

# A construção de indicadores de saneamento básico baseada em princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos: estudo de caso de Florianópolis

The construction of indicators for basic sanitation based on fundamental principles of public service provision: a case study from Florianópolis

Alejandro Campos Castillo<sup>1</sup> , Rodrigo Pinheiro Ribas<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Florianópolis, SC, Brasil. E-mails: alecamposcastillo@gmail.com, rodrigo.ribas@udesc.br

**Como citar:** Castillo, A. C., & Ribas, R. P. (2023). A construção de indicadores de saneamento básico baseada em princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos: estudo de caso de Florianópolis. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e18. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e18>

**RESUMO:** No Brasil, não há iniciativas estruturadas para a elaboração de indicadores de monitoramento do saneamento básico, as quais contemplem todos os componentes e princípios definidos pelas políticas nacionais. Os processos de construção dos indicadores têm se caracterizado pela arbitrariedade na escolha e ponderação dos indicadores. O objetivo desta pesquisa foi construir indicadores, no nível local, para subsidiar os processos de tomada de decisão na gestão municipal do saneamento básico, utilizando métodos validados pela literatura científica e considerando os princípios fundamentais estabelecidos pelas políticas brasileiras de saneamento básico. O processo de construção dos indicadores incluiu um estudo de caso que envolveu a participação dos gestores e gestoras do saneamento básico do município de Florianópolis. Foram construídos 36 indicadores, dos quais: treze corresponderam ao componente de abastecimento de água, sete corresponderam ao esgotamento sanitário, dez ao manejo de resíduos sólidos e seis ao manejo de águas pluviais. O grande diferencial metodológico desta pesquisa foi a adoção de um marco teórico – conceitual baseado nos princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos para estruturar o conjunto de indicadores.

**Palavras-chave:** Planejamento; Água Potável; Esgotamento Sanitário; Resíduos Sólidos; Águas Pluviais.

**ABSTRACT:** In Brazil, there are no structured initiatives for the development of indicators to monitor basic sanitation, which consider all the components and principles defined by national policies. The construction processes of the indicators have been characterized by arbitrariness in the indicator selection and weighting. The objective of this research was to build indicators, at the local level, to support the decision-making processes in the municipal management of basic sanitation, using methods validated by the scientific literature and considering the fundamental principles established by the Brazilian policies of basic sanitation. The process of construction of the indicators included a case study that involved the participation of the managers of basic sanitation in the city of Florianópolis. Thirty-six indicators were constructed, of which: thirteen corresponded to the water supply component, seven corresponded to sanitary sewage, ten to solid waste management and six to rainwater management. The most significant methodological differential of this research was the adoption of a theoretical-conceptual framework based on the fundamental principles of public service provision to structure the set of indicators.

**Keywords:** Management; Drinking Water; Sewage; Solid Waste; Rainwater Drainage.

## INTRODUÇÃO

O saneamento básico é a variável mais determinante do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (Prearo et al., 2015). A ineficiência dos serviços de saneamento básico implica diretamente no aumento dos gastos com a saúde pública para tratar os sintomas das doenças de veiculação hídrica,

Recebido: Maio 21, 2023. Revisado: Julho 04, 2023. Aceito: Julho 31, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a [licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

gerando um modelo de gestão insatisfatório (Ferreira et al., 2016). Especificamente, os níveis de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário apresentam relação direta com a mortalidade infantil e com algumas variáveis que refletem questões socioeconômicas, tais como: Produto Interno Bruto (PIB) per capita, percentual da população de 18 anos ou mais com ensino fundamental completo, Índice de Gini (IG) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Silva & Esperidião, 2017).

De acordo com Maccarini & Henning (2018), em face das políticas públicas de recursos hídricos e saneamento básico no Brasil, o uso de indicadores aparece como uma ferramenta de gestão para avaliar os impactos à saúde e aos recursos naturais da ocupação urbana desordenada e da deficiência dos serviços públicos de saneamento. Segundo essas autoras, o uso de indicadores serve também para estabelecer prioridades das ações, obras e serviços do setor de saneamento básico. Segundo Polaz & Teixeira (2009), a adoção de um sistema de indicadores, adaptado às especificidades da gestão local, poderia auxiliar os administradores municipais na definição das prioridades, direcionando os investimentos públicos para os aspectos mais problemáticos do setor. Ainda de acordo com tais autores, a consolidação de um sistema de indicadores também poderia melhorar aspectos como a forma de engajamento dos agentes (políticos) e a continuidade das ações após períodos de mudanças de gestão governamental.

Segundo Maiello et al. (2015) os indicadores de saneamento são, geralmente, produzidos por agências que operam nos níveis nacional e supranacional, no entanto, as políticas de água e saneamento são implementadas no nível local. Essas autoras observaram que os gestores municipais das políticas de saneamento básico não utilizam, na prática ou no planejamento, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), dos censos demográficos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (também realizada pelo IBGE). Em vez disso, utilizam dados de agências e institutos municipais, assim como dados coletados de forma empírica através de observação periódica no local. Em termos gerais, os gestores entrevistados pelas pesquisadoras destacaram a necessidade de contar com essas informações relativas a seus contextos locais para a tomada de decisão. De acordo com esse estudo, para que os indicadores funcionem como ferramentas operacionais eficazes para a tomada de decisões, os tomadores de decisão locais devem estar envolvidos na preparação dos indicadores.

A pesquisa realizada por Teixeira et al. (2018) evidenciou que, no Brasil, os processos de construção de indicadores para subsidiar a tomada de decisão na gestão municipal do saneamento básico têm se caracterizado pela arbitrariedade na escolha e ponderação dos indicadores. Nessa pesquisa, foram identificados dez municípios de três regiões do Brasil (Nordeste, Sudeste e Sul), dentre eles o município de Florianópolis, cujos governos municipais propuseram e utilizaram indicadores de saneamento como um instrumento de planejamento do saneamento básico. Isto é, utilizaram os indicadores nos seus respectivos planos municipais de saneamento como um instrumento de diagnóstico do saneamento ambiental, visando fundamentar as ações propostas nos planos. Em quase todos os casos (oito municípios), o método de escolha e ponderação dos indicadores foi o da arbitrariedade. Somente no caso do município de Belo Horizonte, foi utilizado um método validado cientificamente (o Analytic Hierarchy Process – AHP) para a ponderação dos indicadores. De acordo com Schwemlein et al. (2016), o desenvolvimento e o uso consistente de métodos objetivos e rigorosos para a seleção de indicadores são necessários para um monitoramento significativo e confiável do saneamento, pois indicadores confiáveis facilitam a comparação de projetos, programas e intervenções.

De acordo com Nirazawa & Oliveira (2018), no Brasil, não há iniciativas estruturadas para a elaboração de indicadores de monitoramento do saneamento básico, as quais contemplem todos os componentes e princípios definidos pela Lei No. 11.445/2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Pereira & Heller (2015) avaliaram dezoito planos municipais de saneamento básico das cinco macrorregiões e quatorze estados do país. Na maioria dos casos, constataram que a incorporação dos princípios fundamentais de universalização do acesso, integralidade, proteção do meio ambiente, articulação com outras políticas, tecnologias apropriadas, qualidade e regularidade ocorreu de forma incipiente. Silveira (2012) estudou os planos de saneamento básico dos municípios de Penápolis (estado de São Paulo) e Belo Horizonte (estado de Minas Gerais) e encontrou inconsistências entre os princípios declarados como direcionadores e aqueles assumidos na construção interna do plano, fazendo com que a proposta inicial se transformasse em um discurso vazio. Foram encontradas inconsistências com os princípios de: universalização, integralidade, articulação com outras políticas e controle social.

No caso específico da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, a Lei No. 12.305/2010 estabeleceu que deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução,

reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final (ambientalmente adequada). No entanto, Cervantes et al. (2018) verificaram que a maior quantidade de indicadores utilizados por municípios de diferentes países do mundo (incluindo municípios do Brasil e de outros países da América Latina e do Caribe) se concentram nas áreas menos prioritárias dessa hierarquia. Essas autoras e autor estudaram quarenta conjuntos de indicadores documentados desde a década de 1980 e encontraram que, de um total de 1262 indicadores, apenas 107 indicadores (8,5%) foram destinados a avaliar as ações de não geração e redução.

Considerando o cenário descrito anteriormente, se verifica a necessidade de integrar os componentes e princípios das políticas brasileiras de saneamento básico em indicadores para monitorar a gestão realizada pelos municípios, utilizando métodos objetivos e rigorosos para a seleção de indicadores, que envolvam os tomadores de decisão locais na preparação dos indicadores.

O objetivo desta pesquisa foi construir indicadores, no nível local, para subsidiar os processos de tomada de decisão na gestão municipal do saneamento básico, utilizando métodos validados pela literatura científica e considerando os princípios fundamentais estabelecidos pelas políticas brasileiras de saneamento básico. A pesquisa teve um estudo de caso no município de Florianópolis. O governo municipal desse município propôs e utilizou um Índice de Salubridade Ambiental (ISA), como um instrumento do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB), para definir uma hierarquização de áreas de intervenção prioritárias. Porém, o processo de construção do ISA, segundo documentado no PMISB (Florianópolis, 2011), não seguiu métodos validados cientificamente. Não houve uma revisão de literatura minuciosa para construir uma lista preliminar de indicadores, os indicadores e sua ponderação foram escolhidos de forma arbitrária e não teve consulta às partes interessadas para propor os indicadores. Além disso, o ISA de Florianópolis não levou em consideração os princípios fundamentais estabelecidos pela Lei No. 11.445/2007 e não avalia as ações do município de não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos; isto é, não considera a ordem de prioridade na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos estabelecida pela Lei No. 12.305. Além disso, o ISA de Florianópolis possui várias inconsistências na formulação, previamente identificadas por Sombrio (2021). Tudo isso gerando incertezas na hierarquização de áreas de intervenção prioritárias que foi obtida e, portanto, nos programas, ações, metas e investimentos em infraestrutura e serviços que foram definidos no PMISB. Devido a isso, o município de Florianópolis foi selecionado para o estudo de caso.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para desenvolver esta pesquisa foram utilizadas duas etapas principais. A primeira etapa foi uma identificação dos métodos utilizados na literatura científica para a construção de indicadores de saneamento básico municipal. Na segunda etapa, a partir dos resultados da revisão sistemática de literatura, foram selecionados e aplicados métodos para a construção de indicadores para a gestão do saneamento básico de Florianópolis. A seguir, serão descritas as duas etapas principais da pesquisa.

Para identificar os métodos utilizados na literatura científica para a construção de indicadores de saneamento básico municipal, foi realizada uma revisão sistemática de artigos encontrados nas bases de dados eletrônicas: Scopus, ScieDirect, SciELO e Google Acadêmico. Para a busca de artigos foram realizadas operações booleanas utilizando as seguintes palavras-chave: "indicator", "index", "indicador", "índice", "sanitation", "saneamento", "saneamiento", "waste management", "resíduos", "residuos", "urban drainage", "drenagem", "drenaje". Depois de realizada uma filtragem dos artigos por título, resumo e metodologia, foram selecionados dezoito a partir de 2967 resultados de busca. Só foram selecionados os artigos que apresentaram métodos de construção de indicadores para a gestão do saneamento básico municipal ou local (dez artigos) ou que analisaram de forma crítica os processos de construção e uso de indicadores de saneamento (oito artigos). Foram desconsiderados os artigos que apresentaram casos de aplicação ou modificação de indicadores e índices pré-existentes. Além disso, só foram considerados os trabalhos que propuseram indicadores ou índices para avaliar a gestão do saneamento como um todo ou a gestão de qualquer um de seus quatro componentes como um todo: (1) abastecimento de água, (2) esgotamento sanitário, (3) manejo de resíduos sólidos e (4) manejo de águas pluviais. Com base na revisão e análise dos artigos selecionados, foram identificadas as etapas metodológicas utilizadas para a construção dos indicadores, destacando as particularidades e as semelhanças metodológicas das diferentes pesquisas.

Durante a segunda etapa de construção dos indicadores de saneamento básico para Florianópolis foram selecionadas e utilizadas cinco das dez etapas previamente identificadas por Schwemlein et al.

(2016): definição do marco teórico – conceitual, revisão inicial de literatura, definição do propósito do conjunto de indicadores, determinação dos critérios de seleção e consulta às partes interessadas. A seguir, serão descritas essas cinco etapas.

O marco teórico – conceitual adotado para estruturar e categorizar os indicadores foi o dos componentes e princípios do saneamento básico adequado, como definidos por Nirazawa & Oliveira (2018). Os indicadores foram organizados em quatro componentes: (1) abastecimento de água, (2) esgotamento sanitário, (3) manejo de resíduo sólidos e (4) manejo de águas pluviais.

A revisão de literatura teve dois propósitos. O primeiro foi elaborar uma lista sistematizada de problemas relacionados a cada um dos quatro componentes do saneamento básico de Florianópolis. Essa lista foi elaborada com base na consulta a relatórios técnicos de origem institucional e literatura científica. O segundo propósito da revisão inicial de literatura foi construir uma lista de indicadores propostos na literatura científica para monitorar a gestão municipal dos quatro componentes do saneamento básico. Em esta etapa foram aproveitados os resultados da revisão sistemática de literatura que foi realizada durante a primeira etapa da pesquisa.

O propósito do conjunto de indicadores foi definido com base no marco teórico – conceitual adotado. Os indicadores construídos deverão assistir os gestores e gestoras municipais no monitoramento do cumprimento dos princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos, em cada um dos quatro componentes do saneamento básico. Com base no diagnóstico obtido do cumprimento desses princípios, poderão ser estabelecidas prioridades das ações, obras, serviços e investimentos.

Foram determinados dois critérios de seleção dos indicadores. O primeiro critério foi o da disponibilidade de dados anuais, previamente utilizado por Pereira et al. (2015). O segundo critério foi, como requisito básico, que os indicadores propostos estivessem relacionados com pelo menos um dos princípios do saneamento básico adequado ou com pelo menos um dos problemas de saneamento básico de Florianópolis, identificados durante a revisão inicial de literatura.

Foi realizada uma consulta às partes interessadas para subsidiar a seleção dos indicadores. A consulta foi realizada utilizando o método de grupo focal (Hamui-Sutton & Varela-Ruiz, 2013). Esse é um método de pesquisa qualitativa que utiliza a entrevista grupal para indagar conhecimentos e obter informações. Nesse método, a interação de grupo facilita a discussão e as pessoas participantes são estimuladas a comentar e opinar, mesmo sobre temas considerados tabu. A pessoa que modera o grupo focal dirige o diálogo com base na guia da entrevista previamente elaborada, dá a palavra às pessoas participantes e estimula sua participação equitativa. Estrategicamente, as pessoas selecionadas para participar nos grupos focais foram da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF), pois essa é a secretaria responsável pelo acompanhamento do PMISB. As pessoas participantes foram estimuladas a discutir sobre as fragilidades do ISA de Florianópolis, como apresentado no documento do PMISB (Florianópolis, 2011), e a propor modificações aos indicadores, assim como novos indicadores. Além disso, a partir das entrevistas foram obtidas informações sobre possíveis fontes e fornecedores de dados para calcular os indicadores construídos. O moderador dos grupos focais foi o autor principal desta pesquisa.

A consulta às partes interessadas demandou a realização de seis grupos focais, com participação de servidores e servidoras da Superintendência de Saneamento Básico e da Superintendência de Gestão de Resíduos da PMF, ambas pertencentes à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Os grupos focais foram realizados entre fevereiro de 2020 e agosto de 2021, e cada grupo contou com a participação de três a cinco pessoas, contando o moderador. Os dois primeiros grupos focais foram realizados de maneira presencial na sala de reuniões da Secretaria Municipal de Infraestrutura da PMF. As entrevistas restantes foram realizadas de forma remota, utilizando a plataforma Google Meet. Durante os grupos focais foram aproveitados os recursos eletrônicos e digitais para projetar documentos chaves e sites de interesse que auxiliaram as respostas das guias das entrevistas.

Nos dois primeiros grupos focais, foi realizada uma revisão crítica dos indicadores que compõem o Índice de abastecimento de água (Iab) e o Índice de esgotamento sanitário (Ies) do ISA de Florianópolis. Para cada indicador foram respondidas, de forma conjunta, as seguintes três perguntas: (1) Este indicador deve ser mantido? (2) Este indicador deve ser reformulado? (3) Que aspectos devem ser considerados para modificar este indicador? Uma última pergunta foi realizada: Que outros temas devem ser considerados para formular novos indicadores para o Iab? Com base nas respostas obtidas dos dois primeiros grupos focais e na revisão inicial de literatura, o autor principal desta pesquisa elaborou uma primeira lista preliminar de indicadores de abastecimento

de água e esgotamento sanitário. Como restrição básica para propor as fórmulas de cálculo dos indicadores foi assumida uma variação dos resultados de cada indicador entre zero (0) e um (1), sendo que, quanto mais próximo da unidade, melhores seriam as condições de saneamento básico da área avaliada. A primeira lista preliminar de indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi revisada durante o terceiro grupo focal. Para cada indicador da primeira lista preliminar foram respondidas de forma conjunta as seguintes três perguntas: (1) Que modificações devem ser realizadas a este indicador? (2) Quais seriam as fontes e os fornecedores dos dados necessários para calcular este indicador? (3) Que outros aspectos devem ser considerados para este indicador? Com base nas respostas obtidas do terceiro grupo focal, o autor desta pesquisa elaborou uma segunda lista preliminar de indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Essa segunda lista preliminar de indicadores foi revisada durante o quarto e o quinto grupo focal. Nessa vez, para cada indicador foi respondida, de forma conjunta, uma única pergunta: (1) Que modificações devem ser realizadas a este indicador? Com base nas respostas obtidas, o autor desta pesquisa elaborou a Lista definitiva de indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Para revisar o Índice de resíduos sólidos (Irs) do ISA de Florianópolis foi seguido o mesmo procedimento descrito para o Iab e o Ies. Porém, foram realizadas só duas entrevistas grupais, uma para realizar a revisão crítica dos indicadores que compõem o Irs (realizada durante o primeiro grupo focal, junto com a revisão do Iab) e outra (sexto grupo focal) para revisar a primeira lista preliminar de indicadores de manejo de resíduos, elaborada pelo autor principal desta pesquisa com base nas respostas da primeira entrevista. Nesse caso, foram necessárias só duas entrevistas grupais porque a quantidade de modificações sugeridas para os indicadores da primeira lista preliminar foi bem menor, quando comparada com a quantidade de modificações sugeridas para os indicadores abastecimento de água e esgotamento sanitário. As sugestões foram sobre modificações pontuais nas fórmulas matemáticas, as quais não demandaram a elaboração e revisão de uma segunda lista preliminar de indicadores. Com base nas respostas do sexto grupo focal (segunda entrevista grupal para o tema de resíduos sólidos), o autor desta pesquisa elaborou a Lista definitiva de indicadores de manejo de resíduos sólidos.

Quanto ao componente de manejo de águas pluviais, a Lista definitiva de indicadores foi elaborada, unicamente, com base na revisão inicial de literatura e nos critérios determinados para a seleção de indicadores. Isso devido a que somente uma pessoa da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da PMF se disponibilizou a participar nas entrevistas e, por isso, não foi possível a aplicação da técnica de grupo focal.

Por último, os indicadores das quatro listas foram reorganizados em tabelas de acordo com suas relações com os princípios do saneamento básico adequado e de acordo com suas relações com os problemas de saneamento básico de Florianópolis.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Identificação dos métodos utilizados na literatura científica para a construção de indicadores de saneamento básico**

A partir da revisão sistemática de literatura foram identificados dez artigos que apresentaram métodos de construção de indicadores para a gestão do saneamento básico municipal ou local, e oito que analisaram de forma crítica os processos de construção e uso de indicadores de saneamento. Um desses artigos correspondeu, justamente, a uma revisão sistemática de métodos de seleção de indicadores para o monitoramento do saneamento (Schwemlein et al., 2016). Nesse estudo, a partir da análise de 41 artigos (20 sobre indicadores ecológicos e ambientais, 12 sobre indicadores de desenvolvimento internacional e sustentabilidade e 9 sobre indicadores de água, saneamento e higiene) foram identificadas dez etapas metodológicas, as quais se encontram resumidas na Tabela 1. Nos 41 artigos analisados, o número menor de etapas metodológicas utilizadas foi de quatro, enquanto o maior foi de nove. De acordo com as autoras e o autor do estudo, a homogeneidade e frequência de uso das etapas metodológicas identificadas nos 41 artigos não são necessariamente indicativos de boas práticas, no entanto, fornecem certa validação dos métodos selecionados e sugerem que vários pesquisadores e pesquisadoras tem achado esses métodos úteis.

**Tabela 1** - Etapas metodológicas utilizadas nos processos de seleção de indicadores para o monitoramento do saneamento

Etapa metodológica	Detalhes
Definição do marco teórico – conceitual	Estrutura organizacional para categorizar os indicadores. Fornece uma base para a seleção e combinação de variáveis.
Revisão inicial de literatura	Uma lista preliminar de indicadores é construída a partir de uma revisão de literatura minuciosa de indicadores existentes para o conceito em questão.
Definição do propósito do conjunto de indicadores	O conceito a ser medido pelo conjunto de indicadores é explicitamente definido.
Determinação dos critérios de seleção	Deve ser definida uma lista de critérios de qualidade para filtrar os indicadores da lista inicial.
Determinação dos pesos dos critérios de seleção	É adotado um esquema de ponderação dos critérios de seleção que reflita a importância de cada um deles.
Avaliação individual dos indicadores	Cada indicador é avaliado de acordo com os critérios de seleção.
Avaliação do conjunto de indicadores	O conjunto de indicadores é avaliado para conhecer com que precisão ele consegue medir o conceito sendo medido.
Consulta às partes interessadas	Especialistas e outras partes interessadas no campo de estudo são consultadas para avaliar a adequação dos indicadores, do marco conceitual e/ou dos métodos utilizados.
Seleção final	Com base nas avaliações individual e de conjunto dos indicadores e o retorno da consulta às partes interessadas é definido um conjunto final de indicadores.
Estudo de caso	São coletados os dados para calcular os indicadores.

Fonte: elaborado pelo autor (2022) com base em Schwemlein et al. (2016).

Os dez artigos analisados nesta pesquisa que apresentaram métodos de construção de indicadores para a gestão do saneamento básico municipal ou local são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Características dos marcos conceituais utilizados nos dez estudos analisados sobre construção de indicadores de saneamento básico municipal

Referência	Nome do indicador ou índice	Características do marco conceitual
Pereira et al. (2015)	Indicador de qualidade de saneamento básico urbano – IQSBU	Indicador composto por quatro dimensões (1) abastecimento de água, (2) esgotamento sanitário, (3) coleta e disposição de resíduos sólidos, (4) drenagem de águas pluviais.
Braga et al. (2022)	Índice de salubridade ambiental que expressa as condições vividas em aglomerados rurais – ISARural	Indicador composto por oito dimensões: (1) abastecimento de água, (2) esgotamento sanitário, (3) manejo de resíduos sólidos, (4) manejo de águas pluviais, (5) saúde, (6) socioeconômica, (7) serviços, (8) condições de moradia.
Seghezze et al. (2010)	Índice de sustentabilidad del agua y el saneamiento – ISAS	Indicador composto por três dimensões: (1) lugar - território, (2) permanência - tempo, (3) pessoas.
Martell (2022)	Índice para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de saneamiento rural	Indicador composto por cinco dimensões: (1) social, (2) econômica, (3) ambiental, (4) técnica, (5) institucional.
Silva et al. (2019)	Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos	Conjunto de indicadores organizado em três dimensões: (1) ambiental, (2) econômica, (3) social.
Zaman (2014)	Indicadores chave para os sistemas de gestão zero resíduos	Conjunto de indicadores organizado em sete dimensões: (1) geo-administrativa, (2) sociocultural, (3) gestão, (4) ambiental, (5) econômica, (6) organizacional, (7) governança e política.
Polaz & Teixeira (2009)	Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos	Conjunto de indicadores organizado em cinco dimensões: (1) ambiental/ecológica, (2) econômica, (3) social, (4) política/institucional, (5) cultural.
Elsadig et al. (2016)	Solid waste management index – SWMI	Indicador composto por sete dimensões: (1) coleta e transporte, (2) ambiente, (3) consciência, (4) disposição final, (5) finanças, (6) política e planos de gestão, e (7) institucional.
Suprayogi et al. (2018)	Suprayogi index model (urban drainage index model)	Indicador composto por duas dimensões: (1) técnica e (2) não técnica.
Yang & Zhang (2021)	Indicador de sustentabilidade de estratégias para o desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana	Indicador composto por quatro dimensões: (1) técnica, (2) socioeconômica, (3) ecológica e (4) política.

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Em termos gerais, nos dez estudos analisados nesta pesquisa sobre construção de indicadores de saneamento básico municipal (ou local) foram utilizadas as etapas metodológicas da Tabela 1. A quantidade mínima de etapas utilizadas foi de seis (Suprayogi et al., 2018), enquanto a máxima foi de nove (Braga et al., 2022; Seghezze et al., 2010; Martell, 2022; Silva et al., 2019). As etapas não foram desenvolvidas, necessariamente, de forma sequencial e algumas delas aconteceram de forma paralela. É importante destacar que nenhum dos dez artigos analisados nesta pesquisa foi previamente identificado por Schwemlein et al. (2016). Nesta pesquisa, foram analisados artigos escritos em português, espanhol e inglês, enquanto as autoras e o autor mencionados anteriormente só analisaram publicações escritas em inglês. Quase todos os estudos identificados aqui (nove estudos) correspondem a pesquisas desenvolvidas em países do Sul Global (Brasil, Argentina, Peru, Sudão, Indonésia e China), correspondendo a maior quantidade de artigos (quatro) a pesquisas desenvolvidas no Brasil.

Durante a etapa de revisão inicial de literatura, Polaz & Teixeira (2009) pesquisaram não somente sobre indicadores existentes, mas também sobre problemas relacionados à gestão pública dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Essa autora e esse autor elaboraram uma lista sistematizada de problemas com base na consulta a diversos documentos de origem institucional como guias de saneamento, relatórios e inventários de resíduos, processos jurídicos, Agendas 21 locais e publicações científicas. Foram justamente esses problemas, e não os indicadores pré-selecionados, que foram agrupados em categorias de acordo com cinco dimensões da sustentabilidade. A lista de problemas categorizados foi utilizada durante o processo de consulta às partes interessadas para que elas apontassem e priorizassem aqueles problemas que considerassem presentes no município de estudo. A partir da priorização dos problemas e da pesquisa sobre indicadores existentes foi selecionado e proposto um conjunto local de indicadores.

Quanto à escolha dos critérios de qualidade para filtrar os indicadores da lista inicial, Pereira et al. (2015) utilizaram como critério principal a disponibilidade de dados anuais. Martell (2022) utilizou três critérios de qualidade: clareza, coerência e relevância. Silva et al. (2019) utilizaram uma lista de seis critérios de seleção: mensurabilidade, viabilidade, dinamicidade, simplicidade, foco no usuário e flexibilidade.

A respeito da adoção de esquemas de ponderação, Suprayogi et al. (2018) e Yang & Zhang (2021) não determinaram pesos para os critérios de seleção, mas sim para os indicadores. Os métodos utilizados para a determinação de pesos foram, respectivamente, a Modelagem de equações estruturais (Structural Equation Model – SEM) e o Processo analítico hierárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP). Todos os sete artigos analisados que construíram indicadores compostos adotaram também algum esquema de ponderação para os indicadores. Pereira et al. (2015), Seghezze et al. (2010) e Martell (2022) determinaram pesos iguais para todos os indicadores. Braga et al. (2022) utilizaram o Processo de alocação de orçamento (Budget allocation process – BAP), enquanto Elsadig et al. (2016) utilizaram o AHP.

O estudo de Suprayogi et al. (2018) foi o único que apresentou uma avaliação do conjunto de indicadores para conhecer com que precisão ele conseguia medir o conceito sendo medido. Para isso foi utilizado o método de regressão de mínimos quadrados parciais (Partial least squares regression – PLS regression).

Quanto aos processos de consulta às partes interessadas, Braga et al. (2022) aplicaram um formulário de entrevista semiestruturado a sete especialistas e realizaram uma discussão durante um encontro presencial para definir a metodologia de construção do indicador e a lista preliminar de indicadores. Também, realizaram três aplicações do método Delphi: a primeira para escolher os indicadores e sugerir subindicadores, a segunda para ponderar os indicadores e a terceira para escolher e ponderar os subindicadores. Durante as três aplicações, entre 40 e 64 pessoas chegaram a responder durante a segunda rodada do método. Martell (2022), Silva et al. (2019), Elsadig et al. (2016), e Yang & Zhang (2021) aplicaram formulários de entrevista para realizar a avaliação individual e ponderação dos indicadores. A quantidade de pessoas entrevistadas variou de duas a 54 pessoas, havendo sido entrevistados: acadêmicos, especialistas técnicos, empresários, representantes de organizações não governamentais (ONGs) e cidadãos. As pessoas entrevistadas possuíam entre um e vinte anos de experiência laboral.

A respeito dos usos e aplicações (estudos de caso) dos indicadores construídos nos estudos analisados, Pereira et al. (2015) aplicaram o IQSBU às cidades brasileiras do estado de Pará com mais de 100.000 habitantes (16 municípios). Braga et al. (2022) aplicaram o ISARural em 43 comunidades rurais no Brasil. Martell (2022) aplicou o Índice para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de saneamento rural em duas associações administradoras de serviços de saneamento do Peru. Silva et al. (2019) aplicaram o conjunto de indicadores construído em três municípios brasileiros do

estado do Rio Grande do Sul. Polaz & Teixeira (2009) criaram um conjunto de indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos do município de São Carlos, no Brasil. Elsadig et al. (2016) aplicaram o SWMI na cidade de Cartum, Sudão. O propósito de todos os indicadores construídos é que funcionem como instrumentos de avaliação das condições de saneamento básico, e que sejam empregados nos processos de tomada de decisão para planejar, direcionar investimentos e definir prioridades.

É importante destacar que, apesar da diversidade encontrada de marcos teóricos – conceituais adotados nas pesquisas brasileiras para a construção de indicadores de saneamento básico municipal (ou local), nenhuma considerou os princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos estabelecidos pelas políticas nacionais, especificamente, pela Lei No. 11.445/2007, a qual definiu as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Esses princípios fundamentais podem ser visualizados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Componentes e princípios do saneamento básico adequado

Componentes	Princípios
1. Abastecimento de água.	1. Universalização do acesso.
2. Esgotamento sanitário.	2. Integralidade.
3. Resíduos sólidos urbanos e limpeza urbana.	3. Serviços adequados à saúde pública e à proteção do meio ambiente.
4. Drenagem e manejo de águas pluviais.	4. Métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais.
	5. Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, habitação, combate à pobreza, proteção ambiental, promoção da saúde e interesse social.
	6. Eficiência e sustentabilidade econômica.
	7. Tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários.
	8. Transparência das ações.
	9. Controle social.
	10. Segurança, qualidade e regularidade.
	11. Gestão eficiente dos recursos hídricos.
	12. Medidas de fomento à moderação do consumo de água.

Fonte: elaborado pelo autor (2022) com base em Nirazawa & Oliveira (2018).

## CONSTRUÇÃO DE INDICADORES PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO BÁSICO DE FLORIANÓPOLIS

O marco teórico – conceitual adotado para estruturar e categorizar os indicadores foi o dos componentes e princípios do saneamento básico adequado (Tabela 3), como definidos por Nirazawa & Oliveira (2018).

A partir da revisão de literatura foram obtidos dois produtos. O primeiro foi uma lista sistematizada de problemas relacionados com cada um dos quatro componentes do saneamento básico do município de Florianópolis (Tabela 4). O segundo produto foi uma lista de indicadores propostos na literatura científica para monitorar a gestão municipal dos quatro componentes do saneamento básico (Tabelas 5).

Os problemas principais do município no componente de abastecimento de água são de gestão do recurso hídrico (Tabela 4). Somado à situação da exploração irregular dos mananciais subterrâneos, nos sistemas de abastecimento do município se perde grandes volumes de água, principalmente por vazamentos, falhas nos sistemas de medição e ligações clandestinas (Brasil, 2021).

A respeito do componente de esgotamento sanitário, a cobertura dos serviços de coleta e tratamento ainda é baixa (Brasil, 2021). Onde existe cobertura desses serviços, se estima que quase a metade das ligações à rede possui inadequações (Florianópolis, 2022a) e, nos setores que não são atendidos por esse serviço, são utilizadas fossas sépticas que não recebem a manutenção periódica recomendada (Westarb, 2004).

Quanto ao componente de resíduos sólidos urbanos e limpeza urbana, os problemas principais são a baixa porcentagem de recuperação de materiais recicláveis e compostáveis (Florianópolis, 2022b) e a existência, ainda, de pontos de descarte irregular de resíduos no município (Florianópolis, 2017). Esses pontos de descarte irregular persistem, apesar da boa cobertura dos serviços de coleta convencional e seletiva (Brasil, 2021).

**Tabela 4 –** Lista de problemas relacionados aos componentes do saneamento básico do município de Florianópolis

Componentes	Problemas
Abastecimento de água	Perda de grandes volumes de água nas redes de distribuição (44%).
	Inexistência de outorgas de direitos de uso dos recursos hídricos dos mananciais subterrâneos.
	Risco de intrusão salina nos aquíferos Campeche e Ingleses.
	Inexistência de um cadastro de ponteiros particulares.
	Impermeabilização de zonas de recarga de aquíferos.
Esgotamento sanitário	Pouca cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgotos (66%).
	Ligações inadequadas nas redes de esgoto (45%).
	Frequência inadequada de manutenção das fossas sépticas utilizadas pela população.
	Alto risco de contaminação por esgotos dos aquíferos Campeche e Ingleses
	Lançamento de esgotos tratados em Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral ou em cursos de água de suas bacias de contribuição.
	Lançamentos dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Saco Grande em uma região desfavorável da baía norte.
Manejo de resíduos sólidos	Balneabilidade imprópria em algumas praias e lagoas.
	Poucos resíduos são desviados do aterro sanitário (9%).
	Existência de mais de 150 pontos de descarte irregular de resíduos.
Manejo de águas pluviais	Poucos resíduos orgânicos coletados, tratados e aproveitados (10%).
	Estruturação e organização incipiente dos serviços prestados.
	Inexistência de um cadastro técnico do sistema de drenagem.
	Inexistência de um sistema de alerta de eventos hidrológicos.
	Expansão urbana e impermeabilização.
	Inundações e alagamentos.
	Lançamento de esgotos e resíduos sólidos em cursos de água.

Fonte: elaborado pelo autor (2023) com base em Brasil (2021), Florianópolis (2011, 2017, 2019a, 2019b, 2021, 2022a, 2022b), Westarb (2004), Rubim (2019), Santa Catarina (2022).

**Tabela 5 –** Lista de indicadores propostos na literatura científica para monitorar a gestão municipal dos quatro componentes do saneamento básico

Componentes	Indicadores
Abastecimento de água	Consumo médio per capita de água / Cobertura dos serviços / Perdas de água nas redes de distribuição / Duração média das paralisações do serviço / Conformidade da qualidade da água tratada / Tratamento da água domiciliar / Higienização de mãos / Disponibilidade de água / Incidência de doenças de veiculação hídrica / Disponibilidade de recursos orçamentários para atividades vinculadas à gestão da água / Satisfação dos usuários / Frequência das campanhas de revisão e reparação de vazamentos / Frequência das campanhas de educação sanitária / Participação da população em campanhas de educação sanitária / Perdas por faturamento / Ameaças e impactos ao sistema e à biodiversidade / Quantidade de práticas preventivas realizadas para eliminar ou limitar a contaminação pela atividade agrícola / Participação das mulheres na associação administradora
Esgotamento sanitário	Cobertura dos serviços / Incidência de doenças de veiculação hídrica / Disponibilidade de recursos orçamentários para atividades vinculadas à gestão do saneamento / Satisfação dos usuários / Frequência das campanhas de educação sanitária / Participação da população em campanhas de educação sanitária / Ameaças e impactos ao sistema e à biodiversidade / Eficiência do tratamento de esgotos / Participação das mulheres na associação administradora
Manejo de resíduos sólidos	Cobertura do serviço de coleta / Taxa de recuperação de materiais recicláveis / Destinação inadequada dos resíduos / Recuperação de embalagens de agrotóxicos / Geração per capita de resíduos / Porcentagem de veículos da frota utilizando combustíveis renováveis / Inclusão dos catadores na planificação e implementação do serviço de coleta / Quantidade de energia gerada a partir de biogás / Porcentagem de material coletado e tratado por meio de compostagem / Quantidade de fertilizantes produzidos nos processos de compostagem / Grau de autofinanciamento da gestão / Quantidade de eventos de consciência ambiental / População participante nas campanhas de consciência / Quantidade de reclamações atendidas / Capacidade de compra da população / Composição dos resíduos / Reuso de materiais / Vida útil do aterro sanitário / Emissões ao ambiente / Recuperação de áreas degradadas / Capacitações aos funcionários atuantes na gestão dos resíduos / Quantidade de ações de fiscalização promovidas pelo poder público / Implementação de planos de educação, comunicação e consciência / Frequência da varrição / Sazonalidade da geração de resíduos / Quantidade de centros de recuperação e pontos de entrega de materiais / Quantidade de empresas envolvidas na gestão dos resíduos / Recuperação informal de materiais / Nível de compostagem domiciliar / Uso de resíduos de restaurantes para alimentar animais / Incidência de doenças relacionadas aos resíduos sólidos / Existência de incentivos econômicos para a redução dos resíduos / Empregos criados a partir dos programas de reciclagem / Emissões de CO <sub>2</sub> dos veículos da coleta / Risco de poluição das águas superficiais, subterrâneas e do solo
Manejo de águas pluviais	Número anual de enchentes ou alagamentos / Cobertura da pavimentação, meio fio e bocas de lobo / Cobertura dos dispositivos de controle de escoamento superficial excedente / Ocorrência de erosão / Cobertura do solo / Capacidade dos canais de drenagem / Condições dos canais de drenagem / Densidade de drenagem / Tempo de concentração / Profundidade da inundação / Duração da inundação / Envolvimento da sociedade / Carga de contaminantes (matéria orgânica, nitrogênio e fósforo) / Custos dos danos por inundações / Custos de disposição dos contaminantes / Presença de áreas verdes para lazer / Alcance da inundação / Assoreamento nos canais de drenagem / Bloqueios em sarjetas e bocas de lobo

Fonte: elaborado pelo autor (2023) com base em Pereira et al. (2015), Braga et al (2022), Seghezze et al. (2010), Martell (2022), Silva et al. (2019), Zaman (2014), Polaz & Teixeira (2009), Elsadig et al. (2016), Cervantes et al. (2018), Suprayogi et al. (2018), Yang & Zhang (2021), Kolsky & Butler (2002).

Por último, a respeito do componente de drenagem e manejo de águas pluviais, o problema principal é que a estruturação e organização dos serviços prestados ainda é incipiente (Florianópolis, 2011). Como evidência disso, não existe um cadastro técnico do sistema de drenagem. Três problemas importantes são os alagamentos, as inundações e o lançamento de esgotos e resíduos em cursos de água (Florianópolis, 2019a).

Quanto aos indicadores propostos na literatura científica para monitorar a gestão municipal do saneamento básico (Tabela 5), os mais utilizados foram: cobertura dos serviços (ou população atendida), qualidade da água tratada, consumo per capita de água, continuidade do serviço de abastecimento, recuperação de materiais recicláveis, descarte irregular de resíduos, ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos, duração e profundidade das inundações, e cobertura do solo. Os indicadores restantes foram utilizados com menor frequência.

O propósito selecionado para o conjunto de indicadores construído foi o de subsidiar os processos de tomada de decisão na gestão do saneamento básico do município de Florianópolis. Os indicadores deverão assistir os gestores e gestoras municipais no monitoramento do cumprimento dos princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos, em cada um dos quatro componentes do saneamento básico. Com base nas informações obtidas a partir dos indicadores sobre o cumprimento desses princípios fundamentais, poderão ser estabelecidas prioridades das ações, obras, serviços e investimentos.

Foram determinados dois critérios de qualidade para selecionar os indicadores. O primeiro critério foi o da disponibilidade de dados anuais, previamente utilizado por Pereira et al. (2015). O segundo critério foi, como requisito básico, que os indicadores propostos estivessem relacionados com pelo menos um dos princípios do saneamento básico adequado (Tabela 3) ou com pelo menos um dos problemas da Tabela 4.

As respostas das duas primeiras entrevistas grupais revelaram o desejo das pessoas participantes de conservar os indicadores de cobertura do abastecimento de água e cobertura do serviço de coleta seletiva de resíduos sólidos. Por outro lado, as pessoas entrevistadas destacaram a necessidade de incorporar os seguintes indicadores: perdas de águas nos sistemas de abastecimento, hidrometração, quantidade e tempo das paralisações na prestação do serviço, disponibilidade do recurso hídrico, qualidade da água, consumo médio per capita de água, desvio de resíduos do aterro sanitário, geração per capita de resíduos, descarte irregular de resíduos, balneabilidade, e denúncias sobre esgotos. Além disso, as pessoas entrevistadas consideraram necessária a reformulação dos seguintes indicadores: salinização dos mananciais, casos de diarreia, cobertura do serviço de esgotamento sanitário, áreas de mananciais sujeitas a risco de contaminação, e risco de contaminação de UCs. Quanto ao indicador de casos de diarreia, foi destacada a necessidade de verificar se a incidência de casos de diarreia era o melhor indicador epidemiológico para relacionar saúde pública e saneamento básico, pois poderia ter outras doenças que fossem mais significativas para o caso específico de Florianópolis. Quanto ao indicador de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário, foi destacada a necessidade de considerar as inadequações nas ligações às redes de esgoto.

As respostas do terceiro grupo focal apontaram como fornecedores de dados potenciais: Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), IBGE, Secretaria Municipal de Saúde, Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina (ARESC), Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE), Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), e Secretaria Municipal de Infraestrutura.

As respostas do quarto, quinto e sexto grupo focal forneceram sugestões sobre ajustes nas fórmulas matemáticas de cálculo dos indicadores. Além disso, as respostas do sexto grupo focal destacaram a necessidade de considerar os diferentes tipos de coleta seletiva existentes no município (ecopontos, coleta de vidro, pontos de entrega voluntária - PEVs, porta a porta, coleta de verdes).

Com base nas respostas dos seis grupos focais e nos resultados da revisão inicial de literatura, e considerando os critérios determinados para a seleção de indicadores, foram elaboradas as listas de indicadores de saneamento básico (Tabelas 6 a 9). Os indicadores foram organizados em quatro componentes: (1) abastecimento de água, (2) esgotamento sanitário, (3) resíduos sólidos urbanos e limpeza urbana, e (4) drenagem e manejo de águas pluviais. Na Tabela 10, os indicadores foram organizados de acordo com suas relações com os princípios do saneamento básico adequado. Por último, na Tabela 11, os indicadores foram organizados de acordo com suas relações com os problemas de saneamento básico de Florianópolis. Devido ao grande tamanho das tabelas que apresentam as fórmulas matemáticas e as variáveis propostas para calcular cada indicador (Tabelas A1 a A4), elas foram inseridas em uma seção anexa no final do artigo. Nessas tabelas, também foram indicados os fornecedores e as fontes dos dados. Dentre as fontes principais destacam: IBGE, CASAN, ARESC, Secretaria Municipal de Saúde,

Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM), SDE, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e Defesa Civil. A existência e disponibilidade dos dados foi verificada diretamente nos sites oficiais dessas organizações e, em alguns casos, a verificação foi realizada por consulta via correio eletrônico a servidoras e servidores dessas organizações.

**Tabela 6** – Lista de indicadores propostos para avaliar o abastecimento de água de Florianópolis

Indicadores	Finalidade
Cobertura do serviço público de abastecimento de água	Comparar a população total atendida pelo serviço público de abastecimento de água na área avaliada com a população total residente.
Qualidade da água distribuída	Comparar a quantidade de análises de qualidade realizados na área avaliada que atendem à legislação vigente com a quantidade total de análises de qualidade realizados.
Continuidade do serviço público de abastecimento de água	Comparar o total de horas de afetação dos usuários por interrupções do serviço na área avaliada com o total de horas por ano que o serviço deveria ser contínuo para todos os usuários.
Disponibilidade do recurso hídrico	Comparar a vazão captada dos mananciais utilizados para abastecer a área avaliada com a vazão de exploração autorizada pelo poder público para esses mananciais.
Perdas totais de água	Quantificar a porcentagem de água que se perde nos sistemas de abastecimento da área avaliada, devido a vazamentos, falhas nos sistemas de medição e ligações clandestinas.
Consumo per capita de água	Calcular a mudança percentual do consumo per capita de água na área avaliada a respeito do último período de avaliação.
Dependência de mananciais sujeitos a intrusão salina	Comparar a vazão captada de aquíferos costeiros para alimentar o sistema de abastecimento da área avaliada com a vazão captada de mananciais superficiais.
Impermeabilização de zonas aquíferas	Comparar a área urbanizada impermeável da zona avaliada localizada sobre mananciais subterrâneos com a área total de zonas aquíferas.
Ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos	Comparar área urbanizada da zona avaliada, sem serviços de esgotamento sanitário, localizada sobre mananciais subterrâneos com a área total de zonas aquíferas.
Reclamações do serviço de abastecimento de água	Comparar o total de reclamações na área avaliada sobre o serviço de abastecimento de água com o total de reclamações no município
Sazonalidade do consumo de água	Comparar o volume médio mensal de água consumida na área avaliada durante a temporada baixa com o volume médio mensal de água consumida durante a temporada alta.
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico	Comparar o total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada com o total de casos dessas duas doenças no município.
Educação em uso responsável da água	Verificar se a quantidade de ações e atividades de educação ambiental (área temática de uso responsável da água) desenvolvidas na área avaliada comparada com a quantidade realizada no município é proporcional à relação entre população da área avaliada e população total do município.

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Para todos os componentes do saneamento, exceto para o manejo de águas pluviais, foram propostos indicadores de cobertura do serviço, os quais poderiam auxiliar no monitoramento do cumprimento do princípio de universalização do acesso. No caso do manejo de águas pluviais, no foi possível construir um indicador de cobertura do serviço, pois, como mencionado anteriormente, o município não possui um cadastro técnico do sistema de drenagem.

As variáveis do indicador de qualidade da água distribuída (Tabela A1) foram escolhidas tomando em conta que seu monitoramento já é realizado pela ARESC, pela CASAN e pela Secretaria Municipal da Saúde, sendo que os resultados das análises dessas variáveis são disponibilizados na web. A escala de valores condicionais proposta para o indicador de consumo per capita de água (Tabela A1) foi definida a partir do estudo do histórico do consumo per capita de água de Florianópolis, obtido do SNIS no período 2008 – 2018. Nesse período, o consumo per capita passou de 197,5 a 175,4 L/(pessoa.dia). Ou seja, houve diminuição de 11,2%. Durante esse período de 10 anos, houve alguns anos em que o consumo per capita aumentou a respeito do ano anterior, mas a tendência geral foi de diminuição a respeito do valor de 2008. Nos anos que houve reduções, essas reduções variaram entre 2,5% e 10,3%. Por isso, foi assumido um cenário otimista no qual seria possível continuar diminuindo o consumo per capita entre 1 e 10% a cada ano, durante os próximos dez anos, sempre a respeito do ano anterior.

Cinco indicadores propostos precisam da realização de operações de geoprocessamento para obter as variáveis de cálculo: impermeabilização de zonas aquíferas, ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos, cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta, risco de desastre por inundação e alagamentos (Tabelas A1, A3 e A4). As operações de geoprocessamento seriam realizadas utilizando arquivos em formato vetorial, os quais são disponibilizados na web e atualizados periodicamente pela Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, pelo CPRM e pela CASAN.

**Tabela 7** – Lista de indicadores propostos para avaliar o esgotamento sanitário de Florianópolis

Indicadores	Finalidade
Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos	Comparar a população total atendida na área avaliada pelo serviço público de coleta e tratamento de esgotos com a população total residente.
Impacto ecológico por descarga de efluentes	Comparar a população atendida pelo serviço público de coleta e tratamento de esgotos na área avaliada com a população total residente.
	Comparar a população atendida por ETEs que descargam os efluentes em UCs, ou nas suas bacias de contribuição, com a população total residente.
Balneabilidade	Comparar a quantidade de ensaios realizados na área avaliada com resultado de balneabilidade "própria" com o total de ensaios de balneabilidade.
Sazonalidade da geração de esgotos	Comparar o volume médio mensal de esgoto gerado na área avaliada durante a temporada baixa com o volume médio mensal de esgoto gerado na área avaliada durante a temporada alta.
Denúncias sobre esgotos	Comparar o total de denúncias na área avaliada sobre esgotos com o total de denúncias sobre esgotos no município.
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico	Comparar o total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada com o total de casos dessas duas doenças no município.
Educação em tratamento e disposição adequada dos esgotos	Verificar se a quantidade de ações e atividades de educação ambiental (área temática de tratamento e disposição adequada dos esgotos) desenvolvidas na área avaliada comparada com a quantidade realizada no município é proporcional à relação entre população da área avaliada e população total do município.

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Houve três indicadores que foram construídos adotando como premissa que o método de coleta e tratamento de esgotos em estações de tratamento de esgotos (ETEs) é melhor do que o tratamento e disposição utilizando sistemas individuais, por exemplo as fossas sépticas. Essa premissa foi adotada devido a que se desconhece, no município, a quantidade de fossas sépticas que foram construídas de acordo com as normas técnicas aplicáveis. Além disso, de acordo com Westarb (2004), a população do município que utiliza fossas sépticas não realiza a manutenção respectiva com a frequência adequada. Por isso, a eficiência de tratamento dessas fossas é questionável. Os três indicadores que adotaram essa premissa foram: ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos, cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos, e impacto ecológico por descarga de efluentes.

Para todos os quatro componentes do saneamento foram construídos indicadores de reclamações e denúncias. Esses indicadores possuem um fator de ajuste baseado na proporcionalidade da população residente na área avaliada a respeito da população total do município (Tabelas A1 a A4). Isso porque, em termos absolutos, poderia haver mais reclamações em setores mais populosos, mas, em termos relativos, a situação poderia ser mais crítica em aqueles setores com menos população. Uma formulação matemática parecida foi utilizada para construir o indicador de doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico. Esse é um indicador comum aos quatro componentes do saneamento, cuja fórmula é igual para todos (Tabelas A1 e A4). Isso devido à dificuldade para atribuir os casos de dengue e leptospirose a um componente só. Para todos os componentes do saneamento também foram construídos indicadores de educação. Uma limitação desses indicadores é que eles não informam se a quantidade de ações e atividades de educação desenvolvidas na área avaliada é adequada ou não, eles só indicam se a distribuição dessas atividades no município é proporcional à distribuição da população no território municipal (Tabelas A1 a A4). Idealmente, esses indicadores deveriam considerar as ações e atividades de educação ambiental em todos os setores: governamental, privado, comunitário, educativo. Porém, devido à dificuldade de realizar esse levantamento de informações, poderiam ser consideradas só as ações que tenham sido possíveis de levantar, incluindo, pelo menos, as ações governamentais.

**Tabela 8** – Lista de indicadores propostos para avaliar o manejo de resíduos sólidos de Florianópolis

Indicadores	Finalidade
Cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta	Comparar a área urbanizada da zona avaliada atendida pelo serviço público de coleta seletiva porta a porta com a área urbanizada total.
Cobertura dos pontos de entrega voluntária de resíduos	Verificar se a quantidade de pontos de entrega voluntária de resíduos na área avaliada comparada com a quantidade total do município é proporcional à relação entre população da área avaliada e população total do município.
Reciclagem	Calcular a proporção dos resíduos sólidos recicláveis coletados na área avaliada que são efetivamente encaminhados a processos reciclagem.
Compostagem	Calcular a proporção dos resíduos sólidos compostáveis coletados na área avaliada que são efetivamente encaminhados a processos compostagem.
Geração per capita de resíduos	Comparar a geração per capita de resíduos da área avaliada com a meta nacional de geração de 1,1 kg/(pessoa.dia), estabelecida no Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Indicadores	Finalidade
Descarte irregular de resíduos	Comparar a quantidade de pontos de descarte irregular de resíduos na área avaliada com o total de pontos de descarte irregular no município.
Reclamações e denúncias sobre resíduos sólidos	Comparar o total de reclamações e denúncias na área avaliada sobre resíduos sólidos com o total de reclamações e denúncias no município.
Sazonalidade da geração de resíduos	Comparar a massa média mensal de resíduos coletada na área avaliada durante a temporada baixa com o a massa média mensal de resíduos coletada durante a temporada alta.
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico	Comparar o total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada com o total de casos dessas duas doenças no município.
Educação em temas de manejo de resíduos sólidos	Verificar se a quantidade de ações e atividades de educação ambiental (área temática de manejo de resíduos sólidos) desenvolvidas na área avaliada comparada com a quantidade realizada no município é proporcional à relação entre população da área avaliada e população total do município.

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O indicador construído para avaliar a cobertura dos pontos de entrega voluntária de resíduos possui a mesma limitação relatada para os indicadores de educação. Neste caso, o indicador não informa se a quantidade de pontos de entrega e coleta por zona avaliada é adequada ou não, ele só indica se distribuição desses pontos no município é proporcional à distribuição da população no território municipal (Tabela A3). O indicador de geração per capita de resíduos é calculado a partir de dados de coleta de resíduos, pois, no município, a cobertura do serviço de coleta convencional de resíduos é de 100% (Brasil, 2021). Apesar disso, no município, existem pontos de descarte irregular de resíduos, os quais podem ser arrastados pelo vento e pela chuva, terminando no meio ambiente. Essa fração que acaba não sendo contabilizada não é considerada para o cálculo da geração per capita. Da mesma forma que os indicadores de reclamações e denúncias, os indicadores de descarte irregular de resíduos sólidos e de afetação da população por eventos hidrológicos possuem fatores de ajuste baseados na proporcionalidade da população da área avaliada a respeito da população total do município (Tabelas A3 e A4).

**Tabela 9** – Lista de indicadores propostos para avaliar o manejo de águas pluviais de Florianópolis

Indicadores	Finalidade
Risco de desastre por inundação	Comparar a população da zona avaliada localizada sobre áreas suscetíveis a inundação com a população total residente.
Alagamentos	Comparar a quantidade de alagamentos registrada na área avaliada com a quantidade de alagamentos registrada no município.
Afetação da população por eventos hidrológicos	Comparar a população da área avaliada que ficou desabrigada, desalojada ou realocada devido a eventos hidrológicos com a população total que ficou nessas condições no município.
Reclamações sobre manejo de águas pluviais	Compara o total de reclamações na área avaliada sobre manejo de águas pluviais com o total de reclamações no município.
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico	Comparar o total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada com o total de casos dessas duas doenças no município.
Educação em temas de manejo de águas pluviais	Verificar se a quantidade de ações e atividades de educação ambiental (área temática de manejo de águas pluviais) desenvolvidas na área avaliada comparada com a quantidade realizada no município é proporcional à relação entre população da área avaliada e população total do município.

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Todos os indicadores foram associados, pelo menos, a algum princípio fundamental do saneamento básico adequado ou, pelo menos, a alguma problemática do saneamento básico local. Ou seja, as duas funções principais dos indicadores construídos são: (1) auxiliar no monitoramento do cumprimento dos princípios fundamentais do saneamento básico e (2) auxiliar no acompanhamento das ações requeridas para a superação das problemáticas locais. Alguns indicadores cumprem as duas funções, enquanto outros só cumprem uma. Por exemplo, o indicador de educação em tratamento e disposição adequada dos esgotos não foi associado a nenhum dos princípios fundamentais, no entanto, ele seria um indicador útil para acompanhar a realização de atividades e ações de educação que ajudem a combater a problemática da manutenção com frequência inadequada das fossas sépticas utilizadas pela população (Tabelas 10 e 11). Outros indicadores como o da qualidade da água distribuída não foram associados a alguma problemática local, porém, a adequação dos serviços à saúde pública é um princípio que deve ser cumprido, portanto, precisa de indicadores específicos para seu monitoramento.

**Tabela 10** – Lista de indicadores propostos para avaliar o cumprimento dos princípios fundamentais do saneamento básico adequado em Florianópolis

Princípios	Indicadores
Universalização do acesso.	Cobertura do serviço público de abastecimento de água / Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos / Cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta / Cobertura dos pontos de entrega voluntária de resíduos
Integralidade.	
Serviços adequados à saúde pública e à proteção do meio ambiente.	Qualidade da água distribuída / Disponibilidade do recurso hídrico / Impermeabilização de zonas aquíferas / Ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos / Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico / Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos / Impacto ecológico por descarga de efluentes / Balneabilidade / Descarte irregular de resíduos sólidos / Afetação da população por desastres hidrológicos
Métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais.	Dependência de mananciais sujeitos a intrusão salina / Impacto ecológico por descarga de efluentes / Risco de desastre por inundação
Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, habitação, combate à pobreza, proteção ambiental, promoção da saúde e interesse social.	Disponibilidade do recurso hídrico / Reciclagem / Compostagem / Geração per capita de resíduos / Educação em temas de resíduos
Eficiência e sustentabilidade econômica.	Perdas totais de água / Reciclagem / Compostagem
Tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários.	
Transparência das ações.	
Controle social.	Reclamações do serviço de abastecimento de água / Denúncias sobre esgotos / Reclamações e denúncias sobre resíduos sólidos / Reclamações sobre manejo de águas pluviais
Segurança, qualidade e regularidade.	Qualidade da água distribuída / Continuidade do serviço público de abastecimento de água / Dependência de mananciais sujeitos a intrusão salina / Reclamações do serviço de abastecimento de água / Sazonalidade do consumo de água / Balneabilidade / Sazonalidade da geração de esgotos / Denúncias sobre esgotos / Reclamações e denúncias sobre resíduos sólidos / Sazonalidade da geração de resíduos / Risco de desastre por inundação / Alagamentos / Afetação da população por desastres hidrológicos / Reclamações sobre manejo de águas pluviais
Gestão eficiente dos recursos hídricos.	Disponibilidade do recurso hídrico / Perdas totais de água / Consumo per capita de água / Impermeabilização de zonas aquíferas
Medidas de fomento à moderação do consumo de água.	Educação em uso responsável da água / Educação em manejo de águas pluviais

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Houve três princípios fundamentais do saneamento básico que não foram abrangidos pelo conjunto de indicadores proposto: integralidade, tecnologias apropriadas considerando a capacidade de pagamento dos usuários, e transparência das ações (Tabela 10). A respeito da integralidade, Nirazawa & Oliveira (2018) alertam sobre a necessidade de realizar uma análise atenta desse princípio. A definição de integralidade apresentada na Lei No. 11.445/2007 é bastante abrangente, porém, alguns autores (Pereira & Heller, 2015) visualizam a integralidade como a consideração dos quatro componentes do saneamento (água, esgoto, resíduos e águas pluviais) dentro do processo de planejamento. Nesse sentido, surge a dúvida se a consideração dos quatro componentes é suficiente para considerar a proposta de indicadores como “integral” ou se são necessários indicadores específicos para o monitoramento do cumprimento desse princípio. Quanto ao princípio de tecnologias apropriadas considerando a capacidade de pagamento dos usuários, poderiam ser utilizadas informações sobre morosidade para construir indicadores. Os indicadores construídos dessa forma poderiam dar alguma informação sobre capacidade de pagamento, porém, não necessariamente informariam sobre a adequação das tecnologias utilizadas. Finalmente, quanto à transparência das ações, algumas informações poderiam ser aproveitadas para construir indicadores, tais como a quantidade de participantes em audiências públicas e a publicação periódica de indicadores e outras informações relativas ao saneamento básico em sites oficiais do governo municipal. Porém, se a participação da população nas audiências não for muito expressiva e se as pessoas desconhecem e não acessam os sites do governo, essas informações poderiam não ser representativas para avaliar a transparência.

**Tabela 11** – Correspondência entre os indicadores propostos e os problemas de saneamento básico de Florianópolis

Componente	Problemas	Indicadores
Abastecimento de água	Perda de grandes volumes de água nas redes de distribuição (44%).	Perdas totais de água
	Inexistência de outorgas de direitos de uso dos recursos hídricos dos mananciais subterrâneos.	Disponibilidade do recurso hídrico
	Risco de intrusão salina nos aquíferos Campeche e Ingleses.	Dependência de mananciais sujeitos a intrusão salina
	Inexistência de um cadastro de ponteiros particulares.	
	Impermeabilização de zonas de recarga de aquíferos.	Impermeabilização de zonas aquíferas
Esgotamento sanitário	Pouca cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgotos (66%).	Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos
	Ligações inadequadas nas redes de esgoto (45%).	Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos
	Frequência inadequada de manutenção das fossas sépticas utilizadas pela população.	Educação em tratamento e disposição adequada dos esgotos
	Alto risco de contaminação por esgotos dos aquíferos Campeche e Ingleses.	Ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos
	Lançamento de esgotos tratados em UCs de Proteção Integral ou em cursos de água de suas bacias de contribuição.	Impacto ecológico por descarga de efluentes
	Lançamentos dos efluentes da ETE Saco Grande numa região desfavorável da baía norte.	
	Balneabilidade imprópria em algumas praias e lagoas.	Balneabilidade
Manejo de resíduos sólidos	Poucos resíduos são desviados do aterro sanitário (9%).	Reciclagem
	Existência de mais de 150 pontos de descarte irregular de resíduos.	Descarte irregular de resíduos
	Poucos resíduos orgânicos coletados, tratados e aproveitados (10%).	Compostagem
Manejo de águas pluviais	Estruturação e organização incipiente dos serviços prestados.	
	Inexistência de um cadastro técnico do sistema de drenagem.	
	Inexistência de um sistema de alerta de eventos hidrológicos.	
	Expansão urbana e impermeabilização.	
	Inundações e alagamentos.	Risco de desastre por inundação Frequência de alagamentos Afetação da população por desastres hidrológicos

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Também, houve três problemas do setor de drenagem e manejo de águas pluviais que não foram abrangidos pelos indicadores: estruturação e organização incipiente dos serviços prestados, inexistência de um cadastro técnico do sistema de drenagem e inexistência de um sistema de alerta de eventos hidrológicos. Esses são três problemas para os quais poderiam ser construídos indicadores qualitativos, sendo dada qualificação máxima para os setores do município em que o serviço de drenagem e manejo de águas pluviais seja implementado de forma oficial, assim como para os setores cujo cadastro técnico do sistema de drenagem seja finalizado e cujo sistema de alerta a eventos hidrológicos seja implementado. Para os setores que não cumpram com essas condições seria dada a nota mínima.

## CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, foi proposto um conjunto de 36 indicadores para subsidiar os processos de tomada de decisão na gestão do saneamento básico do município de Florianópolis, dos quais: treze corresponderam ao componente de abastecimento de água, sete corresponderam ao esgotamento sanitário, dez ao manejo de resíduos sólidos e seis ao manejo de águas pluviais. No processo de construção dos indicadores foram utilizadas cinco etapas, envolvendo métodos previamente descritos na literatura científica e a participação de gestores locais do saneamento básico. Dentro do processo de construção, o grande diferencial metodológico desta pesquisa foi a adoção de um marco teórico – conceitual baseado nos princípios fundamentais do saneamento básico, estabelecidos pelas políticas

brasileiras, sendo esta a primeira proposta de indicadores de saneamento básico municipal que se estrutura considerando os princípios da prestação dos serviços públicos.

Além de haver apresentado uma metodologia para construção de indicadores de saneamento básico considerando os princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos, foi apresentada uma revisão sistemática a respeito da escolha de métodos, componentes, e variáveis que possam ser utilizados na construção de indicadores de saneamento básico, o que pode contribuir para outros pesquisados interessados nesta temática.

O conjunto de indicadores proposto pode ser melhorado incorporando indicadores que permitam o monitoramento do cumprimento dos princípios fundamentais de: integralidade, tecnologias apropriadas considerando a capacidade de pagamento dos usuários, e transparência das ações. Novas consultas às partes interessadas poderiam ser realizadas para validar as relações propostas entre os indicadores e os princípios de saneamento básico adequado.

Se recomenda realizar a coleta de dados e cálculo dos indicadores por parte dos gestores municipais para gerar um diagnóstico sobre o cumprimento dos princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos, em cada um dos quatro componentes do saneamento básico. Com base nos resultados obtidos, poderão ser estabelecidas prioridades das ações, obras, serviços e investimentos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Estudantes-Convênio de Pós-Graduação – PEC-PG, da CAPES/CNPq/MRE-Brasil.

Esta pesquisa contou com recurso do Edital de Chamada Pública Fapesc 48/2022 - Apoio à Infraestrutura para Grupos de Pesquisa da Udesc.

Os autores agradecem a colaboração dos servidores e servidoras da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura de Florianópolis.

## REFERÊNCIAS

- Braga, D. D. L., Bezerra, N. R., & Scalize, P. S. (2022). Proposição e aplicação de um índice de salubridade ambiental em aglomerados rurais. *Revista de Saude Publica*, 56, 44.
- Brasil. (2021). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Série Histórica*. Recuperado em 1 de novembro de 2022, de <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>.
- Cervantes, D. E. T., Martínez, A. L., Hernández, M. C., & Cortázar, A. L. G. (2018). Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: a critical review. *Waste Management*, 80, 51-63.
- Elsadig, H., Yassin, K. E. E., & Elseory, M. (2016). Development of composite performance index for solid waste management. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 10(4), 83-90.
- Ferreira, P. D. S. F., Motta, P. C., Souza, T. C., Silva, T. P., Oliveira, J. F., & Santos, A. S. P. (2016). Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. *Revista Internacional de Ciências*, 6(2), 214-229.
- Florianópolis. Comissão Especial de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de Florianópolis. (2019a). *Diagnóstico Participativo da Drenagem Urbana de Florianópolis*. Florianópolis: UFSC – PMF. 203 p.
- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. (2019b). *Estudo de Concepção do Esgotamento Sanitário de Florianópolis*. Florianópolis: PMF. 203 p.
- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. (2022a). *Floripa Se Liga na Rede*. Recuperado em 31 de dezembro de 2022, de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2M4ZDI0DctMWUzNS00NzFjLThkYzEtYzg5OWM1MzlkYjA3IiwidCI6IjdmNmM1M2I4LWU3YTtNGEYzIiNTY5LWVjOTgzOTBiMmZiOSJ9&pa>
- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. (2022b). *Residuômetro em Tempo Real*. Recuperado em 31 de dezembro de 2022, de <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/residuos/index.php?cms=residuometro+em+tempo+real&menu=0>.
- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. Secretaria de Infraestrutura. (2017). *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS do Município de Florianópolis*. Florianópolis: PMF.
- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental. (2011). *Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico*. Florianópolis: PMF - SMHSA. 299 p.

- Florianópolis. Prefeitura Municipal de Florianópolis. Secretaria Municipal de Infraestrutura. (2021). *Revisão do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico*. Florianópolis: PMF - SMI. 251 p.
- Hamui-Sutton, A., & Varela-Ruiz, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación En Educación Médica, México*, 2(5), 55-60.
- Kolsky, P., & Butler, D. (2002). Performance indicators for urban storm drainage in developing countries. *Urban Water*, 4(2), 137-144.
- Maccarini, M. B., & Henning, E. (2018). Indicadores de Salubridade Ambiental: uma análise sistemática. *Scientia Cum Industria*, 6(3), 44-49.
- Maiello, A., Paiva Britto, A. L. N., Mello, Y. R., & Oliveira Barbosa, P. S. (2015). (Un) used and (un) usable? The role of indicators in local decision-making. A Brazilian case study. *Futures*, 74, 80-92.
- Martell, H. F. (2022). Aplicación de un índice para la evaluación de la sustentabilidad de Sistemas de Saneamiento Rural en Leimebamba-Amazonas. *Espacio y Desarrollo*, 39, 1-27.
- Nirazawa, A. N., & Oliveira, S. V. W. B. D. (2018). Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. *Revista de Administração Pública*, 52, 753-763.
- Pereira, M. T., Silva, F. F., Gimenes, M. L., & Zanatta, O. A. (2015). Desenvolvimento de Indicador de Qualidade de Saneamento Básico Urbano (IQSBU) e aplicação em cidades paranaenses. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 8(1), 135.
- Pereira, T. S. T., & Heller, L. (2015). Planos municipais de saneamento básico: avaliação de 18 casos brasileiros. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 20, 395-404.
- Polaz, C. N. M., & Teixeira, B. A. D. N. (2009). Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 14, 411-420.
- Prearo, L. C., Maraccini, M. C., & Carmo Romeiro, M. (2015). Fatores determinantes do índice de desenvolvimento humano dos municípios do Estado De São Paulo. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 5(1), 132-155.
- Rubim, F. B. (2019). *Avaliação da vulnerabilidade natural e risco à contaminação do sistema aquífero Campeche, ilha de Santa Catarina - SC, Brasil* (Trabalho de Conclusão de Curso). Curso de Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Santa Catarina. Instituto de Meio Ambiente. (2022). *Balneabilidade*. Recuperado em 31 de dezembro de 2022, de <https://balneabilidade.ima.sc.gov.br/>
- Schwemlein, S., Cronk, R., & Bartram, J. (2016). Indicators for monitoring water, sanitation, and hygiene: a systematic review of indicator selection methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3), 333.
- Seghezze, L., Iribarnegaray, M. A., Liberal, V. I., Copa, F. R., Munizaga, G., León, H. E., & Ruiz, C. Y. (2010). Un índice de sustentabilidad para la evaluación integral de los sistemas de gestión del agua y el saneamiento. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14(1), 143-150.
- Silva, L., Prietto, P. D. M., & Korf, E. P. (2019). Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117802.
- Silva, V. A., & Esperidião, F. (2017). Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da região Nordeste. *Scientia Plena*, 13(10), 1-7.
- Silveira, R. B. (2012). *Princípios no planejamento em saneamento básico: estudo comparativo de três experiências brasileiras* (Tese de Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Sombrio, J. S. (2021). *Proposta de modificação do índice de drenagem urbana do PMISB de Florianópolis* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Suprayogi, H., Limantara, L. M., & Andawayanti, U. (2018). Service index modeling of urban drainage network. *International Journal Of Geomate*, 15(50), 95-100.
- Teixeira, D. A., Prado Filho, J. F., & Santiago, A. F. (2018). Indicador de salubridade ambiental: variações da formulação e usos do indicador no brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23(3), 543-556.
- Westarb, E. F. F. A. (2004). *Sistema Aquífero Sedimentar Freático Inglêses - SASFI: depósitos costeiros que te mantêm... ocupação que te degrada!* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Yang, W., & Zhang, J. (2021). Assessing the performance of gray and green strategies for sustainable urban drainage system development: a multi-criteria decision-making analysis. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126191.

Zaman, A. U. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36, 682-693.

**Contribuição dos autores:**

Alejandro Campos Castillo: planejou e executou a pesquisa. Elaborou o manuscrito.

Rodrigo Pinheiro Ribas: orientou a pesquisa, revisou o manuscrito e realizou correções.

**Anexo Tabela A1 – Fórmulas e variáveis propostas para calcular os indicadores de abastecimento de água de Florianópolis**

Indicadores	Fórmulas e variáveis
Cobertura do serviço público de abastecimento de água ( $I_{cobertura}$ )	$I_{cobertura} = \frac{P_{abastecida}}{P_{residente}}$
	$P_{abastecida} = U_{residenciais} \cdot T_{ocupação}$
	$P_{abastecida}$ : população atendida pelo serviço público de abastecimento de água na área avaliada
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$U_{residenciais}$ : quantidade de usuários (economias) residenciais na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Qualidade da água distribuída ( $I_{qualidade}$ )	$I_{qualidade} = \frac{\left(\frac{A_{CL}}{A_{CL,totais}}\right) + \left(\frac{A_{CT}}{A_{CT,totais}}\right) + \left(\frac{A_{Ec}}{A_{Ec,totais}}\right) + \left(\frac{A_{Tu}}{A_{Tu,totais}}\right) + \left(\frac{A_{NO}}{A_{NO,totais}}\right)}{5}$
	$A_{CL}$ : total de amostras de água da área avaliada com concentração de cloro residual de acordo com a legislação vigente
	$A_{CL,totais}$ : total de amostras analisadas para o parâmetro de cloro residual
	$A_{CT}$ : total de amostras de água da área avaliada com ausência de coliformes totais
	$A_{CT,totais}$ : total de amostras analisadas para o parâmetro de coliformes totais
	$A_{Ec}$ : total de amostras de água da área avaliada com ausência de Escherichia coli
	$A_{Ec,totais}$ : total de amostras analisadas para o parâmetro de Escherichia coli
	$A_{Tu}$ : total de amostras de água da área avaliada com turbidez de acordo com a legislação vigente
	$A_{Tu,totais}$ : total de amostras analisadas para o parâmetro de turbidez
	$A_{NO}$ : total de amostras de água da área avaliada com concentração de nitrato de acordo com a legislação vigente
	$A_{NO,totais}$ : total de amostras analisadas para o parâmetro de nitrato [Fontes: ARES, Secretaria Municipal da Saúde]
Continuidade do serviço público de abastecimento de água ( $I_{continuidade}$ )	$I_{continuidade} = 1 - \frac{(T_{interrupção,1} \times U_{atingidos,1}) + \dots + (T_{interrupção,n} \times U_{atingidos,n})}{U_{totais} \times 8760}$
	$T_{interrupção}$ : total de horas da interrupção (1, 2, ...n) do serviço de abastecimento de água na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$U_{atingidos}$ : total de usuários (economias) afetados pela interrupção (1, 2, ...n) do serviço de abastecimento de água na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$U_{totais}$ : total de usuários (economias) na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$n$ : total de interrupções do serviço de abastecimento de água na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Disponibilidade do recurso hídrico ( $I_{disponibilidade}$ )	$I_{disponibilidade} = \frac{\left(1 - \frac{QC_{manancial,1}}{QO_{manancial,1}}\right) + \dots + \left(1 - \frac{QC_{manancial,n}}{QO_{manancial,n}}\right)}{n}$
	Condição: Se $(QC_{manancial,n} / QO_{manancial,n}) > 1 \rightarrow I_{disponibilidade} = 0$
	$QC_{manancial}$ : vazão captada do manancial (1, 2, ...n) pelo sistema principal de abastecimento da área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$QO_{manancial}$ : vazão outorgada ou recomendada de uso de água do manancial (1, 2, ...n) [Fonte: SDE ou estudo técnico]
	$n$ : total de mananciais captados pelo sistema principal de abastecimento da área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Perdas totais de água ( $I_{perdas}$ )	$I_{perdas} = \left(1 - \frac{PE_{sistema,1}}{100}\right) \cdot \frac{\%M \cdot \%m}{10000}$
	$PE_{sistema}$ : porcentagem de perdas totais de água do sistema principal que abastece a área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$\%M$ : porcentagem de cobertura da macromedição do sistema principal que abastece a área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Consumo per capita de água ( $I_{percapita}$ )	$\Delta_{percapita}\% = \frac{\left(\frac{V_{consumida}}{P_{residente}}\right) - \left(\frac{V_{consumida,passado}}{P_{residente,passado}}\right)}{\left(\frac{V_{consumida,passado}}{P_{residente,passado}}\right)} \cdot 100$
	Condições:
	$\Delta_{percapita}\% \geq 0 \rightarrow I_{percapita} = 0$
	$-2,5 \leq \Delta_{percapita}\% < 0 \rightarrow I_{percapita} = 0,25$
	$-5,0 \leq \Delta_{percapita}\% < -2,5 \rightarrow I_{percapita} = 0,50$
	$-7,5 \leq \Delta_{percapita}\% < -5,0 \rightarrow I_{percapita} = 0,75$
	$\Delta_{percapita}\% < -7,5 \rightarrow I_{percapita} = 1,00$
$\Delta_{percapita}\%$ : mudança percentual do consumo per capita de água a respeito do último período de avaliação	

**Anexo Tabela A1 – Continuação...**

	$V_{\text{consumido}}$ : volume total de água consumido na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$P_{\text{residente}}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$V_{\text{consumido,passado}}$ : volume total de água consumido na área avaliada durante o último período de avaliação [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$P_{\text{residente,passado}}$ : população residente na área avaliada no último período de avaliação [Fonte: IBGE]
Dependência de mananciais sujeitos a intrusão salina ( $I_{\text{salinização}}$ )	$I_{\text{salinização}} = \left( \frac{Q_{\text{superficial}}}{Q_{\text{aquifero}} + Q_{\text{superficial}}} \right)$
	$Q_{\text{aquifero}}$ : vazão captada de aquíferos costeiros para alimentar o sistema de abastecimento de água da área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$Q_{\text{superficial}}$ : vazão captada de mananciais superficiais para alimentar o sistema de abastecimento de água da área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Impermeabilização de zonas aquíferas ( $I_{\text{impermeabilização}}$ )	$I_{\text{impermeabilização}} = 1 - \frac{A_{\text{urbanizada}}}{A_{\text{aquiferos}}}$
	Nota: se a área avaliada não tiver aquíferos utilizados para abastecimento de água, $I_{\text{impermeabilização}} = 1$
	$A_{\text{urbanizada}}$ : área urbanizada impermeável da zona avaliada localizada sobre mananciais subterrâneos (obtida por geoprocessamento) [Fontes: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, CPRM]
	$A_{\text{aquiferos}}$ : área total dos aquíferos utilizados para abastecimento de água dentro da zona avaliada (obtida por geoprocessamento) [Fontes: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, CPRM]
Ameaça de contaminação de aquíferos por esgotos ( $I_{\text{contaminação}}$ )	$I_{\text{contaminação}} = 1 - \frac{A_{\text{urb,semrede}}}{A_{\text{aquiferos}}}$
	Nota: se a área avaliada não tiver aquíferos utilizados para abastecimento de água, $I_{\text{contaminação}} = 1$
	$A_{\text{urb,semrede}}$ : área urbanizada da zona avaliada, sem serviços de esgotamento sanitário, localizada sobre aquíferos utilizados para abastecimento de água (obtida por geoprocessamento) [Fontes: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, CPRM, CASAN ou prestador respectivo]
	$A_{\text{aquiferos}}$ : área total dos aquíferos utilizados para abastecimento de água dentro da zona avaliada (obtida por geoprocessamento) [Fontes: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana, CPRM]
Reclamações do serviço de abastecimento de água ( $I_{\text{reclamações}}$ )	$I_{\text{reclamações}} = 1 - \left( \frac{R_{\text{agua}}}{R_{\text{agua,municipio}}} \cdot \frac{P_{\text{municipio}} - P_{\text{residente}}}{P_{\text{municipio}}} \right)$
	$R_{\text{agua}}$ : total de reclamações na área avaliada sobre o serviço de abastecimento de água [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$R_{\text{agua,municipio}}$ : total de reclamações no município sobre o serviço de abastecimento de água [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$P_{\text{residente}}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{\text{municipio}}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Sazonalidade do consumo de água ( $I_{\text{sazonalidade}}$ )	$I_{\text{sazonalidade}} = \frac{V_{\text{temporada,baixa}}}{V_{\text{temporada,alta}}}$
	$V_{\text{temporada,baixa}}$ : volume médio mensal de água consumida na área avaliada durante a temporada baixa, março-novembro [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$V_{\text{temporada,alta}}$ : volume médio mensal de água consumida na área avaliada durante a temporada alta, dezembro-fevereiro [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico ( $I_{\text{doenças}}$ )	$I_{\text{doenças}} = 1 - \left( \frac{C_{\text{doenças}}}{C_{\text{doenças,municipio}}} \cdot \frac{P_{\text{municipio}} - P_{\text{residente}}}{P_{\text{municipio}}} \right)$
	$C_{\text{doenças}}$ : total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$C_{\text{doenças,municipio}}$ : total de casos de dengue e leptospirose no município [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$P_{\text{residente}}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
Educação em uso responsável da água ( $I_{\text{educação}}$ )	$I_{\text{educação}} = \frac{E_{\text{agua}}}{\left( \frac{E_{\text{agua,municipio}}}{\left( \frac{P_{\text{residente}}}{P_{\text{municipio}}} \right)} \right)}$
	$E_{\text{agua}}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas na área avaliada (área temática de uso responsável da água) [Fontes: FLORAM, CASAN ou prestador respectivo]
	$E_{\text{agua,municipio}}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas no município (área temática de uso responsável da água) [Fonte: FLORAM, CASAN ou prestador respectivo]
	$P_{\text{residente}}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{\text{municipio}}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

**Anexo Tabela A2 – Fórmulas e variáveis propostas para calcular os indicadores de esgotamento sanitário de Florianópolis**

Indicadores	Fórmulas e variáveis
Cobertura do serviço de coleta e tratamento de esgotos ( $I_{cobertura,es}$ )	$I_{cobertura,es} = \frac{P_{tratamento}}{P_{residente}} \cdot L_{adequadas}$
	$P_{tratamento} = U_{residenciais} \cdot T_{ocupação}$
	$L_{adequadas} = \frac{E_{adequadas}}{E_{inspeccionadas}}$
	Condição: Se a área avaliada não tiver rede de coleta de esgoto, $L_{adequadas} = 1$
	$P_{tratamento}$ : população atendida pelo serviço público de coleta e tratamento de esgotos na área avaliada
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$L_{adequadas}$ : relação entre a quantidade de edificações com ligações adequadas às redes de esgoto e a quantidade de edificações inspeccionadas na área avaliada pelos programas de fiscalização respectivos
	$U_{residenciais}$ : quantidade de usuários (ligações) residenciais na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$T_{ocupação}$ : taxa de ocupação residencial na área avaliada [Fonte: IBGE]
Impacto ecológico por descarga de efluentes ( $I_{impactos}$ )	$I_{impactos} = \frac{P_{tratamento}}{P_{residente}} + \left(1 - \frac{P_{ETE}}{P_{residente}}\right)$
	$P_{tratamento} = U_{residenciais} \cdot T_{ocupação}$
	$P_{tratamento}$ : população atendida pelo serviço público de coleta e tratamento de esgotos na área avaliada
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{ETE}$ : população atendida por estações de tratamento de esgotos que descargam os efluentes em Unidades de Conservação ou nas suas bacias de contribuição [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$U_{residenciais}$ : quantidade de usuários (ligações) residenciais na área avaliada [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Balneabilidade ( $I_{balneabilidade}$ )	$I_{balneabilidade} = \frac{B_{próprias}}{B_{totais}}$
	Nota: se a área avaliada não tiver balneários, $I_{balneabilidade} = 1$
	$B_{próprias}$ : quantidade de ensaios realizados na área avaliada com resultado de balneabilidade “própria” [Fonte: IMA]
	$B_{totais}$ : total de ensaios de balneabilidade realizados na área avaliada [Fonte: IMA]
Sazonalidade da geração de esgotos ( $I_{sazonalidade,es}$ )	$I_{sazonalidade,es} = \frac{V_{temporada,baixa}}{V_{temporada,alta}}$
	$C_{temporada,baixa}$ : volume médio mensal de água consumida na área avaliada durante a temporada baixa, março-novembro [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$C_{temporada,alta}$ : volume médio mensal de água consumida na área avaliada durante a temporada alta, dezembro-fevereiro [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
Denúncias sobre esgotos ( $I_{denúncias}$ )	$I_{denúncias} = 1 - \left(\frac{D_{esgoto}}{D_{esgoto,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}}\right)$
	$D_{esgoto}$ : total de denúncias na área avaliada sobre esgotos [Fonte: CASAN ou prestador respectivo, Secretaria Municipal da Saúde]
	$D_{esgoto,município}$ : total de denúncias no município sobre esgotos [Fonte: CASAN ou prestador respectivo, Secretaria Municipal da Saúde]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico ( $I_{doenças}$ )	$I_{doenças} = 1 - \left(\frac{C_{doenças}}{C_{doenças,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}}\right)$
	$C_{doenças}$ : total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$C_{doenças,município}$ : total de casos de dengue e leptospirose no município [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Educação em tratamento e disposição adequada dos esgotos ( $I_{educação,es}$ )	$I_{educação,es} = \frac{E_{esgoto}}{E_{esgoto,município}} \cdot \left(\frac{P_{residente}}{P_{município}}\right)$
	$E_{esgoto}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas na área avaliada (área temática de tratamento e disposição adequada dos esgotos) [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$E_{esgoto,município}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas no município (área temática de tratamento e disposição adequada dos esgotos) [Fonte: CASAN ou prestador respectivo]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente do município [Fonte: IBGE]

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

**Anexo Tabela A3 – Fórmulas e variáveis propostas para calcular os indicadores de resíduos sólidos de Florianópolis**

Indicadores	Fórmulas e variáveis
Cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta ( $I_{cobertura,cs}$ )	$I_{cobertura,cs} = \left( \frac{A_{coleta}}{A_{urbana}} \right)$
	Acoleta: área urbanizada da zona avaliada atendida pelo serviço de coleta seletiva porta a porta [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente] Aurbana: área urbanizada total da zona avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana]
Cobertura dos pontos de entrega voluntária de resíduos ( $I_{PEV}$ )	$I_{PEV} = \frac{\left( \frac{PEV + Iso + Eco + Pil + Lam + Ole + Med + Com}{P_{município}} \right)}{\left( \frac{P_{residente}}{P_{município}} \right)}$
	Condição: caso seja obtido um valor superior a 1, $I_{PEV} = 1$
	PEV: quantidade de pontos de entrega voluntária de vidro na zona avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMMA]
	Iso: quantidade de pontos de entrega voluntária de isopor na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Eco: quantidade de Ecopontos na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Pil: quantidade de pontos de coleta de pilhas e baterias na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Lam: quantidade de pontos de entrega de lâmpadas na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Ole: quantidade de pontos de entrega de óleo de cozinha na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Med: quantidade de pontos de entrega de medicamentos vencidos na zona avaliada [Fonte: SMMA]
	Com: quantidade de comércios com coleta de vidro porta a porta [Fonte: SMMA]
	PC <sub>município</sub> : quantidade de pontos de entrega e coleta de resíduos no município [Fonte: SMMA]
	P <sub>residente</sub> : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE] P <sub>município</sub> : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Reciclagem ( $I_{reciclagem}$ )	$I_{reciclagem} = \frac{M_{reciclagem}}{M_{total} \cdot \frac{\%_{reciclável}}{100}}$
	M <sub>reciclagem</sub> : massa de resíduos coletada na área avaliada e enviada a processos de reciclagem [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	M <sub>total</sub> : massa total de resíduos coletada na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	% <sub>reciclável</sub> : porcentagem dos resíduos sólidos municipais que são recicláveis, de acordo com o estudo de caracterização mais recente [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
Compostagem ( $I_{compostagem}$ )	$I_{compostagem} = \frac{M_{compostagem}}{M_{total} \cdot \frac{\%_{compostável}}{100}}$
	M <sub>compostagem</sub> : massa de resíduos coletada na área avaliada e enviada a processos de compostagem [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	M <sub>total</sub> : massa total de resíduos coletada na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	% <sub>compostável</sub> : porcentagem dos resíduos sólidos municipais que são compostáveis, de acordo com o estudo de caracterização mais recente [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
Geração per capita de resíduos ( $I_{geração}$ )	$I_{geração} = \frac{1,1 \frac{kg}{(pessoa.dia)}}{\left( \frac{M_{dia}}{P_{residente}} \right)}$
	Condição: Se $(M_{dia}/P_{residente}) \leq 1,1 \text{ kg}/(pessoa.dia) \rightarrow I_{geração} = 1$
	M <sub>dia</sub> : massa média diária de resíduos coletada na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	P <sub>residente</sub> : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
Descarte irregular de resíduos ( $I_{irregularidade}$ )	$I_{irregularidade} = 1 - \left( \frac{D_{irregular}}{D_{irregular,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	D <sub>irregular</sub> : quantidade de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	D <sub>irregular,município</sub> : total de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos no município [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	P <sub>residente</sub> : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE] P <sub>município</sub> : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Reclamações e denúncias sobre resíduos sólidos ( $I_{reclamações,rs}$ )	$I_{reclamações,rs} = 1 - \left( \frac{R_{resíduos}}{R_{resíduos,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	R <sub>resíduos</sub> : total de reclamações e denúncias na área avaliada sobre resíduos sólidos [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	R <sub>resíduos,município</sub> : total de reclamações e denúncias no município sobre resíduos sólidos [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	P <sub>residente</sub> : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE] P <sub>município</sub> : população total residente no município [Fonte: IBGE]

**Anexo Tabela A3 – Continuação...**

Sazonalidade da geração de resíduos ( $I_{sazonalidade,rs}$ )	$I_{sazonalidade,rs} = \frac{M_{temporada,baixa}}{M_{temporada,alta}}$
	$M_{temporada,baixa}$ : massa média mensal de resíduos coletada na área avaliada durante a temporada baixa, março-novembro [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	$M_{temporada,alta}$ : massa média mensal de resíduos coletada na área avaliada durante a temporada alta, dezembro-fevereiro [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico ( $I_{doenças}$ )	$I_{doenças} = 1 - \left( \frac{C_{doenças}}{C_{doenças,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	$C_{doenças}$ : total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$C_{doenças,município}$ : total de casos de dengue e leptospirose no município [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Educação em temas de manejo de resíduos sólidos ( $I_{educação,rs}$ )	$I_{educação} = \frac{E_{resíduos}}{E_{resíduos,município} \left( \frac{P_{residente}}{P_{município}} \right)}$
	$E_{resíduos}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas na área avaliada (área temática de manejo de resíduos sólidos) [Fonte: FLORAM]
	$E_{resíduos,município}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas no município (área temática de manejo de resíduos sólidos) [Fonte: FLORAM]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

**Anexo Tabela A4 – Fórmulas e variáveis propostas para calcular os indicadores de manejo de águas pluviais de Florianópolis**

Indicadores	Fórmulas e variáveis
Risco de desastre por inundação ( $I_{inundação}$ )	$I_{inundação} = 1 - \frac{P_{inundação}}{P_{residente}}$
	$P_{inundação}$ : população da área avaliada localizada sobre áreas suscetíveis a inundação (estimada por geoprocessamento) [Fontes: IBGE, Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
Alagamentos (Alagamentos)	$I_{alagamentos} = 1 - \left( \frac{Al}{Al_{município}} \cdot \frac{A_{urb,município} - A_{urb}}{A_{urb,município}} \right)$
	Al: quantidade de alagamentos registrada na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	$Al_{município}$ : quantidade de alagamentos registrada no município [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	$A_{urb}$ : área urbanizada da zona avaliada (obtida por geoprocessamento) [Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana]
	$A_{urb,município}$ : área urbanizada total do município (obtida por geoprocessamento) [Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Inteligência Urbana]
Afetação da população por eventos hidrológicos ( $I_{afetação}$ )	$I_{afetação} = 1 - \left( \frac{P_{afetada}}{P_{afetada,m}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	$P_{afetada}$ : população da área avaliada que ficou desabrigada, desalojada ou realocada devido a eventos hidrológicos [Fontes: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Defesa Civil]
	$P_{afetada,m}$ : população total do município que ficou desabrigada, desalojada ou realocada devido a eventos hidrológicos [Fontes: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Defesa Civil]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Reclamações sobre manejo de águas pluviais ( $I_{reclamações,pl}$ )	$I_{reclamações,pl} = 1 - \left( \frac{R_{pluviais}}{R_{pluviais,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	$R_{pluviais}$ : total de reclamações na área avaliada sobre manejo de águas pluviais [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	$R_{pluviais,município}$ : total de reclamações no município sobre manejo de águas pluviais [Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total do município [Fonte: IBGE]
Doenças relacionadas à ineficiência dos serviços de saneamento básico ( $I_{doenças}$ )	$I_{doenças} = 1 - \left( \frac{C_{doenças}}{C_{doenças,município}} \cdot \frac{P_{município} - P_{residente}}{P_{município}} \right)$
	$C_{doenças}$ : total de casos de dengue e leptospirose na área avaliada [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$C_{doenças,município}$ : total de casos de dengue e leptospirose no município [Fonte: Secretaria Municipal da Saúde]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]
Educação em temas de manejo de águas pluviais ( $I_{educação,pl}$ )	$I_{educação,pl} = \frac{E_{pluviais}}{\left( \frac{P_{residente}}{P_{município}} \right)}$
	$E_{pluviais}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas na área avaliada (área temática de manejo de águas pluviais) [Fonte: FLORAM]
	$E_{pluviais,município}$ : quantidade de ações e atividades de educação ambiental desenvolvidas no município (área temática de manejo de águas pluviais) [Fonte: FLORAM]
	$P_{residente}$ : população residente na área avaliada [Fonte: IBGE]
	$P_{município}$ : população total residente no município [Fonte: IBGE]

Fonte: elaborado pelo autor (2023).