012.
	Indicador de frequência de varrição de vias da bacia	$\text{Frequência de varrição semanal das ruas da bacia}$	Adaptado de Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.
⑨ Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana	Indicador de força de trabalho (engenheiros e arquitetos urbanistas) no setor de drenagem	$\frac{N^{\circ} \text{ de engenheiros e arquitetos (do setor de drenagem)}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	Inspirado no Manual de Drenagem de São Paulo, 2012 & Marques, 2006.
	Indicador atualização técnica do corpo técnico de planejamento	$\frac{N^{\circ} \text{ de pós graduados nas áreas de Recursos Hídricos}}{n^{\circ} \text{ de colaboradores do setor de drenagem}}$	Adaptado de Marques 2006.

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Fontes principais para elaboração do indicador e sua formulação
9 Indicadores relacionados ao prestador de serviço de Drenagem Urbana (Continuação)	Indicador de receita captada para o sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{Recurso total destinado ao setor de infraestrutura}}$	Adaptado de Marques, 2006.
	Indicador de gasto <i>per capita</i> com a drenagem urbana	$\frac{\text{Total de recursos destinados à drenagem urbana}}{\text{População residente na área}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.
	Indicador de investimento em obras e melhorias do sistema de Drenagem Urbana	$\frac{\text{Recurso gasto em obras de infraestrutura de drenagem}}{\text{área da bacia}}$	Inspirado no disposto em Cardoso, 2008.
	Indicadores de gastos com manutenção dos córregos, canais e leito dos rios	$\frac{\text{Recursos destinado à manutenção da infraestrutura drenagem}}{\text{Recurso total destinado à drenagem no ano}}$	Inspirado no indicador de investimento de substituição e renovação de infraestrutura do conjunto da União Europeia.
	Indicadores de gastos com programas e ações de educação ambiental no município	$\frac{\text{Recursos destinado à ações de educação ambiental}}{\text{População residente na área de competência do setor (Município)}}$	Inspirado no indicador de implantação de programas de drenagem no Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.
	Autossuficiência do sistema de drenagem urbana	$\frac{\text{Recursos aprovados para o setor de drenagem}}{\text{Recursos totais gastos com a drenagem no ano}}$	Adaptado do Manual de Drenagem de São Paulo, 2012.

APÊNDICE C – INFORMAÇÕES GERADAS PARA CÁLCULOS DOS DADOS NECESSÁRIOS AOS INDICADORES

Cálculo para a população residente da Bacia do Riacho do Sapo.

A população que reside na Bacia do Riacho do Sapo foi estimada por meio dos dados do Censo de 2010 disponibilizados pelo IBGE com os respectivos setores censitários. Supondo que a distribuição da população no setor censitário seja uniforme, um percentual de área corresponde ao mesmo percentual de população.

Com o auxílio do software de geoprocessamento ArcGis foi possível cruzar o mapa de setores censitários com o da delimitação da bacia (Figura 13). Com o auxílio da Tabela 27 encontrou-se a população da bacia de quase 30 mil pessoas em uma área de 2,2 km².

Figura 13 - Análise dos setores censitários para cálculo da população do Riacho do Sapo

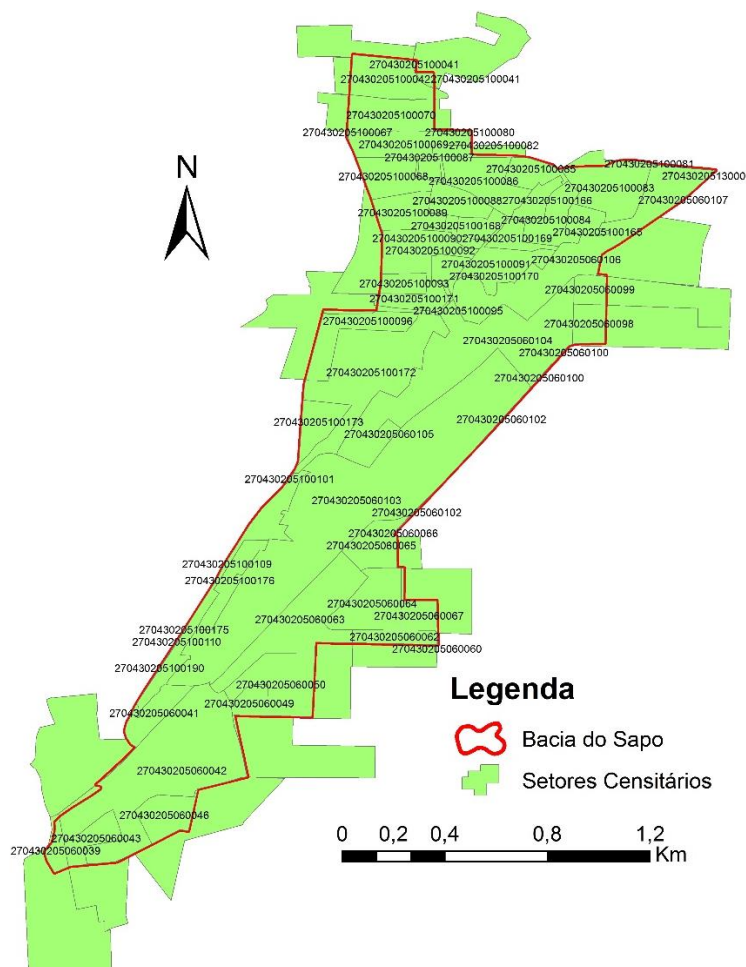


Tabela 27 - Cálculo da população residente na Bacia do Riacho do Sapo

Código do setor censitário	Área do setor dentro da bacia	Área do setor fora da bacia	Área total do setor	Percentual de área do setor dentro da bacia do Sapo	Total de pessoas residentes no setor	Pessoas residentes na bacia (% do setor censitário na bacia)
270430205100083	7704	53429	61133	13%	952	120
270430204100082	6790	9254	16044	42%	600	254
270430205100041	2260	65347	67607	3%	1199	40
270430205100042	42474	50637	93111	46%	1159	529
270430205100070	44243	20727	64970	68%	1305	889
270430205100069	38432	0	38432	100%	1250	1250
270430205100068	34377	0	34377	100%	1418	1418
270430205100089	33057	0	33057	100%	1244	1244
270430204100092	45074	552	45626	99%	895	884
270430205100093	13788	40143	53931	26%	463	118
270430205100171	18252	322	18574	98%	682	670
270430205100095	5215	74291	79506	7%	636	42
270430205100096	42172	0	42172	100%	672	672
270430205100172	125562	0	125562	100%	1187	1187
270430205100173	25924	0	25924	100%	578	578
270430205100109	53617	0	53617	100%	675	675
270430205060041	105921	26437	132358	80%	1047	838
270430205060039	9977	115467	125444	8%	1015	81
270430205060042	204603	4547	209150	98%	1058	1035
270430205060043	22511	45765	68276	33%	1188	392
270403205060046	29816	77263	107079	28%	1160	323
270430205060049	14609	88000	102609	14%	909	129
270430205060050	58045	36364	94409	61%	1072	659
270430205060063	96821	6477	103298	94%	1234	1157
270430205060062	17329	29729	47058	37%	1018	375
270430205060065	32850	12167	45017	73%	771	563
270430205060067	17622	51021	68643	26%	1223	314
270430205060064	50628	0	50628	100%	1197	1197
270430205060098	19252	68817	88069	22%	662	145
270430205060099	14499	55429	69928	21%	710	147
270430205060106	133190	82245	215435	62%	1092	675
270430205060104	191726	0	191726	100%	739	739
270430205060105	253	0	253	100%	5	5
270430205060103	417278	0	417278	100%	984	984

Código do setor censitário	Área do setor dentro da bacia	Área do setor fora da bacia	Área total do setor	Percentual de área do setor dentro da bacia do Sapo	Total de pessoas residentes no setor	Pessoas residentes na bacia (% do setor censitário na bacia)
270430205100176	25173	0	25173	100%	411	411
270430205100085	20449	0	20449	100%	754	754
270430205100170	11703	0	11703	100%	623	623
270430205100167	320	0	320	100%	262	262
270430205100087	9779	0	9779	100%	248	248
270430205100086	46658	0	46658	100%	1796	1796
270430205100088	23526	0	23526	100%	1084	1084
270430205100090	526	0	526	100%	234	234
270430205100168	14083	0	14083	100%	660	660
270430205100166	14626	0	14626	100%	592	592
270430205100169	15469	0	15469	100%	448	448
270430205100091	40301	0	40301	100%	554	554
270430205100165	15374	0	15374	100%	604	604
270430205100084	31248	0	31248	100%	1111	1111
Área total	2.2	Km²			Total de pessoas:	29.708

Precipitação de Maceió em 2015

Figura 14 – Precipitação mensal da cidade de Maceió em 2015

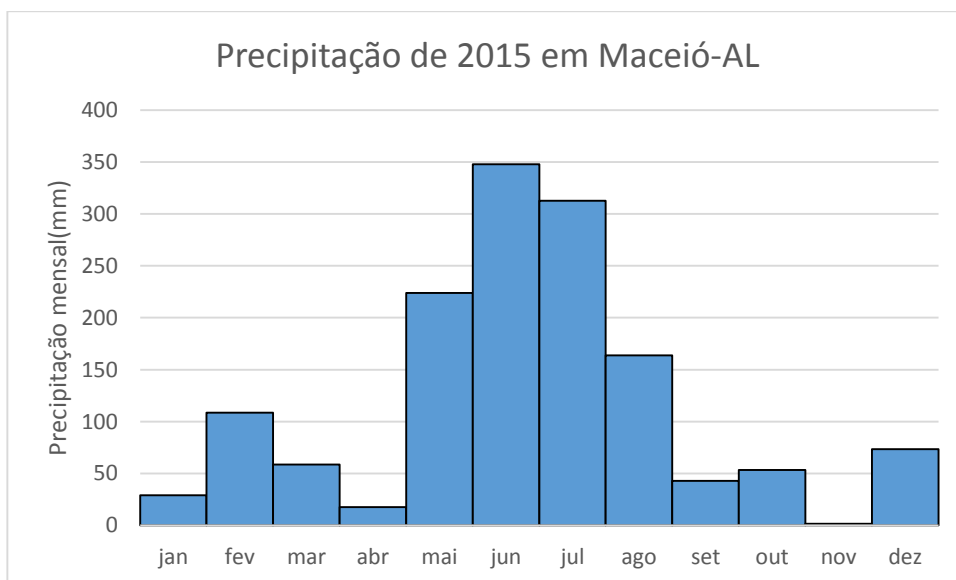
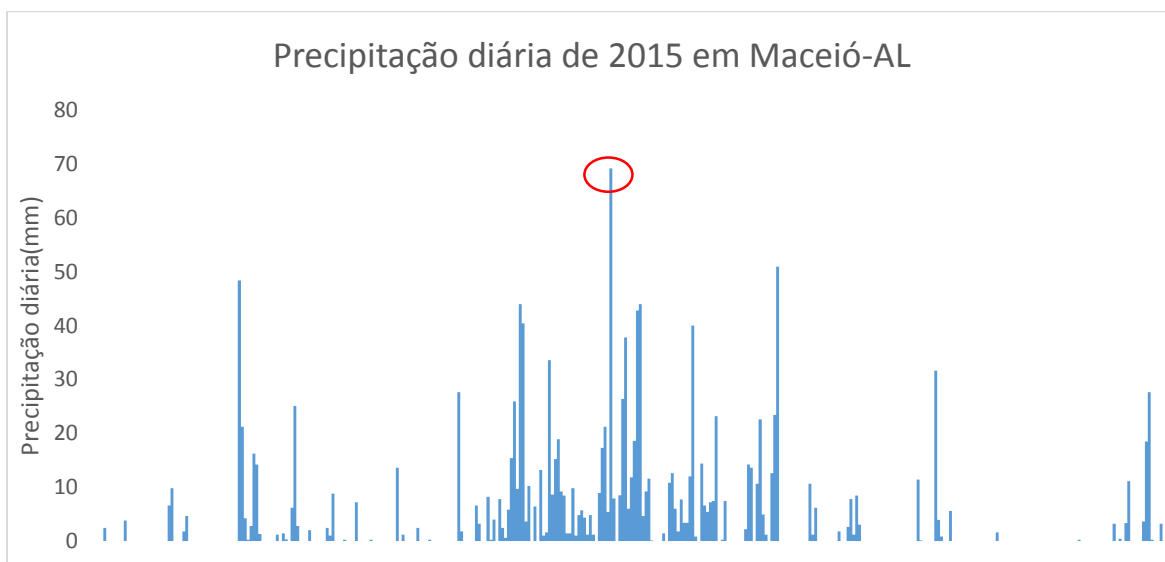


Figura 15 - Precipitação diária da cidade de Maceió em 2015



Mapa de uso do solo da Bacia do Riacho do Sapo.

Para gerar o mapa de uso do solo na bacia foi usado métodos de geoprocessamento com o Arcgis (Figura 16). A partir do somatório de áreas de interesse nesse mapa pode-se

encontrar os valores para área verde na bacia e área impermeabilizada (Tabela 28). As classes possuem nomes diferentes para mesmas classes pois no processamento da imagem há colorações diferentes para os mesmos itens, como por exemplo: cobertas em telha tipo metálica e tipo cerâmica. A metodologia usada para compor a imagem é de que os tons mais voltados para o laranja são as área impermeáveis.

A Tabela 28 apresenta as áreas estimadas para cada classe definida no processamento da imagem, o somatório da área impermeável é relativo as classes de cobertura, cobertura metálica, telhado, pavimento e calçadas que estão destacadas. A área verde é estimada somando a área de árvores e gramados. O que sobra do percentual são áreas de solo exposto existente.

Figura 16 - Mapa de usos do solo da Bacia do Riacho do Sapo

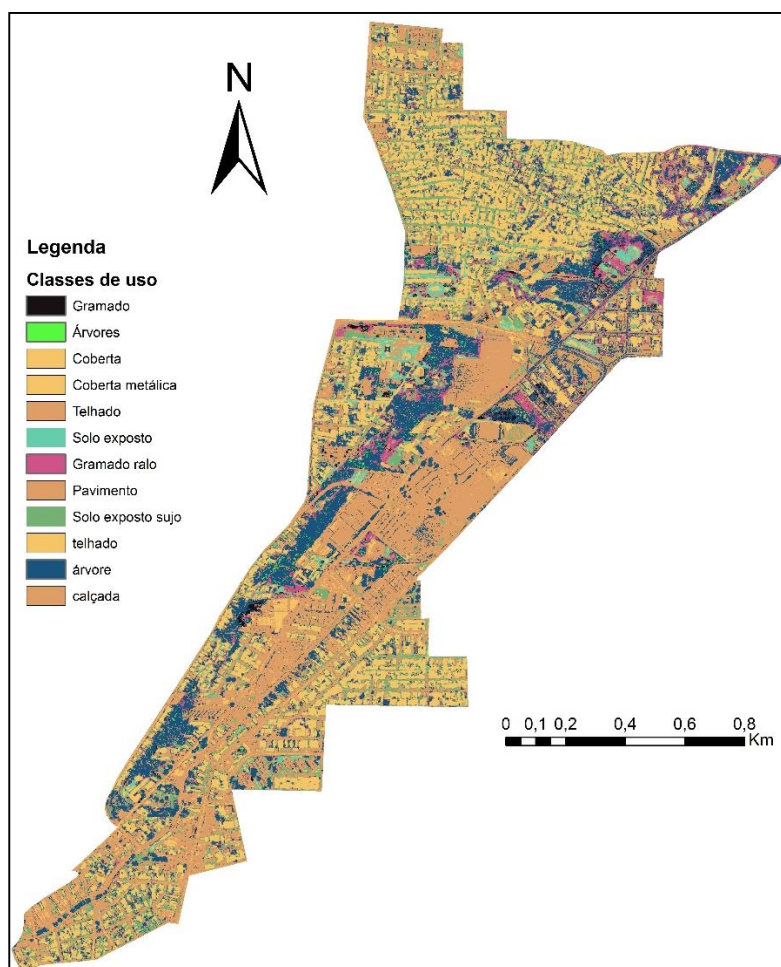


Tabela 28 - Percentuais de uso do solo conforme as classes estabelecidas

Classe	Área(km²)	% de área
Gramado	0,02	1%
Coberta	0,03	1%
Coberta metálica	0,04	2%
Telhado	0,30	13%
Solo exposto	0,06	3%
Gramado ralo	0,14	6%
Pavimento	0,72	32%
Solo exposto sujo	0,26	12%
Telhado	0,20	9%
Árvore	0,40	18%
Calçada	0,07	3%
Total	2,22	100%
Área impermeável	1,36	62%
Área verde	0,52	24%

APÊNDICE D – LISTA DE POSSÍVEIS INDICADORES COMPLEMENTARES

Mesmo após escolher a lista de indicadores proposta, ainda surgem lacunas de ideias, ou melhorias nas formulações apresentadas. Neste apêndice serão apresentados outros indicadores que se mostraram importantes para avaliar a drenagem urbana, mas que foram concebidos após o envio da pesquisa com especialistas.

Nota-se que uma grande quantidade de indicadores poderiam compor o conjunto proposto para o sistema de drenagem, e que a discussão sobre o conjunto mínimo (os considerados mais importantes) ainda depende do amplo debate já mencionado anteriormente. Algumas informações que precisam ser apresentadas para entendimento completo do sistema, como por exemplo existência de cobrança pelos serviços de drenagem urbana, podem ser incorporados ao conjunto de indicadores de forma adaptada.

Como forma de iniciar as discussões serão listados na Tabela 29 alguns indicadores que poderiam fazer parte do conjunto proposto, eles irão ser apresentados nos devidos agrupamentos de análise assim como no estudo.

Tabela 29 – Possíveis indicadores complementares ao estudo proposto

Agrupamento	Indicador	Formulação do indicador	Breve comentário
① Indicadores de monitoramento	Precipitação antecedente	<i>Precipitação ocorrida 24h antes da analisada como máxima diária anual</i>	Indica as condições do solo e do sistema de drenagem devido a uma chuva antecedente
② Indicadores da rede existente	Capacidade de atendimento à vazão da rede	<i>Potencial de escoamento da área</i> <i>Capacidade de vazão da rede</i>	Relaciona a capacidade da rede com a capacidade de escoamento da área em estudo, verificando se a rede é suficiente para a respectiva área
③ Indicadores de urbanização, infiltração e modificação da bacia e cursos d'água	Compatibilidade com o plano diretor	<i>% de área pavimentada na cidade</i> <i>% de área pavimentada que o plano diretor estabelece como meta</i>	Retrata a necessidade de adequar as políticas de impermeabilização e fiscalização da ocupação urbana
	Pontos com problemas de erosão urbana	<i>Número de pontos com problemas de erosão devido às chuvas</i>	Relaciona-se com a energia das águas drenadas, que pode trazer problemas de erosão e movimento de massa
⑤ Indicadores de qualidade da água escoada	Oxigênio dissolvido	<i>Concentração de Oxigênio Dissolvido</i>	Relacionados aos diversos poluentes que podem conter na água drenada podendo causar problemas para a biodiversidade nos cursos d'água
	pH	<i>pH</i>	

⑤ Indicadores de qualidade da água escoada (Continuação)	Mortalidade por malária	$\frac{\text{Número de mortes por malária na bacia}}{\text{População total na bacia}}$	A malária também representa uma importante doença de veiculação hídrica
	Coliforme fecal	<i>Concentração de coliformes fecais do curso d'água principal</i>	Os coliformes fecais estão diretamente relacionados com o esgoto doméstico
	Turbidez	<i>Turbidez</i>	Relacionado à quantidade de poluentes existentes no pavimento
	Pontos de despejo <i>in natura</i> no curso d'água	<i>Número de pontos visíveis com despejo de esgotos in natura no curso d'água</i>	Um dos grandes problemas da qualidade das águas urbanas é o despejo de esgoto <i>in natura</i>
⑨ Indicadores relacionados ao prestador de serviço de drenagem urbana	Fiscalização do uso das estruturas e redes de drenagem	---	O mau uso das estruturas pela população pode causar problemas nas estruturas, e a fiscalização de como estão sendo usadas faz parte da manutenção das mesmas