

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

Dissertação de Mestrado

GESTÃO COMPARATIVA DE SISTEMAS DE COLETA E
TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO A UNIVERSALIZAÇÃO
E A SUSTENTABILIDADE

Márcio Tochetto

Passo Fundo

2021



CIP – Catalogação na Publicação

T631g Tochetto, Márcio

Gestão comparativa de sistemas de coleta e tratamento de esgoto visando a universalização e a sustentabilidade [recurso eletrônico] / Márcio Tochetto. – 2021.

2.3 MB ; PDF.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Londero Brandli.

1. Saneamento. 2. Universalização. 3. Esgotos - Tratamento. 4. Sustentabilidade. I. Brandli, Luciana Londero, orientadora. II. Título.

CDU: 628.3

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

**GESTÃO COMPARATIVA DE SISTEMAS DE COLETA E
TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO A UNIVERSALIZAÇÃO
E A SUSTENTABILIDADE**

Márcio Tochetto

Dissertação de mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Banca examinadora

Professora Dr^a. Luciane Londero Brandli, PPGEng/UPF

Orientadora

Professor Dr. Daniel Costa dos Santos, UFPR

Examinador externo

Professor Dr. Vandrê Barbosa Brião, PPGEng/UPF

Examinador interno

Professora Dr^a. Vera Maria Cartana Fernandes, PPGEng/UPF

Examinadora interna

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de muita dedicação e esforço. Por definição sabemos que não conseguimos construir grandes projetos sozinhos, nem tampouco para um único indivíduo. Neste sentido, a obra ao chegar no final de seu objetivo percorreu por diversos caminhos e contou com diversas contribuições, algumas sendo com enfoque direto no conteúdo e outras na forma de suporte, seja técnico, de logística, de recursos, de afeto, espiritualidade, enfim. Desta forma, seguem alguns agradecimentos especiais:

A minha família, em especial minha esposa Fabiane e filhas Laura e Valentina, que estiveram ao meu lado nesta jornada trazendo todo o conforto e incentivo necessário, bem como a aceitação das restrições familiares impostas pela carga do projeto.

Aos meus pais e avós pelo simples fato da existência, além de servir de fonte de inspiração e busca por evolução.

A minha orientadora Professora Dr^a. Luciana L. Brandli, que esteve desde o início do desenvolvimento do trabalho, conduzindo e delineando os melhores caminhos a seguir, sempre cordial e atenciosa.

A banca examinadora, que contribuiu de forma significativa quanto a condução do trabalho para que se obtivesse este resultado.

A todos os professores e colegas do PPGEng/UPF.

“Seja a diferença que quer ver no futuro.”

Adaptado de Mahatma Gandhi

RESUMO

O saneamento básico esteve presente ao longo de toda evolução da espécie humana. Por vários períodos houve descaso com esse serviço, e como consequência, sempre foi seguido por grandes epidemias, aparecimento de novas doenças contagiosas e grandes taxas de mortalidades populacionais. Assim uma relação direta entre a qualidade do saneamento e o surgimento de epidemias tem sido evidenciada. Os anos, as décadas e os séculos se passaram e o setor ainda apresenta baixos índices de prestação deste serviço e poucas perspectivas de atendimento no curto e médio prazo são vislumbradas no Brasil. Neste cenário, esta pesquisa tem como objetivo discutir e comparar alternativas entre os tipos de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto, coletivos ou individuais, que possam ter viabilidade econômica e alcançar as expectativas dos governantes, administradores e sociedade em geral quanto ao atendimento dos níveis desejados de cobertura. Os procedimentos metodológicos foram divididos em caracterização dos tipos de sistemas, sejam sistemas coletivos: separador absoluto, unitário ou misto; ou sistemas individuais; identificação das formas de gerenciamento dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto, sistema simples ou sistema composto; discussão da regulação e legislação aplicada e a aceitabilidade da população quanto a contrapartida a que será submetida. A pesquisa está vinculada a literatura atual e contemporânea, dados de empresas que prestam serviço de saneamento básico – esgotamento sanitário -, nacionais e internacionais, periódicos, artigos científicos e demais fontes relevantes ao trabalho. Os aspectos sociais, econômicos e ambientais estão inseridos no estudo como parte essencial no embasamento das alternativas propostas, sendo seu equilíbrio o ponto ideal a ser considerado. Estudo de melhores práticas, traçar fluxos de gestão que compreendam as etapas de planejamento, implantação, execução, operação e manutenção fazem parte do escopo da pesquisa. Nesta seara, foi detalhado o diagnóstico do setor no Brasil, apresentando as distinções quanto ao nível de investimento e a qualidade no sistema gerencial e seu reflexo nos níveis de atendimento, bem como a qualidade e os impactos na sociedade, na economia e no meio ambiente. Os valores *percapita* ou por domicílio fornecem subsídios aos interessados para tomadas de decisões quanto a escolha de qual sistema aplicar. Uma síntese geral pode ser obtida com vistas a aspectos geográficos, populacionais ou culturais locais com interferência na análise e proposição com perspectivas financeiras claras em relação ao objetivo a atender.

Palavras-chave: sustentabilidade; universalização; saneamento básico.

ABSTRACT

Basic sanitation has been present throughout the evolution of the human species. For several periods there was disregard for this service, and as a consequence, it was always followed by major epidemics, the appearance of new contagious diseases and high population mortality rates. Thus, a direct relationship between the quality of sanitation and the emergence of epidemics has been evidenced. The years, decades and centuries have passed and the sector still has low rates of provision of this service and few prospects of service in the short and medium term are glimpsed in Brazil. In this scenario, this research aims to discuss and compare alternatives between the types of sewage collection, transportation and treatment systems, collective or individual, that can provide economic viability and reach the expectations of government officials, administrators and society in general regarding the service desired coverage levels. The methodological procedures were divided into characterization of the types of systems, whether collective systems: absolute, unitary or mixed separator; or individual systems; identification of ways of managing sewage collection and treatment systems, simple or composite systems; discussion of regulation and applied legislation and the acceptability of the population as to the counterpart to which it will be submitted. The research is linked to current and contemporary literature, data from companies that provide basic sanitation services - sanitary sewage -, national and international, journals, scientific articles and other sources relevant to the work. The social, economic and environmental aspects are inserted in the study as an essential part in the basis of the proposed alternatives, its balance being the ideal point to be considered. Study of best practices, drawing up management flows that comprise the stages of planning, implementation, execution, operation and maintenance are part of the scope of the research. In this area, the diagnosis of the sector in Brazil was detailed, presenting the distinctions regarding the level of investment and the quality in the management system and its reflection in the service levels, as well as the quality and impacts on society, the economy and the environment. Percapita or per-household values provide input to stakeholders for decision making regarding the choice of which system to apply. A general synthesis can be obtained with a view to geographic, population or local cultural aspects with interference in the analysis and proposition with clear financial perspectives in relation to the objective to be served.

Keywords: sustainability; universalization; sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema conceitual dos efeitos do abastecimento de água e esgotamento sanitário sobre saúde.	28
Figura 2: Diagrama de efeitos positivos e negativos do saneamento sobre a saúde e o meio ambiente.	29
Figura 3: Diferenças regionais percentuais quanto a coleta e tratamento de esgoto (%).	31
Figura 4: Indicação de investimentos de 2011 a 2019 no setor do Saneamento no Brasil.	34
Figura 5: Linha evolutiva dos ODSs.	35
Figura 6: Gradiente de sistema de tratamento de esgoto, relacionado a ser centralizado ou descentralizado.	42
Figura 7: Exemplo de Sistema Separador Absoluto de Esgotamento Sanitário.	44
Figura 8: Exemplo de Sistema Unitário de Esgotamento Sanitário.	46
Figura 9: Variação da vazão em período seco e úmido em um sistema combinado.	47
Figura 10: Exemplo de Sistema Misto de Esgotamento Sanitário.	50
Figura 11: Fluxograma de Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Sanitário.	51
Figura 12: Correlação Coleta e Tratamento de Esgoto x IDH.	59
Figura 13: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a América do Norte e Europa.	60
Figura 14: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a América Latina e Caribe.	61
Figura 15: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a África do Norte e Ásia Central.	63
Figura 16: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a África Subsaariana.	64
Figura 17: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Ásia Central e Sul.	64
Figura 18: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Oceania.	65
Figura 19: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Austrália e Nova Zelândia.	65
Figura 20: Fluxograma do procedimento metodológico.	70
Figura 21: Percentual de custo por parte do sistema.	71
Figura 22: Distribuição normal dos dados da amostra.	79

Figura 23: Fluxograma de delineamento de ações pontuais.....	84
Figura 24: Alternativas de gestão para empreender sistema de esgotamento sanitário.....	85
Figura 25: Expectativa de custos por faixa de escala de economias.	85
Figura 26: Curva de tendência sobre todo grupo amostral.....	86
Figura 27: Demonstrativo de custo por tamanho de sistema - Individual.	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação de vazão máxima de efluente à ETE durante a precipitação.	49
Quadro 2: Arquitetura institucional do saneamento em perspectiva comparada no cenário internacional.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: INCC - Períodos e Acumulado.....	72
Tabela 2: Dados base para determinação dos custos por unidade, considerando EL; REDE; ETE simultâneas.....	73
Tabela 3: Resultados das análises dos dados coletados para sistema coletivo tipo separador absoluto.....	78
Tabela 4: Bases de custos Sistema Individual – Tipo unifamiliar em concreto pré-moldado.	80
Tabela 5: Bases de custos Sistema Individual – Tipo unifamiliar em concreto moldado no local.	82
Tabela 6: Comparativo de custos entre os tipos construtivos de sistemas individuais de tratamento de esgoto para 5 pessoas.....	83
Tabela 7: Síntese comparativa de custos médios de instalação por tipo de sistema.	83
Tabela 8: Bases de custos Sistema Individual – Tipo multifamiliar em concreto pré-moldado.	87
Tabela 9: Bases de custos Sistema Individual – Tipo multifamiliar em concreto moldado no local.	88
Tabela 10: Comparativo de custos entre os tipos construtivos de sistemas individuais de tratamento de esgoto para 105 pessoas.....	89
Tabela 11: Tarifa para limpeza de tanque séptico no regime programado.....	92

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1.	PROBLEMAS DA PESQUISA.....	15
1.2.	JUSTIFICATIVAS.....	18
1.3.	OBJETIVOS.....	21
1.3.1.	Objetivo Geral	21
1.3.2.	Objetivos Específicos	21
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1.	História do Saneamento Básico.....	22
2.2.	O Saneamento Básico e a Saúde	27
2.3.	Políticas Públicas de Saneamento Básico	30
2.4.	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6	34
2.5.	Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgoto	39
2.5.1.	Sistemas Coletivos.....	43
2.5.1.1.	Separador Absoluto	44
2.5.1.2.	Sistema Unitário.....	46
2.5.1.3.	Sistema Misto.....	49
2.5.2.	Sistemas Individuais	511
2.6.	Sistema de Drenagem Urbana.....	52
2.7.	O Cenário Internacional no Setor.....	55
2.8.	A Regulamentação do Setor no Brasil	666
2.8.1.	Legislações	66
2.8.2.	Normas Técnicas	67
3.	METODOLOGIA.....	68
3.1.	Caracterização da Pesquisa	68
3.2.	Delineamento Metodológico	68

4. RESULTADOS	71
4.1. Relação econômica por tipo de sistema	71
4.2. Relação entre população e custo por tipo de sistema	84
4.3. Propostas de operacionalização de cada tipo de sistema.....	90
CONCLUSÕES.....	93
RECOMENDAÇÕES.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

1. INTRODUÇÃO

Segundo definição da Organização Mundial da Saúde – OMS (2019), “saúde é o estado de completo bem-estar físico, mental e social, não significando apenas ausência de doença”, não sendo um fenômeno isolado, mas sim o resultado das condições de entorno onde a população vive. Neste sentido, é imprescindível a necessidade de juntar esforços no sentido de melhorar a Saúde Pública. Neste contexto, destaca-se a importância sanitária e ambiental dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto para a proteção e preservação do meio ambiente visando seus reflexos na saúde da população.

A relação entre os Sistemas de Abastecimento de Água e os Sistemas de Esgotamento Sanitário é muito próxima pelo fato de que o segundo é o resíduo ou subproduto do primeiro. Logo, nas comunidades atendidas por redes de abastecimento de água e carentes de um sistema de esgotamento sanitário, as águas servidas acabam contaminando o solo, as águas superficiais e freáticas, escoando muitas vezes por valas e sarjetas, constituindo um forte ponto de criação, proliferação e disseminação de doenças e seus vetores transmissores.

O planejamento dos serviços de saneamento básico é uma atividade originária dos municípios, porém compete à união instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, considerando habitação, saneamento básico e transportes urbanos (BRASIL, 1988). Tal definição se baseia na teoria do interesse local, onde preconiza que os serviços públicos devem ser planejados e prestados pela administração pública que estiver mais próxima da demanda (BRASIL, 1988).

Embora se estabeleça a necessidade de realizar esta atividade por força de lei, o planejamento tem um potencial de gerar benefícios de economia de escala e possibilitar que desigualdades e externalidades negativas sejam evitadas. O saneamento básico tem seus resultados refletidos nos principais eixos da sociedade moderna, sejam, social, econômico e ambiental.

O esgotamento sanitário é tido como o maior problema relacionado ao saneamento básico no mundo e não é diferente no Brasil, é a principal preocupação e objeto deste estudo, com enfoque em sistemas mais econômicos para coleta e tratamento de esgoto e em especial a operação controlada da solução individual de tratamento.

Havendo importante déficit a suprir, com impactos negativos e ônus à sociedade, a maioria dos municípios, titulares dos serviços de saneamento, concentra suas ações com vistas a garantir a universalização do acesso ao esgotamento sanitário nas soluções coletivas. Todavia,

a adoção de sistemas coletivos, predominantemente pela implantação de grandes infraestruturas, implica, para impactar nessa realidade de déficits, em grande aporte de recursos orçamentários e extra orçamentários, nem sempre de fácil acesso e a disposição a todos municípios. Ainda que tenha havido avanços legais e institucionais no setor, as metas constantes nos planos de saneamento tendem, por isso, a não se concretizar, permanecendo a lógica das soluções precárias de esgotamento sanitário e pouco se evoluindo para melhoria no cenário de grande carência existente no país (SANTOS, 2021).

É bem clara e entendida a necessidade e importância do saneamento básico para assegurar a dignidade da pessoa humana e para o desenvolvimento social, econômico e ambiental. A dificuldade de aplicação de critérios econômico-financeiros num sistema ideal, direciona os esforços para soluções alternativas, inevitavelmente de médio e curto prazo, para acelerar o caminho no sentido a universalização do saneamento básico – esgotamento sanitário. O estímulo ao uso de soluções individuais é visto como uma saída realizável a curto prazo e com relação econômico-financeira mais próxima da realidade brasileira. Neste sentido, o tema saneamento básico, e especialmente o esgotamento sanitário, possui relevância bastante ampla para a sociedade, embora, por muitos não percebida e priorizada (IBOPE/ITB, 2012).

Diferentemente das fossas rudimentares e outras formas precárias de coleta e tratamento de esgoto, as soluções individuais, apesar de atenderem apenas uma economia ou pequenos agrupamentos habitacionais, são sistemas respaldados por normas técnicas (ABNT) e possuem a capacidade de atender os padrões sanitários regulamentares, por esse motivo devem ser instaladas, operadas e geridas para serem considerados como meios adequados de esgotamento sanitário (NBR 7229, 1993; NBR 13969, 1997).

Entende-se que os indicadores de universalização, quanto a cobertura da coleta e tratamento de esgoto, possuem um potencial para dar um grande salto em seu nível de atendimento, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário, com o advento da regularização do serviço público através da solução individual de forma pioneira no Rio Grande do Sul, através das resoluções RN 50 AGERGS (2019) e RN 42 AGERGS (2018).

1.1. PROBLEMAS DA PESQUISA

O acesso ao serviço de coleta e tratamento de esgoto no Brasil possui índices bastante alarmantes. Não bastassem esses números, ao se observar os níveis necessários de investimento para atingimento das metas estipuladas na Agenda 2030 ou no Plano Nacional de Saneamento

Básico (Plansab), o montante empenhado é praticamente a metade do mínimo necessário segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2019). Estudo do Instituto Trata Brasil (ITB, 2019), que é uma OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, e é formado por empresas com interesse nos avanços do saneamento básico e na proteção dos recursos hídricos e presta informações de forma livre desde 2017 aos cidadãos, além de desenvolver e manter projetos sociais em comunidades vulneráveis ao saneamento básico indicam uma tendência de diminuição dos valores destinados para esse setor. Neste cenário, para alcançar a universalização deste serviço, mantendo os níveis necessários de investimento, ao invés de serem alcançados em 2030, estima-se que serão em 2060, ou seja, 30 anos após o previsto.

Há uma desigualdade quanto ao consumo de água potável *per capita* nas diferentes regiões do Brasil, pois de acordo com o mesmo estudo (ITB, 2019), na média nacional foi consumido 162,0 litros por habitante por dia, sendo 187,9 no Sudeste e 118,9 litros por habitante por dia no Nordeste. Cabe salientar que há estreita e inseparável relação entre o consumo de água tratada e a produção de esgoto.

Se por um lado há necessidade de disponibilizar água tratada para todos, por outro lado vive-se uma diminuição na disponibilidade de mananciais. Segundo Santos (2002), observa-se uma iminente exaustão dos recursos hídricos, seja pelo aumento da demanda ou pela poluição cada vez mais acentuada dos mesmos. Complementa que há viabilidade de atendimento das duas necessidades, porém deve-se atuar com racionalidade de consumo e preservação dos mananciais, em outras palavras praticar a sustentabilidade.

Quanto ao esgotamento sanitário, o cenário apresentado é muito pior, pois apenas 54,1% da população urbana tem acesso a coleta de esgoto sanitário. Ainda, nas 100 maiores cidades do Brasil, 3,5 milhões de residências possuem disponibilidade de rede e mesmo assim despejam o esgoto de forma irregular. Nas 89 maiores cidades brasileiras, 91% dos esgotos gerados em ocupações irregulares não são coletados, e do total que é direcionado para as redes coletoras, apenas 42,50% é tratado (ITB, 2019), refletindo também das grandes diferenças de investimento nas diferentes regiões do país.

A média de tratamento de esgoto nas 100 maiores cidades do Brasil é de 50,26%, e apenas 10 delas tratam acima de 80% dos seus esgotos. O estudo (ITB, 2019) mostra ainda que aproximadamente 4 milhões de brasileiros não têm acesso a banheiro.

Em relação a esses serviços no Estado do Rio Grande do Sul, 87,18% da população urbana possui disponibilidade e acesso a água tratada. No que se refere ao esgotamento sanitário, o Estado possui 24% do sistema atendido por soluções individuais e 53% por redes coletoras, onde apenas metade deste volume é tratados segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019). Deve-se observar que esses dados são de 2013. Pessoa (2019) acrescenta que entre os 100 maiores municípios do país, quanto ao número de habitantes, dois destes que figuram entre os piores são gaúchos, Canoas e Gravataí.

No campo do saneamento básico encontram-se diversos setores com maior ou menor índice de atendimento. Pode-se considerar de forma razoável ao atendimento relativo abastecimento de água, em média no Brasil em seu perímetro urbano, recolhimento e disposição pouco apropriado de resíduos sólidos, e baixos índices quanto ao atendimento dos sistemas de esgotamento pluvial e sanitário.

O relatório pioneiro das Nações Unidas de 1954 avançou a ideia de que a renda *per capita* não deveria ser encarada como o único indicador para medir o bem-estar social. A ampla literatura que seguiu convergiu na formação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), assumido em 1990 pela Organização das Nações Unidas (ONU). O IDH reúne além do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, indicadores de saúde, expectativa de vida, educação, entre outros. Nota-se que esses indicadores possuem relação direta com o atendimento do saneamento (ITB, 2019).

Segundo a ONU (2019), para cada unidade de valor empregada no saneamento básico, obtém-se uma economia de quatro vezes essa mesma unidade em saúde. No contexto ambiental, ocorre de forma direta a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo. O manejo inadequado favorece o surgimento e a proliferação de vetores transmissores de doenças.

Segundo Barros (2019), durante a história do saneamento no Brasil existiram fatores que dificultaram seu progresso ao longo dos anos. Cita ainda alguns obstáculos que impediram, e ainda impedem, que o desenvolvimento dessa área não tenha atingido crescimento expressivo durante esse período, são eles:

- a. A falta de planejamento adequado;
- b. O volume insuficiente de investimentos;
- c. Deficiência na gestão das empresas prestadoras de serviços de saneamento;
- d. A baixa qualidade técnica dos projetos e a dificuldade para obter financiamentos e licenças para as obras.

A amplitude e complexidade em torno do tema “saneamento básico” é bastante diversificada, e neste sentido, torna-se pretensiosa a intenção de abordar o problema por completo. Esta dissertação focaliza sua pesquisa em discutir parte desse processo, ou seja, centra sua discussão no ramo do esgotamento sanitário voltado a alternativas individuais de sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

A pesquisa, no entanto, concentra seus esforços na seguinte questão: A solução individual para o esgotamento sanitário, com controle, operação e tarifação pública, pode ser uma alternativa aos sistemas coletivos, em especial ao separador absoluto, com vistas a alavancar o nível de atendimento do setor?

1.2. JUSTIFICATIVAS

Atualmente o termo “sustentabilidade” está no centro das principais discussões da sociedade moderna. O termo abrange e se entrelaça nos três principais eixos de desenvolvimento que são a base para seu sucesso, sejam o eixo social, o ambiental e o econômico, onde o equilíbrio entre eles deve existir para que de fato a sustentabilidade possa ser percebida.

Nesta linha, foram definidos 17 objetivos do desenvolvimento sustentável – ODS – (ONU, 2015), que representam uma agenda global no sentido de buscar um alinhamento planetário visando a prosperidade, a igualdade e a paz universal. Esses 17 ODS possuem 169 metas que abrangem todos os setores da sociedade e seu atendimento deve ser alcançado em 2030.

Os 17 ODS são a evolução dos 11 ODM (Objetivos do Desenvolvimento do Milênio) e pretendem dar continuidade, nos campos onde as metas não foram alcançadas, e detalha melhor outros setores não contemplados anteriormente. O atendimento deste programa humanitário, com metas ousadas e transformadoras são urgentemente necessárias para direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente (ONU, 2015).

A Agenda 2030 possui um objetivo específico que trata do saneamento, o ODS 6. No entanto há uma estreita relação com outros objetivos, por exemplo, o ODS 14, que trata sobre a vida na água, o ODS 12, produção e consumo responsáveis, o ODS 3 que trata sobre saúde e bem-estar. De forma mais distante, talvez indiretamente, há inter-relação com todos os ODS, uns com maior impacto e outros nem tanto, mas todos interagindo entre si (ONU, 2015). Há um tópico específico para tratar sobre o ODS 6 nesta pesquisa.

Segundo dados do SNIS (2019), 54,1% dos brasileiros possuem acesso a rede de esgoto. Esse percentual representa quase 100 milhões de brasileiros sem a prestação deste serviço, considerando a população urbana somente. Em 2017, mais de 257 mil internações tiveram como causa doenças de veiculação hídrica (SNIS, 2017).

A falta do serviço adequado de saneamento básico, especialmente a coleta de esgoto é considerada como um dos fatores de diminuição do aprendizado, evasão escolar e baixo rendimento educacional. No Brasil cerca de 13 milhões de crianças e adolescentes não possuem acesso a esse tipo de serviço (SNIS, 2017).

Em relação a precariedade neste campo do saneamento, o “Ranking do Saneamento 2019” do Instituto Trata Brasil, aponta que 3,1% das crianças e dos adolescentes não possuem banheiro em casa e das 100 maiores cidades do país, 36 delas tem menos de 60% da população com coleta de esgoto.

Se no Brasil 54,1% dos brasileiros possuem disponibilidade de rede coletora de esgoto, há grandes diferenças quanto a distribuição regional em relação a prestação deste serviço. Enquanto na região sudeste possui índices mais adequados, a região norte tem os piores indicadores, ultrapassando em pouco dez pontos percentuais de sua população urbana (SNIS, 2019).

Em 2007 foi aprovado o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Esse plano prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto no ano de 2033. No entanto, com o ritmo atual dos investimentos no setor o nível esperado para universalização somente será alcançado no ano de 2060, é o que projeta a CNI (2019).

A CNI (2019) aponta ainda que quanto maior a demora para a universalização deste serviço, mais aumentam os gastos evitáveis do país com saúde, haja visto, que sua falta provoca diretamente a incidência de uma série de doenças, tais como leptospirose, desintéria bacteriana, esquistossomose, febre tifoide, cólera, além de perdas em produtividade do trabalho, contaminação do solo e da água, enfim diversos fatores negativos e prejudiciais ao desenvolvimento humano.

O Instituto Trata Brasil (2019) aponta como uma causa da dificuldade da ampliação do serviço a má qualidade dos projetos e os erros recorrentes. São fatores que explicam o atraso ou mesmo a paralisação das obras em saneamento. Esses estudos não levam em consideração a estrutura do solo, os índices pluviométricos do município ou o plano de ordenamento territorial, ou seja, quanto a cidade vai crescer e para onde. Ao suprimir esses dados, perde-se

previsibilidade de projeto, subdimensionando a rede e conseqüentemente a sua capacidade de absorver futuros incrementos e contribuições advindas ao sistema derivados do crescimento ou expansão urbana.

O mesmo instituto aponta que não há falta de recursos disponíveis para as obras, pois no início de 2018, o saneamento tinha R\$ 6 bilhões disponíveis no orçamento do fundo. A principal fonte de financiamento do setor são os recursos advindos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço) através da Caixa Econômica Federal. No final deste mesmo ano o valor foi revisto e obteve uma forte redução de 33% do valor inicialmente previsto, ficando em R\$ 4 bilhões, ocorre que mesmo assim, apenas 69,6% deste valor residual, ou seja, R\$ 2,76 bilhões foram emprestados pelo agente financeiro para aplicação no sistema de esgotamento sanitário. Um comparativo com o setor da construção remete para um cenário diferente, onde praticamente todo o recurso disponibilizado é emprestado.

Segundo o FGTS(2018), há uma quantidade maior de obras paralisadas ou atrasadas no setor do saneamento, comparado com a habitação e demais setores da infraestrutura. Isso nos remete para as deficiências de projeto e seu gerenciamento, culminando assim no setor mais crítico da infraestrutura do país. É detalhado neste estudo que no ano de 2018, de um total de 711 obras com *status* de paralisadas ou atrasadas, 375 delas pertenciam ao setor de saneamento; 251 do setor de habitação e 85 da infraestrutura geral. Estes dados mostram que mais da metade das obras com problemas são derivadas do setor que mais necessita que elas sejam entregues e tenham a efetivação de seu funcionamento.

Um ganho de eficácia na gestão, com proposição de alternativas de viabilidade no curto prazo, propiciará um resultado significativo quanto aos índices de atendimento deste serviço, além de melhorar de forma indireta a saúde da população e um aumento dos níveis educacionais. Outro indicador alçado junto refere-se a força de trabalho, pois com a diminuição da exposição a fatores de contágio por doenças de veiculação hídrica, tem-se a tendência de extinção ou pelo menos diminuição drástica das internações ou afastamento do trabalho por essas causas.

Por convenção, em tempos passados, a coleta, afastamento e tratamento de esgoto deveria ocorrer somente através de sistema coletivo com separação absoluta, proposição amplamente definida como solução na grande maioria dos Planos Municipais de Saneamento. No entanto, não se verificou viabilidade econômica ou técnica para a maioria deles, principalmente nos municípios de médio e pequeno porte. As agências reguladoras dos serviços públicos e os órgãos licenciadores já consideram novas formas e meios de atendimento do

sistema em suas resoluções mais recentes (RN 50 AGERGS, 2019 e RN 42 AGERGS, 2018). Isto posto, tem-se como premissa desta pesquisa definir uma sistemática de avaliação sobre qual a melhor alternativa, segundo análises técnicas e econômicas, para atendimento dos serviços de coleta e tratamento de esgoto.

Andrade Neto (1997) diz que não há um sistema de tratamento de esgotos que possa ser indicado como a melhor proposta para quaisquer condições, mas que a busca por uma solução que se adapte às condições locais e aos objetivos de cada caso proporcione uma melhor relação custo/benefício e garanta a eficiência no seu atendimento. Portanto, esta pesquisa pretende trabalhar diferentes cenários, obtendo indicadores para auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Dito isso, fica evidente a necessidade de conhecer os problemas e sugerir alternativas para enfrentamento das dificuldades para avançar e melhorar significativamente os índices de atendimento dos serviços de coleta, transporte e tratamento de esgoto, sejam de forma coletiva ou individual.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Discutir e comparar alternativas entre os sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto coletivos e individual, que possam ter viabilidade econômica e alcançar as expectativas dos governantes, administradores e sociedade em geral quanto ao atendimento dos níveis desejados de cobertura.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a. Apresentar a relação econômica entre os diferentes tipos de sistemas de coleta e tratamento de esgoto;
- b. Apresentar a relação econômica de escala para cada sistema levando em consideração o tamanho do sistema – número de economias;
- c. Apresentar dados de viabilidade técnica/econômica para um avanço na instalação, manutenção e operação em sistemas de coleta e tratamento de esgoto, especialmente no sistema individual de tratamento, gerenciado pelo prestador de serviço público.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. História do Saneamento Básico

Já nos tempos mais remotos, desde que aglomerações de comunidades começaram a ser formadas, a coleta de águas servidas, hoje chamadas de esgoto sanitário, era objeto de preocupação e quem sabe de planejamento. Galerias de esgoto eram construídas em Nipur – Índia – e na Babilônia em meados de 3.750 a.C. Em 3.100 a.C. já eram empregadas manilhas de cerâmica para essa finalidade (Netto, 1984).

Durante a Idade Antiga (antes de 476 a.C.), o homem aprendeu que a água suja e o acúmulo de lixo disseminavam doenças. Assim, era preciso desenvolver algumas técnicas para obter água limpa e livrar-se dos resíduos. Foi assim que se deu início a ideia de saneamento básico. Além disso, “*Sanear*” é uma palavra que vem do latim e significa tornar saudável, higienizar e limpar. No século V d.C., o homem desenvolveu algumas técnicas importantes como irrigação, construção de diques e canalizações superficiais e subterrâneas. Com isso, também surgiram medidas sanitárias.

Como exemplo, o tratado de Hipócrates (400 a.C.) “*Ares, Águas e Lugares*” instruiu aos médicos a ligação entre o ambiente e a saúde. Grandes nomes da época se engajaram e realmente se preocuparam com a qualidade da água e as medidas sanitárias.

Cada região desenvolvia suas técnicas, por exemplo:

- a. Na grande Roma, as ruas com encanamentos serviam de fontes públicas e, com o intuito de prevenir doenças, separava a água para consumo da população.
- b. Na Grécia antiga, havia-se o costume de enterrar as fezes ou deslocarem para um local bem distante de suas residências.
- c. Os sumérios originaram a construção de sistema de irrigação de terraços.
- d. O Egito iniciou o controle do fluxo de água do rio Nilo. Projetava os níveis de água durante os períodos do ano através do sistema de irrigação, construção de diques e utilização de tubos de cobre para o palácio do Faraó Keóps.

O Império Romano também desenvolveu, em 312 a.C., um sistema de abastecimento: O aqueduto *Aqua Apia* com aproximadamente 17 km de extensão. Eles foram a primeira grande civilização que tratou o saneamento de fato. Criaram grandes aquedutos, construíram

reservatórios, banheiros públicos, chafarizes e nomearam um responsável efetivo como Superintendente de Águas de Roma.

Relativo à Idade Média (476 a 1453), período onde o império romano ruiu, foram oportunizadas novas regiões, tais como Germânia, Bretanha, Espanha, Portugal e firmaram-se como organizações socioeconômicas no sistema feudal. Nesse período, o consumo da população da Europa era apenas de um litro de água por pessoa diariamente.

Entretanto, o abastecimento sofreu um retrocesso no aspecto sanitário. Enquanto os romanos faziam captação de longas distâncias, essas novas regiões faziam a captação diretamente dos rios. Com a queda de Roma, o conhecimento ficou arquivado em mosteiros religiosos. Só foi revelado algo sobre saneamento em 1425. Assim, os ensinamentos sobre hidráulica, saneamento e sua gestão ficaram ignorados durante toda a Idade Média.

Nesse período, a responsabilidade de gerenciar a água deixou de ser do governo e passou a ser coletivamente dos cidadãos. Parte do consumo de algumas famílias era garantido por meio de compra transportada por carregadores. Já outras, em sua maioria, escavavam poços dentro de suas casas, próximas a fossas e esterco de animais, causando contaminação.

Essa prática causou a proliferação em massa de doenças como cólera, lepra e tifo em um período de grandes epidemias. Na época, a peste negra, transmitida através da pulga de ratos, infectou metade da população e dizimou cerca de 1/3 da população Europeia. Na China e na Índia o panorama não foi diferente, mais de 23 milhões de pessoas foram levadas a óbito em menos de 12 anos.

O modelo de abastecimento concebido na Idade Média estava em decadência. Na Idade Moderna (1453 a 1789), desenvolveu-se a medição de velocidade de escoamentos e das vazões. Estabeleceu-se ainda, que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formadas pela chuva.

Em Paris, no final do século XV, a distribuição de água era controlada por canalizações sob a vigilância do município.

O Brasil entra no mapa do saneamento em 1620. Nesse período, iniciou-se as obras do aqueduto do Rio Carioca para abastecimento do Rio de Janeiro. A obra foi iniciativa de Aires Saldanha e tinha 270 m de comprimento e 18 m de altura. Entretanto, ela foi concluída mais de cem anos depois. Em 1723 ela foi entregue à população sendo o primeiro sistema de abastecimento de água no país (Netto, 1984).

Em 1664, a distribuição de água canalizada foi incrementada com a fabricação de tubos de ferro fundido moldado, por Johan Jordan, na França, e sua instalação no palácio de Versailles. Pouco depois, Johan inventou a bomba centrífuga e em 1775, Joseph Bramah inventou a bacia sanitária, na Inglaterra.

A idade Contemporânea corresponde ao período de 1790 até os dias de hoje. Em 1829, a França intensificou o combate à poluição das águas criando leis que previam punições, como prisão ou multa, para quem lançasse produtos, resíduos que levassem os peixes a morte. Nesta época também se iniciou a implantação do saneamento, bem como sua administração e legislação em conjunto com outros serviços públicos.

Na Inglaterra, os resíduos industriais foram incluídos na lei britânica de controle da poluição das águas. O desenvolvimento de grandes centros industriais provocou o início de um processo de migração das zonas rurais. Esses trabalhadores passaram a viver em péssimas condições de habitação e trabalho fazendo os índices de mortalidade e doenças aumentarem significativamente.

Uma onda epidêmica começou em Paris em 1849 e espalhou-se para Londres, onde fez 14.137 vítimas. Pouco tempo mais tarde, entre 1852 e 1860, nova onda causou mais de um milhão de mortes, afetando sobretudo a Rússia. Foi quando essa epidemia de cólera chegou à Inglaterra que foram dados os primeiros passos para a identificação e prevenção da doença: em 1854 o médico John Snow verificou que quinhentos casos mortais ocorridos em dez dias na zona central de Londres resultavam de beber água na bomba de Broad Street. Fechou a bomba e em poucos dias o foco epidêmico cessou (LEITÃO, 1973). Com a colaboração de Henry Whitehead, um pastor anglicano, Snow estabeleceu a relação direta entre a água contaminada e a doença.

O primeiro registro de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando o fundador Estácio de Sá mandou escavar o primeiro poço para abastecer o Rio de Janeiro. Na capital, o primeiro chafariz foi construído em 1744. No período colonial, ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes.

A partir dos anos 1940, se iniciou a comercialização dos serviços de saneamento. Surgem então as autarquias e mecanismos de financiamento para o abastecimento de água, com influência do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

Em 1971 o governo militar instituiu o Planasa, o Plano Nacional de Saneamento. Com ele há um forte incremento de investimentos em saneamento, com especial atenção ao serviço de acesso à água potável, sendo essa iniciativa pioneira pela abrangência nacional. As responsabilidades pelo setor assentam-se nos Estados e na União. O objetivo do Planasa é ampliar o atendimento da população urbana brasileira no menor tempo possível e contou com o apoio para os investimentos do Banco Mundial, Banco Interamericano de Desenvolvimento e USAID (Agência Internacional de Desenvolvimento dos Estados Unidos da América – Tradução livre), além de outros.

Com a crise econômica no começo da década de 1980, o poder sobre as políticas de saneamento começa a deixar nas mãos da União e inicia sua tendência de se concentrar no plano local, ou seja, nos municípios. Entes financiadores do setor, como o Banco Nacional da Habitação (BNH) perdem espaço e em 1986 é extinto. Dois anos depois é promulgada a Constituição Federal, e define a água como um bem da União e dos Estados. A União recebe a responsabilidade sobre “lagos, rios e correntes de água em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, se estendam a territórios estrangeiros ou deles provenham, bem como terrenos marginais e as praias”. Os Estados são responsáveis pelas “águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito”. No entanto, a Constituição Federal ainda não reconhece a água como um direito essencial.

Em 1992 um evento das Nações unidas, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, denominada Eco92, agrupa no Rio de Janeiro, Brasil, 116 chefes de Estado e mais de 10 mil pessoas com o intuito de discutir o desenvolvimento sustentável. A água é sempre citada, de forma direta ou indireta, nos principais documentos produzidos pela conferência, destacam-se a Declaração do Rio, a Agenda 21, as convenções de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Desertificação e a Carta da Terra.

Ao ser instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), também conhecida como “Lei das Águas”, em 1997, através da Lei 9.433, é definido como o Estado brasileiro fará a apropriação e o gerenciamento dos recursos hídricos nacionais. O principal objetivo desta norma visa garantir a disponibilidade de água à atual e às futuras gerações; utilizar de forma racional e integrada os recursos hídricos, baseado na ideia do desenvolvimento sustentável além de elaborar planos para prevenir e defender o país contra possíveis eventos hidrológicos. Para atender e fazer cumprir os objetivos da PNRH, no ano 2000 é criada a Agência Nacional de Águas (ANA). Não pode-se deixar de salientar que desde a instituição da Lei 9.433/97 até a

criação da agência regulatória acontece uma lacuna regulatória no setor, inexistindo um controle, uma monitoração ou planejamento nesta área essencial à sociedade.

Chega-se ao ano de 2007 quando foi promulgada a Lei 11.445, conhecida como “Lei do Saneamento” ou “Marco Regulatório do Saneamento”, e estabelece diretrizes para o setor e define os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e manejo de águas pluviais como segmentos do saneamento básico. A Lei atribui ao Governo Federal, via Ministério das Cidades, a responsabilidade pela elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Neste plano são estabelecidas as metas de universalização para os serviços inseridos no contexto da Lei no âmbito do saneamento básico.

No ano seguinte, um programa de investimento no setor de infraestrutura no país, denominado como PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) injeta R\$ 40 bilhões dos R\$ 503,9 bilhões previstos para atingimento das metas. Sempre presente na pauta dos principais fóruns mundiais, a Água e o Saneamento Básico passam a ser direitos essenciais. Por 122 votos a favor e 41 abstenções a Organização da Nações Unidas (ONU) decide que o acesso a água potável e ao saneamento básico são direitos humanos essenciais. Os efeitos disso fazem com que a situação do acesso a esses direitos pelo mundo tenha um monitoramento mais intensivo e passa a integrar, de maneira transversal, os relatórios da instituição. O compromisso dos países signatários das “Metas do Milênio”, que tratam da sustentabilidade ambiental, ganha um grande reforço pelos status de direito que passa a ter o acesso a água potável e ao saneamento básico.

Em 2013 é aprovado o Plansab, o Plano Nacional de Saneamento Básico, que constitui o eixo central da política federal para o saneamento básico, promovendo a articulação nacional dos entes da federação para a implementação das diretrizes estabelecidas pela Lei 11.445/07. Ficam estabelecidas metas de curto, médio e longo prazo, projetando em 20 anos a universalização dos serviços, colocando cotas de investimentos anuais necessários a se cumprir para atender os objetivos até o ano de 2033.

Em 2015, através da ONU, foi proposta a “Agenda 2030”, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas correspondentes, obtidas em consenso com seus delegados dos respectivos Estados-Membros. O ODS 6 trata da disponibilidade de água potável e saneamento, e será amplamente discutido em tópico exclusivo.

De forma mais recente, nova revisão na Lei 11.445/07 propõe remodelagem de diretrizes para o saneamento no Brasil. O chamado “*Novo Marco Legal do Saneamento*” foi definido pela Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 e atualiza aspectos importantes com o intuito

de fomentar os investimentos nesta área e alavancar seus indicadores em distribuição e abastecimento de água potável; drenagem urbana; tratamento e destinação dos resíduos sólidos; e melhora nos indicadores de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Destaque para a Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 a qual dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e propões os padrões de lançamento de efluentes.

2.2. O Saneamento Básico e a Saúde

Organismos nacionais e internacionais que atuam no combate à erradicação da pobreza, empoderamento da população e melhoria das condições de saúde e qualidade de vida são consensuais em apontar a importância do saneamento básico nas mais variadas esferas da vida. Sua falta impacta na saúde infantil, sendo uma das principais causas de mortalidade dessa faixa etária, além de interferir diretamente no índice de desenvolvimento humano (IDH), nas dimensões de educação, saúde e renda (ABES, 2016). Um país que não investe em saneamento arca com um custo alto com saúde pública, mormente diante de internações hospitalares em razão de doenças diarreicas. Estudos (OMS, 2014) indicam que a cada US\$ 1,00 investido em saneamento economiza-se US\$ 4,30 em saúde. Além disso, a ausência de saneamento básico ou sua deficiência repercute na evolução escolar das crianças, renda e mercado de trabalho, sendo causa de faltas reiteradas de trabalhadores em seus postos laborais, e também fator de insegurança social, em especial para crianças e mulheres.

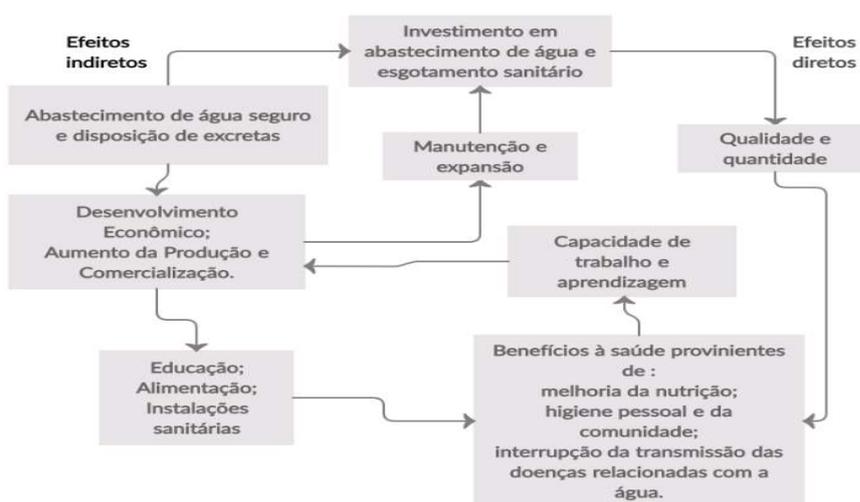
Está em evidência uma grande preocupação com a ameaça da presença cada vez mais frequente de bactérias resistentes a antibióticos. Não bastasse a parcela negativa em indicadores ambientais, econômicos e sociais de forma ampla, Karkman (2019) relaciona a disposição inadequada do esgoto sanitário ao aparecimento de bactérias resistentes aos antibióticos. Segundo a autora, são liberados no meio ambiente, através da urina e do material fecal uma mistura de concentrações sub-terapêuticas de antibióticos e outros agentes similares.

Karkman (2019) sustenta, no entanto, que a causa do surgimento destas bactérias pode estar relacionado a uma evolução natural por pressão de um volume exageradamente grande de indivíduos com a mesma origem, ou seja, a concentração do esgotamento sanitário. Pontua ainda que não é conclusivo que a poluição fecal de origem antrópica explica a abundância de bactérias potencialmente resistentes a antibióticos, mas não há sinais claros da ampla seleção natural ou disseminação de resistência a antibióticos nos ambientes afetados.

Do estrito ponto de vista da engenharia, o que se avalia em um organismo patogênico não é a sua natureza biológica, nem o seu comportamento no corpo do doente, e sim o seu comportamento no meio ambiente, pois é nessa dimensão que as intervenções de saneamento podem influenciar na ação desse patógeno sobre o homem (CAIRNCROSS, 1984). Desta forma, dois tipos de estudos se mostram pertinentes (HELLER, 1997). O primeiro diz respeito aos modelos que têm sido propostos para explicar a relação entre ações de saneamento e a saúde, com ênfase nos diferentes ângulos da cadeia causal. O segundo tipo de análise, consiste em classificar as doenças por categorias ambientais cuja transmissão está ligada com o saneamento, ou com a falta de infraestrutura adequada. Estas duas análises, relacionadas com o saneamento, passam a constituir um instrumento de planejamento das ações, com vistas a considerar de forma mais adequada seus impactos sobre a saúde do homem. Ou seja, o planejamento deve observar a causa e a transmissão patogênica objetivando a maior eficácia em seu sistema.

A Figura 1 ilustra o modelo proposto (CVJETANOVIC, 1986) do sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário que proporciona benefícios gerais sobre a saúde da população, sendo de forma direta ou indiretamente atingidos, mas dependente do nível de desenvolvimento da localidade atingida.

Figura 1: Esquema conceitual dos efeitos do abastecimento de água e esgotamento sanitário sobre saúde.



Fonte: Autor, 2020(Adaptado de CVJETANOVIC, 1986)

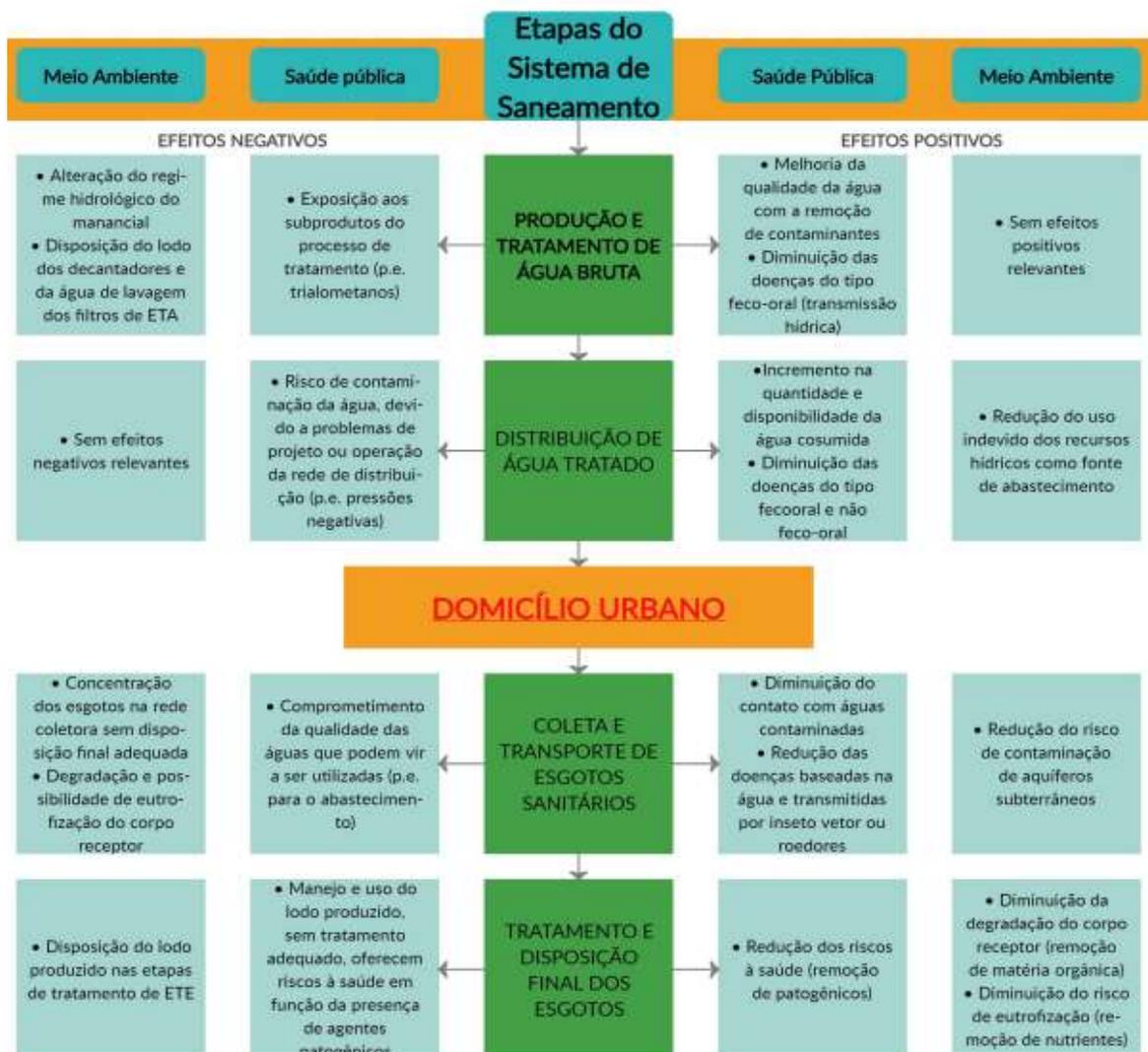
A importância da compreensão das relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente constitui etapa inicial e importante no desenvolvimento de um modelo de planejamento de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Em termos de

planejamento, a identificação e análise dos efeitos advindos da implementação de determinado sistema, seja ele de água ou de esgotos, deve conferir meios para se estabelecer uma certa ordem de prioridades e apontar o direcionamento mais adequado das ações, uma vez que cada população a ser beneficiada possui características distintas e nem sempre as ações de saneamento podem ser orientadas da mesma forma (SOARES et al., 2002).

Os impactos positivos e negativos devem sempre ser verificados quanto à sua real ocorrência e dimensão, na tentativa de se estabelecerem efeitos comparativos entre realidades diferentes, de modo a propiciar a avaliação correta das possíveis alternativas.

A Figura 2 procura demonstrar a relação entre o saneamento básico, especialmente o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, a saúde pública e o meio ambiente estabelecendo seus pontos positivos e negativos face sua implementação.

Figura 2: Diagrama de efeitos positivos e negativos do saneamento sobre a saúde e o meio ambiente.



Fonte: Autor, 2020(Adaptado de SOARES et al., 2002)

Cabe ressaltar, que não só os aspectos relacionados ao meio ambiente e à saúde pública devem ser levados em consideração na análise e planejamento dos sistemas de saneamento, pois existem diferentes dimensões, em níveis crescentes de complexidade, a serem consideradas na definição de uma solução apropriada, como a econômica, financeira, social, institucional e a política (SOARES et al., 2002).

O enorme benefício do saneamento nos sistemas de abastecimento de água aflora-se, de forma direta, na saúde da população nas mais diferentes classes sociais, proporcionando apropriadas condições de higiene, conforto e bem-estar. Aponta o DATASUS (2020) que as Doenças Infecciosas e Parasitárias – DIP – no Brasil, que possuem ligação direta com a deficiência na prestação do serviço em saneamento, em 1950 representavam cerca de 60% de todos os óbitos, em 1990 caíram para 6,26%, em 1995 chegaram a 5,16% e em 2006 ao nível de 4,92 %. Em 2011 este indicador continua a tendência de queda e chegou a 4,50% das mortes registradas.

Especialmente em decorrência da pandemia do COVID-19, a parcela mais vulnerável da população é a mais atingida sobretudo pelas carências que os ODS buscam atender e equalizar a todos. Interrupções de fornecimento e acesso inadequado de água tratada para higienização corporal e/ou dos ambientes prejudicam as mais importantes medidas de prevenção e proteção contra a COVID-19 (ONU, 2020). Aponta ainda que mais de 20% (por cento) da população urbana mundial carece de cobertura regular de saúde, 2,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água tratada e 4,2 bilhões ao saneamento básico, privando assim as pessoas da medida de prevenção básica e eficaz contra o vírus, especialmente quanto a lavagem frequente das mãos, conclui o relatório.

2.3. Políticas Públicas de Saneamento Básico

Os indicadores em saneamento no Brasil ilustram um elevado déficit quanto ao seu atendimento. O abastecimento de água desponta com o melhor índice neste setor e menos insatisfatório, atingindo 83,7% da população com rede pública; aproximadamente metade da população brasileira possui acesso ao serviço de coleta de esgoto, no entanto, apenas 42,50% do esgoto coletado é tratado (SINIS, 2019). Somado a isso, e igualmente preocupante, são os indicadores de perda no sistema de distribuição, onde verifica-se que 39,20% da água tratada é perdida, ou seja, não é faturada. As perdas podem ser físicas – vazamentos, transbordamentos,

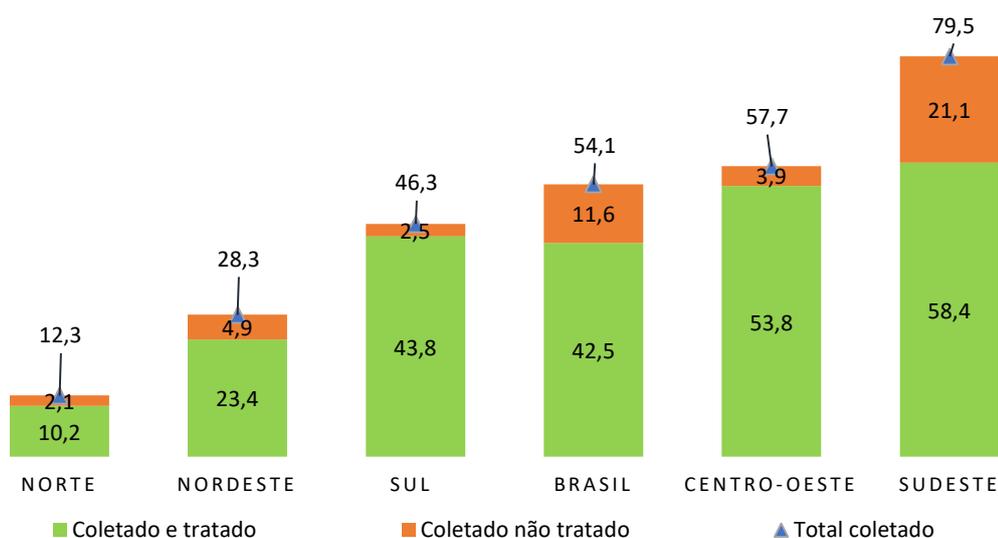
furtos – e aparentes – perdas comerciais, erros de medição, fornecimento para zonas irregulares, entre outros – e incrementam os custos totais de operação e produção de água tratada.

De acordo com o SINS (2017), os prestadores de serviço de saneamento são majoritariamente empresas estaduais de economia mista (68,9%), seguidas da administração pública direta (17,4%), autarquias (9,3%), empresas privadas (2,9%), empresas públicas (1,4%) e organizações sociais (0,1%).

Ainda sobre esses dados (SNIS, 2019), observa-se que os serviços de coleta de esgotos no Brasil atingem 54,1% da população brasileira, e destes, 78,5% recebem tratamento, sendo o volume representado por este percentual, repostado adequadamente no meio ambiente (SNIS, 2019). Estes mesmos dados mostram que este serviço está abaixo da média nacional na região Sul do Brasil, sendo 46,3% o índice de coleta de esgotos, no entanto, no que se refere ao tratamento, o índice é de 94,6% do volume coletado (SNIS, 2017). Dados da Agência Nacional de Águas apontam esses mesmos indicadores para o município de Passo Fundo, onde 37,4% do esgoto é coletado e destes, 100% recebe adequado tratamento (ANA, 2018). Salienta-se que esses dados são relativos ao sistema coletivo de coleta de esgoto e refere-se à população urbana de Passo Fundo.

A Figura 3 apresenta os níveis de atendimento por região no Brasil, denotando assim as diferenças bastante acentuadas entre seus extremos.

Figura 3: Diferenças regionais percentuais quanto a coleta e tratamento de esgoto (%).



Fonte: SNIS, 2019 / ITB, 2021.

Complementando as informações da Figura 3, verifica-se no panorama nacional, que apenas 42,50% do volume total de esgoto gerado no Brasil possui coleta e tratamento adequado (SNIS, 2019), portanto, mais da metade do volume produzido não é atendido completamente pelo serviço e reforça cada vez mais a necessidade fundamental em avançar na melhoria dos indicadores deste setor.

Cabe trazer destaque sobre o nível do tratamento dos efluentes, pois apesar de atender as resoluções e CONAMA 357/2005 e 430/2011, especialmente, apresenta-se consequências diversas e evidências de grandes concentrações de matérias orgânicas ou nutrientes de despejados nos recursos hídricos, na forma de eutrofização ou desenvolvimento de macrófitas.

O Nível de Universalização de Esgotamento Sanitário – NUE – é um indicador que monitora o atendimento da cobertura do setor no país, estado ou município. Este indicador é calculado considerando o total da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgoto, dividido pelo número total de habitantes do sistema multiplicado por 100, pois sua unidade é apresentada em termos percentuais. O SNIS usa o indicador de esgoto ES026 para apresentar o nível de atendimento deste segmento, porém adota a unidade em habitantes. O indicador ES026 representa o valor da população urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência e corresponde à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços.

Desta deficiência de atendimento ao esgotamento sanitário, tem-se um contexto de vasta utilização de diversas soluções individuais, sendo o tanque séptico a mais utilizada para atendimento da demanda instalada, contudo, não há dados disponíveis sobre essa prática que são considerados para o NUE – Nível de Universalização de Esgoto (SNIS, 2019). Outro fator relevante é o fato que este sistema possui fragilidades quanto a sua correta execução e operação, pois deve observar padrões regidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que as regulamentam, tornando assim soluções de difícil controle tecnológico e fiscalização precária, geralmente refletido em instalações inadequadas, expondo a população e o meio ambiente ao risco de contaminações.

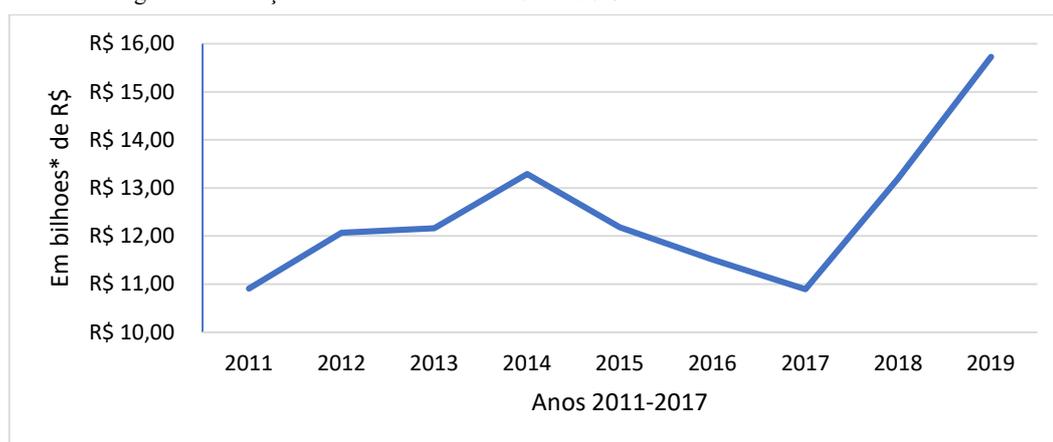
Assim, ao serem observados os indicadores relativos ao saneamento básico, constata-se uma lenta evolução quanto ao abastecimento de água e coleta de esgoto. O acesso a água potável encanada está praticamente estagnado nos últimos três anos, segundo o SNIS (2017), passou de 83% em 2015 para 83,5% em 2017, em 2019 avançou 0,2 pontos percentuais e alcançou 83,7% (SNIS, 2019). No que se refere a redes coletoras de esgoto sanitário, a coleta passou de 50,3% em 2015 para 52,4% em 2017 e em 2019 chegou a 54,1% (SNIS, 2019). Neste período observa-

se um aumento significativo a incidências de doenças como a dengue, zika e febre amarela, que são doenças relacionadas diretamente com a qualidade da água e com a coleta e o tratamento de esgoto, e em especial no início de 2020 a pandemia de COVID-19.

Embora o país seja extremamente carente dos serviços de saneamento, com menos da metade da população assistida por coleta de esgoto, os investimentos no setor mais atrasado na infraestrutura brasileira vêm reduzindo nos últimos anos (ITB, 2018). Dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2019) mostram queda de 7,8% nos aportes em 2017 em relação ao ano anterior. Foram desembolsados R\$ 10,9 bilhões em saneamento no ano de 2017(SNIS, 2017). Este valor representa o menor valor investido durante a última década, e patamar 50,5% inferior à média de R\$ 21,6 bilhões necessários para o Brasil universalizar os serviços até 2033, de acordo com as metas previstas no Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) e estimativas da CNI (2019).

Os avanços - muito discretos - nos investimentos em seus últimos anos distanciam o Brasil de atingir as metas estipuladas junto aos ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – em especial ao ODS 6 (ONU, 2015). Metas essas oficializadas pelo Brasil na ONU – Organização das Nações Unidas, pautadas no objetivo de “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos até 2030”. No contexto nacional onde se mantem os baixos níveis de investimento dos últimos anos, o Brasil somente se afasta do atendimento da agenda 2030 para o saneamento (ONU, 2019). Os dados da Figura 4 remetem aos níveis de investimento em saneamento de 2017 para o mesmo patamar do ano 2011. Destaca-se que nos anos de 2018 e 2019 os incrementos foram mais significativos na região nordeste. O relatório (SNIS, 2019) aponta ainda discrepâncias de apropriação dos investimentos, ou seja, os investimentos realizados em 2018 foram computados em 2019 em alguns estados do nordeste, fator que contribuiu para um aumento significativo nos níveis de investimentos neste ano.

Figura 4: Indicação de investimentos de 2011 a 2019 no setor do Saneamento no Brasil.



*Investimentos atualizados para preços de 2019 pelo IPCA.
 Fonte: Adaptado de CNI, 2017; SNIS, 2019.

Para atingimento da agenda da ONU até 2030, acordo onde o Brasil é signatário, serão necessários entre 20,6 e 26 bilhões de reais por ano, ou seja, praticamente o dobro do atual valor empenhado (CNI, 2017). No entanto, o dado mais preocupante é a redução de investimento nesta área por três anos consecutivos de 2015 a 2018, agravando uma curva de tendência negativa sobre o montante de recursos aplicados no setor, com recuperação nos dois anos seguintes.

2.4. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) propõe 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas correspondentes, fruto do consenso obtido pelos delegados dos seus Estados-Membros em 2015. Os ODS constituem a essência da Agenda 2030 e sua implementação ocorrerá no período 2016-2030. As metas são monitoradas por indicadores e os resultados de cada país e sua evolução histórica podem ser comparados, oferecendo um panorama global para o acompanhamento da Agenda pelas Nações Unidas em todo o mundo. O ODS 6, ou *Sustainable Development Goal 6* (SDG 6) em Inglês, composto por 8 metas, que visam “*Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos*”, trata de saneamento e recursos hídricos em uma perspectiva integrada. Permite avaliar o cenário de cada país quanto à disponibilidade de recursos hídricos, demandas e usos da água para as atividades humanas, ações de conservação dos ecossistemas aquáticos, redução de desperdícios e acesso ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e tratamento dos esgotos.

No ano 2000, os líderes mundiais se reuniram na sede das Nações Unidas, em Nova York, para adotar a Declaração do Milênio da ONU. Com a Declaração, as nações se comprometeram a reduzir a pobreza extrema através de uma série de oito objetivos, com prazo de alcance para 2015, que se tornaram conhecidos como os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Em 2012, a Conferência Rio+20, realizada no Brasil, estabeleceu as condições básicas para que os Estados-Membros da ONU construíssem coletivamente um novo conjunto de objetivos e metas, ampliando a experiência de êxito dos ODM. Nesse sentido, foi proposta a Agenda 2030, um conjunto de programas, ações e diretrizes que orientarão os trabalhos das Nações Unidas e de seus Estados-Membros rumo ao desenvolvimento sustentável, refletindo o reconhecimento de que todos os países – desenvolvidos e em desenvolvimento – têm desafios a superar quando o tema é a promoção do desenvolvimento sustentável em suas três dimensões: social, econômica e ambiental. Concluídas em setembro de 2015, em Nova York, as negociações da Agenda 2030 culminaram em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que têm como base o sucesso alcançado pelos 8 ODM's, incluindo novos temas, como mudança global do clima (ODS 13), desigualdade socioeconômica (ODS 10), inovação tecnológica (ODS 9), consumo sustentável (ODS 12), paz e justiça (ODS 16).

Os ODS's evoluíram dos ODM's com um processo de análise e maturação na Conferência Rio+20 no ano de 2012, vindo a se consolidarem em 2015, conforme mostrado na Figura 5.



Fonte: ANA. ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores, 2019.

As metas de cada ODS são monitoradas por indicadores e os resultados de cada país e sua evolução podem ser comparados, oferecendo um panorama global para o acompanhamento da Agenda 2030 pelas Nações Unidas em todo o mundo.

A preocupação com o fornecimento de água potável para todos é o foco do ODS 6 (metas 6.1 e 6.3). Indissociável desta temática é o acesso ao esgotamento sanitário (meta 6.2), uma vez que a sua falta pode levar à contaminação do solo, de rios, mares e fontes de água para abastecimento, prejudicando a qualidade de vida e a saúde.

O uso racional da água pelas atividades econômicas, aumentando a eficiência, bem como a otimização da oferta de água para garantia de usos múltiplos são também incorporados pelo ODS 6 (meta 6.4). A gestão eficiente e integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, nacionais e transfronteiriços é outro tema considerado (meta 6.5).

Estes compromissos, com metas previstas para o futuro, baseiam-se em indicadores do presente e passado, e projetam cenários que proporcionarão dignidade ao ser humano pelo menos até o ano de 2030. Estes cenários de projeção futura, de acordo com definição de Marcial (2011) são fatos ou sinais encontrados no passado ou presente que indicam possibilidade de futuro. Okado (2016) salienta que sob a égide das perspectivas reflexivistas não há distinção entre a teoria e a ação, logo, considera que refletir é agir.

Marcial (2015) ainda sintetizou 26 possíveis e prováveis cenários segundo cinco dimensões, sejam: população e sociedade; geopolítica; ciência e tecnologia; economia; e meio ambiente. Estes cenários podem influenciar diretamente os ODS's, pois levam em conta as tendências em que estará sendo vivida no mesmo espaço de tempo onde estão sendo desenvolvidas as metas dos ODS's e possuem altíssima probabilidade de ocorrência (SHELL, 2013).

Sobre a primeira dimensão, população e sociedade, são identificadas cinco perspectivas mundiais: 1) crescimento da população mundial; 2) intensificação de movimentos migratórios; 3) adaptação do papel do Estados perante novos desafios sociais e populacionais; 4) intensificação da urbanização; 5) empoderamento dos indivíduos e da sociedade civil organizada, com aumento da classe média global. De forma resumida, essas tendências sinalizam para um futuro marcado por uma transição demográfica e um novo perfil populacional, mais interconectado, tende a exigir melhores políticas públicas de seus governantes para proporcionar melhor qualidade de vida das pessoas (IPEA, 2015).

A segunda dimensão é a geopolítica, e possui oito potenciais alternativas, sejam: 1) permanência da ideologia da globalização; 2) manutenção do déficit de governança global e imprevisibilidade das relações internacionais; 3) período de incerteza quanto à existência de convergência ou de conflito entre países no campo da segurança internacional; 4) os Estados Unidos da América permanecerão como maior potência militar do mundo, com grande influência econômica e política; 5) a União Europeia reunirá esforços para se manter como centro transnacional de influência; 6) crescimento da geopolítica e econômica da Ásia; 7) crescimento da importância geopolítica e econômica dos Brics; 8) crescimento da influência dos Estados médios na geopolítica mundial. Nesta dimensão, fica demonstrada a distribuição do poder global, com ascensão relativa de novas potências, individual, como a China, ou coletiva, como os Brics, por exemplo, e um declínio das potências tradicionais como Estados Unidos e Europa (AL GORE, 2013). Marcial (2015), deixa como incerteza se os efeitos dessa redistribuição será mais cooperação ou mais conflitos.

A ciência e tecnologia entram como a terceira dimensão, e são identificadas quatro megatendências, sejam: 1) Aceleração do desenvolvimento tecnológico, multidisciplinar, com aplicações cada vez mais integradas; 2) as tecnologias da informação e comunicação continuarão modificando a natureza do trabalho, a estrutura de produção, de educação, de relação entre as pessoas e de lazer; 3) crescimento dos investimentos em automação e robótica; 4) crescimento dos investimentos e aplicação no campo da nanotecnologia e biotecnologia. Esta dimensão descreve que o avanço científico e tecnológico, impulsionado pela economia da inovação, poderá conduzir a humanidade a uma nova era. Ou seja, os conceitos de automação, robótica, nanotecnologia e biotecnologia serão incorporados em nosso dia-a-dia e conseqüentemente em nossas rotinas e ações, sendo indissociáveis das nossas atividades, desde o trabalho até o lazer (IPEA, 2015).

Seis eixos fazem parte da quarta dimensão, tida como a dimensão econômica, sejam: 1) crescimento econômico mundial, com maior concentração de renda, especialmente em países emergentes; 2) desenvolvimento da economia da inovação, a qual criará uma divisão social em países desenvolvidos; 3) aumento de fluxos de capital entre economias globalmente interconectadas, com regulamentações financeiras e bancárias; 4) a responsabilidade fiscal dos governos permanecerá como uma das principais questões da governança global; 5) crescimento da demanda por energia, com ênfase na matriz das energias renováveis; 6) crescimento da demanda por alimentos. A expectativa gira em torno da atual crise, onde especula-se que poderá gerar um novo modelo econômico, capaz de atenuar as distorções na distribuição do capital e

da renda, bem como regulamentar as transações financeiras. A preocupação maior concentra-se no aumento da demanda por energia, alimentos e água (IPEA, 2015).

A última dimensão é o meio ambiente, e nela são postas três projeções mundiais, sejam: 1) maior questionamento sobre o modelo econômico atual sem uma alternativa para o desenvolvimento sustentável; 2) aumento da pressão sobre os recursos hídricos; 3) manutenção e aumento da incidência de eventos climáticos extremos e seus respectivos debates, seminários ou conferências. A constante degradação do meio ambiente pelas pessoas e pelos governos aproxima e agrava cada vez mais a escassez em relação a exploração dos recursos naturais e aumenta o risco da ocorrência cada vez mais intensa e recorrente de eventos climáticos extremos (ISS, 2012).

Apresentados os vinte e seis cenários mundiais nas dimensões população e sociedade, geopolítica, ciência e tecnologia, economia e meio ambiente, tratam de eventos que devem ocorrer num mesmo lapso temporal em que estará sendo desenvolvido os objetivos da Agenda Mundial proposta pela ONU. Eles apresentam possibilidades de entraves, impedimentos ou dificuldades frente ao atendimento dos 232 indicadores, das 169 metas e 17 objetivos.

Marcial (2015) sustenta que a retórica da sustentabilidade perpassa os ODS e converge para a primeira perspectiva mundial ambiental, o questionamento do modelo atual de crescimento sem uma visão ou alternativa clara e objetiva, ou melhor, exequível de desenvolvimento sustentável. Sem uma mudança substantiva no atual modelo de crescimento é pouco provável o alcance dos 17 objetivos. Em outras palavras podemos entender que o desenvolvimento sustentável é o fim, no entanto, os meios não possuem definição clara das ações para poderem ser alcançados. Põe-se muita expectativa no ODS 16, com o alinhamento e fortalecimento da governança, especialmente a internacional, com foco na sustentabilidade.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a instituição responsável pela gestão de recursos hídricos. A ANA efetua o acompanhamento sistemático e periódico das condições dos recursos hídricos e faz sua gestão no País através de estatísticas e indicadores que alimentam o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Neste documento, a ANA apresenta a sua contribuição ao processo de monitoramento das 8 metas do ODS 6, com base em informações produzidas e sistematizadas para cálculo dos indicadores, em parceria com diversas instituições. Em meados de 2019 a ANA passou a ser vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). O recém-criado - MDR - reúne as políticas nacionais de saneamento e recursos hídricos, além da segurança hídrica, sendo, portanto, o

principal responsável no âmbito federal por implementar as ações para alcance das metas do ODS 6.

2.5. Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgoto

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), a situação de disposição das excretas das populações foi dificultando na mesma proporção que ocorria o crescimento populacional das comunidades, em especial na Inglaterra e no continente Europeu. Com isso, foram desenvolvidas as privadas que tinham a função de armazenamento acumulado das excretas, porém, essa alternativa gerava muitos problemas, como odores indesejáveis e a forma de recolhimento e disposição das excretas acumuladas nas privadas.

Segundo Metcalf e Eddy (2003), somente no século XIX e início do século XX as autoridades começaram a dar uma maior ênfase na coleta e no afastamento dos esgotos domésticos, devido principalmente aos problemas de disposição dos esgotos, fortes odores e nas ocorrências de epidemias.

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2011), em 1842, o incêndio que destruiu parte da cidade de Hamburgo, na Alemanha, proporcionou um significativo avanço em projeto e construção de sistemas de esgotos, sendo utilizadas as mais modernas teorias da época. Os primeiros sistemas de esgotamentos sanitários foram os que recebiam contribuição de águas pluviais, domésticas e industriais, chamados de sistema unitário de esgotamento.

Posteriormente, o engenheiro George Waring, em 1879, devido ao alto custo de implantação do sistema unitário desenvolveu o sistema separador absoluto, que consiste no transporte e destinação das águas residuárias separadamente da destinação e transporte das águas pluviais (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Segundo Nuvolari (2011), com a implantação do sistema separador absoluto, com menores custos e obras de menor porte, foi possível avançar na solução do problema de falta de saneamento nas cidades. Porém, o sistema separador absoluto, devido à má utilização por seus usuários, apresentou vários problemas, tais como: obstrução e transbordamento da tubulação e conexões devido a lançamento de sujeiras no sistema, extravasamento e refluxo nas tubulações e ligações devido a lançamento de águas pluviais e/ou de drenagem no sistema, entre outros problemas.

A análise de tipos de sistemas de coleta e tratamento de esgoto deve observar o estágio de implantação, pois ao verificar-se um planejamento urbano, cada elemento da infraestrutura funciona perfeitamente: transporte, energia, drenagem pluvial, enfim, esgotamento sanitário. Cada sistema desconsidera condições de contorno, tais como maus usos ou situações técnicas que impossibilitem a ideal implantação. Nos casos da grande maioria das cidades brasileiras, não ocorreu o planejamento ou execução em conformidade a um sistema geral de infraestrutura ideal. O crescimento urbano ocorre primordialmente sem controle, encostas e várzeas são invariavelmente ocupadas, vias públicas se expandem sem critério urbanístico ou sanitário. Fundos de vales são aterrados e córregos são canalizados cedendo espaço para novas avenidas. As moradias, principalmente nas periferias, são feitas pelo sistema de autoconstrução. Águas pluviais e esgotos são misturados na sua origem. As redes de drenagem e de esgotos são construídas depois da urbanização, que embora projetadas e implantadas separadamente - em alguns casos -, funcionam como um sistema único, mesmo sem a intenção dos planejadores. Nestas cidades as duas redes são interligadas: há esgotos nas galerias de águas pluviais e águas pluviais nas redes de esgotos (DAE, 2009). Nas cidades em geral, existem muitos órgãos diferentes responsáveis pelo mesmo problema: um cuida do esgoto, outro da drenagem; um trata dos rios e outro do planejamento urbanístico; um órgão é responsável pelo manejo do lixo e outro pela limpeza dos rios. Problemas interrelacionados são tratados de forma rigorosamente desintegrada. Na cidade real o sistema de esgotos sanitários é do tipo separador absoluto e não funciona (DAE, 2009).

Neste sentido, torna-se fundamental que a região a ser objeto de estudo para implementação de sistema de coleta e tratamento de esgoto tenha suas variáveis levantadas, e principalmente em se tratando de serem locais já urbanizados com infraestrutura urbana consolidada, mesmo que precária.

Os sistemas de esgotamento sanitário consistem num conjunto de condutos que têm por objetivo coletar, transportar, tratar e dispor o esgoto de forma adequada, atendendo parâmetros relacionados ao meio ambiente e a saúde pública, com reflexos diretos na sociedade e no meio ambiente. Para que seja considerado eficiente, o sistema de esgotamento sanitário deve cumprir com a coleta e remoção rápida e segura dos agentes poluidores dos efluentes, prevendo sua disposição final de forma a eliminar ou diminuir doenças de veiculação hídrica, proporcionando melhoria das condições de conforto e bem estar da população.

No Brasil adota-se o sistema coletivo tipo separador absoluto como sistema ideal a ser implantado para o serviço de coleta e posterior tratamento do esgoto. No entanto, mostra-se

neste trabalho que vários países, inclusive desenvolvidos, fazem uso do sistema unitário ou sistema misto, onde coleta-se na mesma tubulação as águas servidas, ou seja, o esgoto, e as águas pluviais ou parte delas. Mostra-se ainda que outra forma de atendimento deste serviço está surgindo de forma muito vigorosa com grandes possibilidades de realizar o atendimento quanto as demandas sociais e ambientais a níveis econômicos realizáveis, a solução individual de tratamento de esgoto gerida pela prestadora do serviço público de coleta e tratamento de esgoto. Este é um sistema amplamente utilizado nas regiões mais pobres do planeta e do Brasil, no entanto, a prática sugerida agora é que se tenha um controle de sua instalação, operação e manutenção através da empresa prestadora deste serviço mediante contrapartida tarifária.

Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados), se bem projetados, construídos e operados, obedecendo as respectivas normas e boas práticas de execução e operação, são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo manter a integridade ambiental dessas localidades (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009), especialmente de áreas com menor densidade habitacional (USEPA, 2002), com perspectivas econômicas realizáveis.

Sistemas descentralizados tendem a serem vistos como sinônimos de precariedade e subdesenvolvimento, sendo considerados inferiores a outras soluções disponíveis para os grandes centros urbanos, no entanto, qualquer sistema previsto em norma técnica ou com comprovada eficiência, pode ser considerado como solução adequada em termos sociais e ambientais. Dessa forma, a estratégia de descentralização se mostra cada vez mais complementar e não oposta à de centralização do tratamento de esgotos na busca pela universalização dos serviços de esgotamento sanitário (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012).

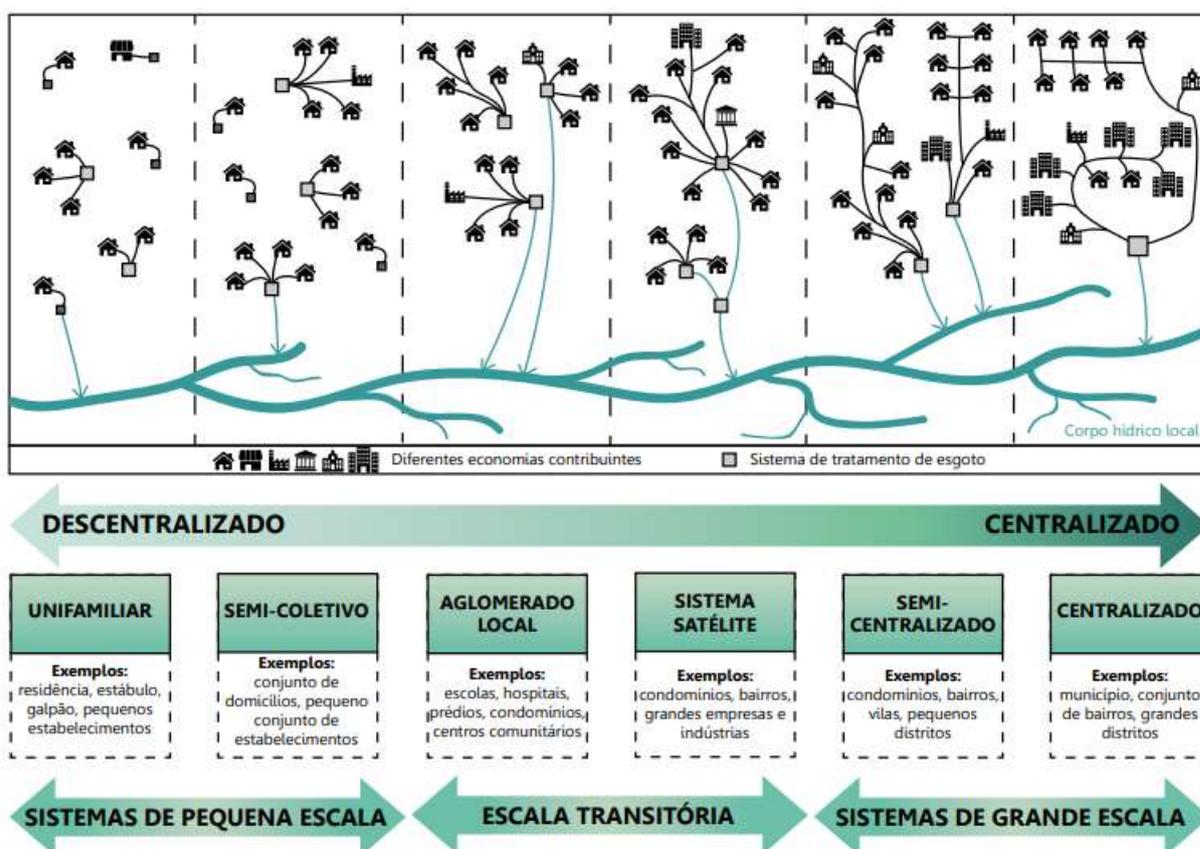
Na literatura, são apresentadas várias propostas de classificação e nomenclaturas para os sistemas descentralizados, no entanto, o que é consenso é que existe uma ampla gama de possibilidades que se enquadram entre os dois extremos do tratamento de esgotos: pequenos sistemas descentralizados (unifamiliares) e grandes sistemas centralizados (grandes estações de tratamento de esgoto). Bueno (2017) faz uma síntese da diversidade de sistemas descentralizados na Figura 6.

Os sistemas descentralizados são demandados de soluções alternativas e vêm ganhando cada vez mais atenção por apresentarem vários benefícios, estes amplamente discutidos na literatura e neste trabalho, tais como a demanda por menos recursos financeiros na implementação, a contribuição com a sustentabilidade local (METCALF & EDDY, 2003) e a

oportunidade de reúso de água e nutrientes no local de tratamento (GIKAS; TCHOUBANOUGLOUS, 2009). Destacam-se outras vantagens para esses tipos de sistemas, como por exemplo, o baixo custo de instalação e operação, a adaptabilidade para cada local, além de considerar possíveis requisitos culturais que deve se adequar, são sistemas mais compactos, não sofrem influência de desastres naturais, não necessitam de mão-de-obra especializada, enfim, são sistemas mais flexíveis e com maior praticidade quanto a implantação, execução, operação e manutenção, com igual benefícios sociais e ambientais (BUENO, 2017).

Cabe destaque que nem todos os locais poderão ser atendidos pela solução individual, pois é carregada de benefícios, mas também por condições de contorno que podem dificultar, inviabilizar ou mesmo ser impossível de ser instalada, como características do solo, densidade habitacional, profundidade do lençol freático, entre outras.

Figura 6: Gradiente de sistema de tratamento de esgoto, relacionado a ser centralizado ou descentralizado.



Fonte: Tonetti, 2018, adaptado de Bueno, 2017.

A escolha da tecnologia de tratamento de esgoto depende de uma análise econômica em cada projeto, sendo praticamente a regra a ser observada, considerando os custos de

implantação, operação e manutenção. Os custos de implantação são os custos com materiais e mão-de-obra necessários para a instalação inicial e na maioria dos casos é a variável mais analisada e levada em conta para decidir se o projeto será implementado ou não.

2.5.1. Sistemas Coletivos

Entre os tipos de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto, destacam-se o tipo separador absoluto, o sistema unitário e o sistema misto. As diferenças entre esses três tipos de sistemas se referem ao conteúdo transportado, sendo o separador absoluto caracterizado por recolher exclusivamente esgoto sanitário, e os sistemas unitário e o misto por serem compartilhados com as águas pluviais. Nos tópicos seguintes serão detalhados estes três tipos de sistemas de coleta de esgoto sanitário.

Os sistemas coletivos possuem características construtivas, partes constituintes de seu sistema bastante similar, sendo composto da seguinte maneira (ABNT NBR 9.649/86):

- **Redes coletoras:** são as canalizações que coletam e transportam os esgotos das residências através do coletor predial. É subdividido em coletor tronco e coletores secundários, estes conectados as caixas intradomiciliares que conduzem o efluente até os coletores tronco. De forma mais detalhada, as redes possuem dispositivos que servem para facilitar a execução, permitir acesso para a manutenção e equilibrar parâmetros de projeto, dentre eles, Tsutiya & Sobrinho (1999) destacam os Terminais de Limpeza (TL), localizadas em todas as extremidades de rede; as Caixas de Passagem(CP), utilizadas em mudanças de direção, mudanças de declividade ou mudança de material; os Terminais de Inspeção e Limpeza(TIL), com aplicações no lugar das CP's ou ainda em degraus na rede ou agrupamento de até 3 coletores; os Poços de Visita(PV), são verificados em qualquer situação acima e em tubos de queda, agrupamentos com mais de três coletores, tubulações com diâmetro maior que 400 milímetros ou em profundidades maiores que três metros. Estas definições abarcadas na ABNT NBR 9.649/1986 possuem um detalhamento completo de cada componente e seus usos mínimos em cada trecho do projeto;
- **Estações Elevatórias:** sistema de instalações destinadas a transportar os esgotos de uma cota mais baixa para uma cota mais alta;

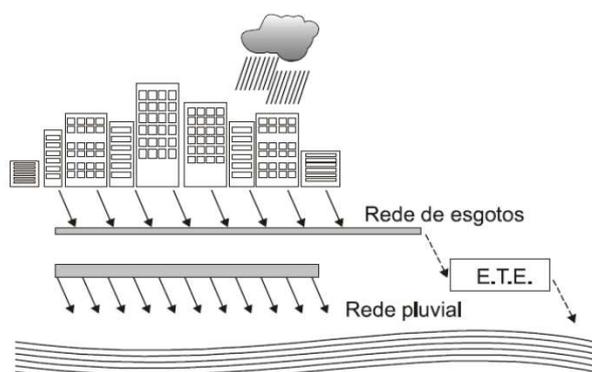
- Estação de Tratamento de Esgoto (ETE): são as instalações destinadas a promover a depuração dos esgotos, a níveis aceitáveis através de normatizações, leis e resoluções, antes de serem lançados em um corpo receptor;
- Emissário: rede dedicada a transportar os afluentes ou efluentes a seu destino final, não recebendo nenhuma contribuição neste percurso;
- Corpo Hídrico Receptor: local que recebe o lançamento dos esgotos após passar pelo processo de tratamento, geralmente conduzidos de uma ETE através de um emissário.

2.5.1.1. Separador Absoluto

O sistema de esgotamento sanitário tipo separador absoluto, de acordo com norma brasileira ABNT-NBR 9.648 (ABNT, 1986), é o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Considerado como o sistema ideal do ponto de vista ambiental por especialistas (GESTA, 2013), o sistema separador absoluto possui característica coletiva e prevê o tratamento das águas residuárias nas estações de tratamento de esgotos, enquanto que as águas pluviais são direcionadas aos córregos e arroios próximos. Entretanto, frente aos estudos abordados neste trabalho, inclusive, quanto a qualidade da água do escoamento pluvial urbano, sabe-se que são arrastadas quantidades consideráveis de poluentes presentes nas superfícies das ruas e edificações, bem como na própria atmosfera, e necessitam de tratamento da mesma forma que os esgotos domésticos ou industriais.

Figura 7: Exemplo de Sistema Separador Absoluto de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Autor, 2020, adaptado de Tsutiya; Bueno, 2004.

Nesta definição destacam-se dois aspectos importantes; o primeiro, que o sistema a ser adotado no Brasil deve ser o sistema separador absoluto desde o século XX, mais precisamente em 1912 (NUVOLARI, 2003) e entendido que não deve coletar outras águas senão esgoto sanitário, conforme apresentado na Figura 7. O segundo aspecto relevante está na expressão final da definição, "... de modo contínuo e higienicamente seguro". Supõe-se que a continuidade e a segurança higiênica sejam atributos imprescindíveis a um serviço que dispõe sobre a preservação da saúde pública.

O conceito de separação absoluta não atende totalmente esse critério, pois a própria definição de esgoto sanitário, da mesma norma, já inclui outras águas, define esgoto sanitário como "despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, a água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária". Estes componentes do esgoto sanitário são fatores considerados inclusive nos cálculos de dimensionamento das redes coletoras.

Nuvolari (2003) destaca ainda que, certas águas pluviais caídas em áreas internas ao perímetro dos domicílios, ou águas subterrâneas surgentes nos terrenos são acrescentadas ao sistema de coleta de esgoto, seja por problemas de infiltração ou má fé dos usuários, sobrecarregando assim o sistema não dimensionado para esse fim.

Netto (1973) já demonstrava sua preferência pelo sistema separador absoluto argumentado que as canalizações podem ser de dimensões menores, e com isso, possibilita a aplicação de materiais de fácil acesso, facilitando a execução e reduzindo os custos e os prazos de construção. Sustenta ainda que o sistema poderia ser implementado por partes, sendo planejado primeiramente nos pontos de maior importância, ou de maior adensamento habitacional, reduzindo dessa forma o investimento inicial e dando a possibilidade de aportes gradativos de recursos num planejamento a médio prazo. Esse sistema possibilita o escoamento das águas pluviais nas sarjetas mais próximas, facilitando seu lançamento em múltiplos locais. Finaliza ele apontando que independente das condições pluviométricas, todo o esgoto é recolhido, mesmo com grande incidência de chuvas não é despejado em recurso hídrico sem tratamento.

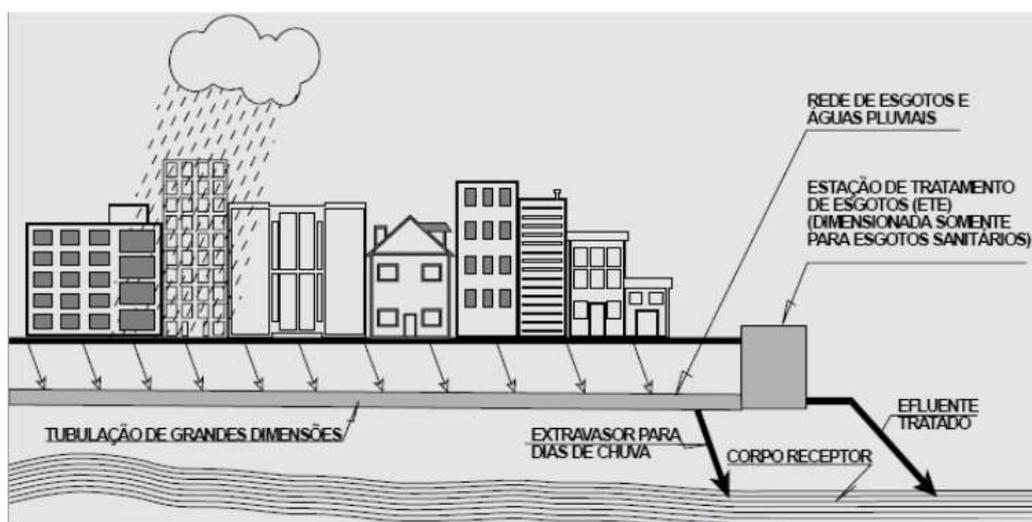
Pelas características de separar e coletar somente o esgoto, proporciona um dimensionamento mais restrito e de menores dimensões das estações de tratamento, das estações elevatórias e das redes coletoras, compostas por interceptores e emissários, coletores tronco, ligações prediais e demais itens necessários a coleta e transporte eficiente e eficaz do esgoto sanitário gerado nas áreas de abrangência do sistema, implicando assim em menores custos de instalação, especialmente quando comparado aos sistemas misto ou o unitário.

2.5.1.2. Sistema Unitário

O sistema unitário de coleta, transporte e tratamento de esgoto é caracterizado por conduzir numa única rede as águas servidas ou esgotos, as águas de infiltração e as águas pluviais (TSUTIYA, BUENO, 2004). Este sistema comporta uma determinada vazão para tratamento, que ao ser excedida, drena diretamente ao corpo receptor todo o volume acima do dimensionado através de “*by pass*” do sistema coletor. Estes elementos possuem a finalidade de redirecionar o fluxo excedente e com menor carga poluente para contornar a Estação de Tratamento, otimizando assim a capacidade, vazão e dimensionamento da infraestrutura.

A Figura 8 representa graficamente como é o processo de funcionamento do sistema unitário ou misto, bem como seus componentes de extravasamento em dias de alto índice pluviométrico. Neste exemplo fica evidente a necessidade de haver uma tubulação com capacidade maior para absorver altas intensidades pluviométricas.

Figura 8: Exemplo de Sistema Unitário de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Autor, 2020; Adaptado de Tsutiya; Bueno, 2004.

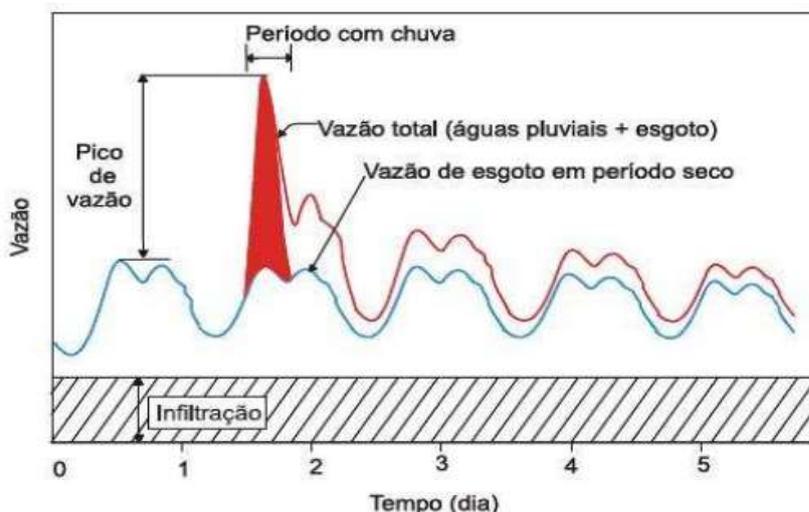
De acordo com constatação de Ide (1984), observou-se o efeito da carga de lavagem para esses eventos, ao se considerar o escoamento superficial urbano, sendo que os primeiros 10% da vazão total escoada concentram 90% da carga poluente. Observou no estudo também que ao final do evento a concentração de DQO (demanda química de oxigênio) representava apenas 1,66% do pico alcançado neste mesmo evento, justificando assim a função de “*by pass*” no sistema após os primeiros instantes de escoamento do efluente e eliminando o excesso dele na estação de tratamento. Cabe destacar que cada projeto deverá determinar qual será o tempo

de concentração do volume das águas pluviais e a capacidade de tratamento, determinando assim o ponto de acionamento do dispositivo de “*by pass*”.

Apresenta como desvantagem a maior dimensão da rede, implicando em volume de obras e investimentos iniciais maiores também. Em países tropicais, tal como o Brasil, a variação de vazão existente entre as estações chuvosa e de estiagem implicaria em uma rede subutilizada em boa parte do ano. Outro inconveniente que este sistema pode apresentar é o odor advindo de dispositivos como bocas de lobo, principalmente em épocas de baixa ou nenhuma presença de chuvas. Como forma de atenuar este problema, são propostas a sifonagem destes elementos, o que exige cuidados relacionados a propagação do mosquito da dengue (MORETTI; YAZAKI, 2008).

A Figura 9 apresenta a variação das vazões de um sistema combinado. A curva inferior representa as oscilações diárias em uma rede coletora de esgoto durante o período seco, ou seja, é o valor da parcela de somente esgoto, e a curva superior indica as oscilações na vazão após um período de chuvas intensas. Neste ponto de máxima vazão é representada a dimensão que a rede deverá suportar com as contribuições somadas advindas de efluentes pluviais e de esgotamentos residenciais, comerciais e industriais. Instantes depois, a curva de vazão no período chuvoso é aproximadamente paralela a curva de período seco, considerando que a contribuição pluvial é pequena e contínua (PORTZ, 2009 *apud* TSUTIYA; BUENO, 2004)

Figura 9: Variação da vazão em período seco e úmido em um sistema combinado.



Fonte: Autor, 2019 (TSUTIYA; BUENO, 2004).

O escoamento pluvial urbano recebe além dos despejos de esgotos domésticos e efluentes comerciais não tratados, a carga proveniente das chuvas que escoam através de

superfícies impermeáveis, construções, depósitos de lixo e resíduos industriais, compoem assim uma carga poluente muito significativa, chamada de poluição de origem difusa (PORTO, 1995). A poluição difusa é um processo que tem origem com a lavagem e transporte de poluentes pelas águas pluviais e carreamento de grande parte dos poluentes depositados na superfície da bacia. Essa carga, ao contrário dos lançamentos pontuais (esgotos domésticos ou industriais), tem seu início em fenômenos aleatórios e de difícil mensuração, onde suas magnitudes dependem principalmente de fatores meteorológicos e do tipo de uso e ocupação do solo.

Esta é uma vantagem do sistema unitário de coleta de esgoto, pois além de coletar os esgotos domésticos e industriais, recolhe a carga distribuída ao longo da superfície da bacia, chamada de poluição difusa. Ressalta-se aqui, as águas da primeira lavagem da superfície possuem uma carga poluente igual ou maior que o próprio esgoto doméstico ou industrial, especialmente nos instantes iniciais de precipitação e escoamento, observados os intervalos de estiagem antecedentes e suas intensidades (IDE, 1984). Esta carga é mais substancial no início do escoamento, uma vez que o primeiro fluxo de água varre a superfície e carrega grande quantidade de poluentes como metais pesados, óleos, graxas, bactérias, sólidos suspensos e matéria orgânica. Este fenômeno é conhecido como primeira carga de lavagem, do inglês “*first flush flow*”, e interfere significativamente na qualidade dos cursos d’água (WARTCHOW, DORNELES, 1990). Estas evidências de correlação e verificação de grandes concentrações de Fósforo Total, Demanda Química de Oxigênio, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Teor de Óleos e Graxas, entre outros, nestas amostras, foram apontados por Vaze & Chiew (2004).

Outra vantagem deste sistema diz respeito em relação de não haver atendimento de serviços de coleta e tratamento de esgoto num número muito grande de municípios, no entanto atribui-se que em praticamente todos eles, a infraestrutura de drenagem pluvial está estabelecida, pelo menos nas regiões de maior adensamento habitacional, nos centros ou mesmo em bairros mais populosos, possibilitando assim seu aproveitamento para, de forma consorciada, agregar ao sistema de drenagem pluvial a coleta e transporte de esgoto doméstico.

Para Tucci (2005), o dimensionamento do sistema unitário é considerado para o escoamento pluvial, pois necessita de alta vazão para escoar seu conteúdo, onde a vazão encaminhada a ETE “ Q ” é o produto da vazão sanitária “ Q_s ” e do fator de diluição “ K ”.

O fator k representa o volume inicial de água pluvial (*first flush flow*) que será encaminhado a ETE. É definido em critérios de projeto, levando em conta os parâmetros de saída do efluente tratado e a qualidade esperada do escoamento superficial (TUCCI, 2005). No

Quadro 1 são apresentados valores limites de vazão em ETE's em alguns países Europeus em relação ao período seco (QMPS).

QMPS = Vazão Máxima em Período Seco.

Quadro 1: Relação de vazão máxima de efluente à ETE durante a precipitação.

PAÍS	VAZÃO MÁXIMA	PAÍS	VAZÃO MÁXIMA
Bélgica	2 - 5 x QMPS	Irlanda	6 x QMPS
Dinamarca	8 - 10 x QMPS	Itália	3 - 5 x QMPS
França	4 - 6 x QMPS	Portugal	6 x QMPS
Alemanha	7 x QMPS	Espanha	3 - 5 x QMPS
Grécia	3 - 6 x QMPS	Inglaterra	6 x QMPS

Fonte: Autor, 2020. Adaptado TSUTIYA; BUENO, 2004.

De acordo com Tsutiya e Bueno (2004), o sistema unitário ou misto foi concebido para países com baixos índices pluviométricos, como exemplo de países Europeus ou América do Norte. No caso do Brasil, os índices pluviométricos apresentados são praticamente três vezes maiores que estes, que é uma característica de países tropicais. O aparecimento do *by pass* se torna necessária para estas aplicações, uma vez que o pico máximo de vazão combinada pode alcançar várias vezes a vazão de esgoto obtida em período seco e seus reflexos são verificados em todo o sistema, seja nas tubulações da rede, estações elevatórias ou mesmo na estação de tratamento. Os dispositivos de desvio e extravasamento que direcionam a parcela excedente, e praticamente composta por somente águas pluviais, aos cursos d'água justamente para não haver sobrecarga dos sistemas de tratamento. Este artifício permite que a parcela mais poluente seja direcionada para a ETE, possibilitando assim que a parcela mais nociva do escoamento pluvial seja tratada e desviando o excedente com menor carga poluente diretamente para os cursos hídricos locais.

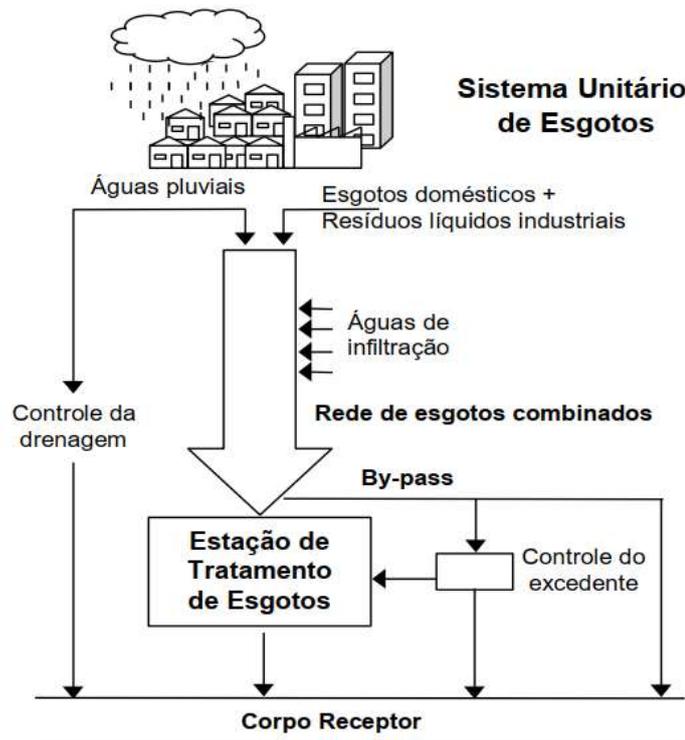
2.5.1.3. Sistema Misto

Este sistema considera a parcela das águas pluviais, proveniente dos telhados das residências e seus respectivos pátios, drenadas juntamente com os esgotos nelas produzidos, conduzidos por uma única rede a Estação de Tratamento de Esgoto. Observa-se que há duas redes neste sistema, uma para a coleta de esgoto e uma parcela das águas pluviais e outra

exclusiva para drenagem das águas pluviais, a exemplo do sistema separador absoluto (TSUTTIYA; BUENO, 2004).

A Figura 10 representa graficamente o funcionamento do sistema misto, pois este sistema coleta parte das águas pluviais e direciona para a estação de tratamento, enquanto que parte dela escoam livremente para os cursos hídricos a jusante (BERNARDES, 2013)

Figura 10: Exemplo de Sistema Misto de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Autor, 2020; adaptado de Bernardes, 2013.

Ide (1984) conclui que a utilização do sistema misto ou o unitário tendem a serem mais vantajosos em países subtropicais ou semiáridos, no entanto, este tipo de sistema de coleta e tratamento de esgoto possui um grande potencial de atender, ou pelo menos auxiliar, no controle da poluição dos cursos d'água em regiões urbanas que já dispõe de um sistema de coleta de águas pluviais consolidado, mas ausência de sistema coletor de esgoto.

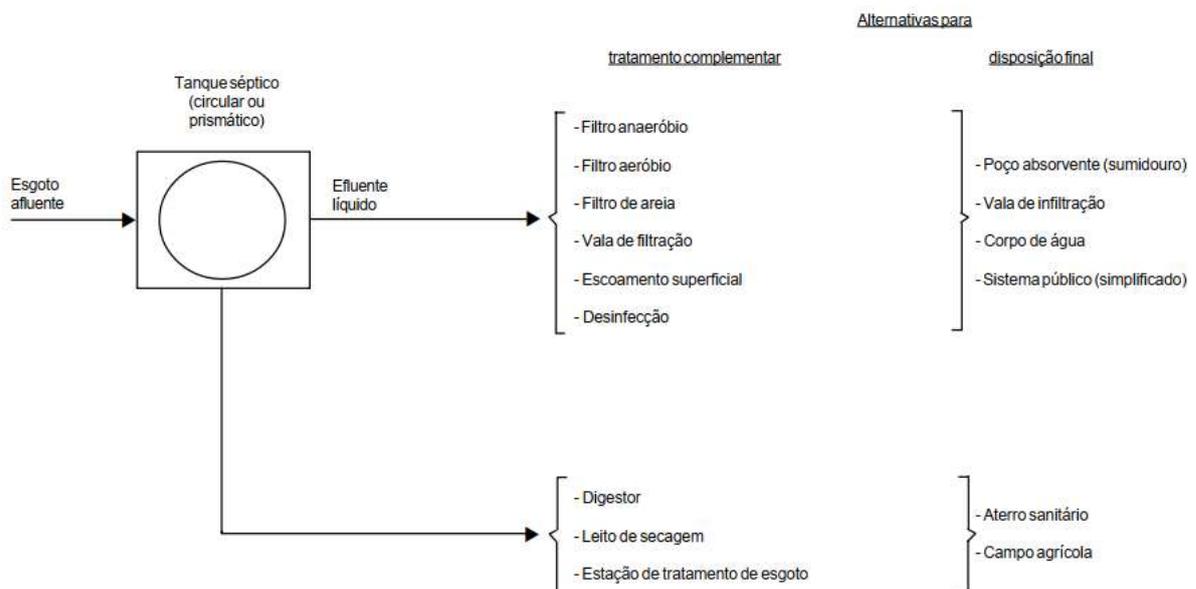
2.5.2. Sistemas Individuais

São sistemas adotados para atendimento unifamiliar onde cada uma das residências possui o seu próprio sistema de coleta, afastamento e tratamento dos esgotos domésticos. Sendo assim, consiste no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em tanque séptico, nele existe ação de bactérias anaeróbias, com posterior dispositivo de filtração e última etapa chamada de sumidouro, com infiltração no solo ou em rede de coleta de águas pluviais.

De acordo com a RN 50 AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul - (2019), sistema individual é o conjunto de componentes destinados ao tratamento e a disposição de esgotos, mediante utilização de tanque séptico e unidades complementares de tratamento e/ou disposição final de efluentes e lodos.

A NBR ABNT 7.229-1993 determina as diretrizes para projeto, construção e operação de tanques sépticos. Esse sistema aplica-se primordialmente a tratamento de esgotos domésticos, adequadamente dimensionados e justificados. A Figura 11 sintetiza o processo de tratamento de acordo com a referida norma. Para despejos oriundos de hospitais, clínicas, laboratórios de análises clínicas, postos de saúde e demais estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, deve ser precedido de apreciação por órgãos e autoridades sanitárias competentes, aponta a norma.

Figura 11: Fluxograma de Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Sanitário.



Fonte: Autor, 2020. Adaptado ABNT NBR 7229-1993.

A norma ABNT NBR 7229-1973 apresenta uma série de combinações possíveis de atendimento do tratamento de esgoto através do sistema individual, propõe ainda que pode haver combinação de alternativa de acordo com a Figura 11.

Neto (1997) destaca que a grande utilização de tanques sépticos se deve, principalmente à simplicidade de construção e operação, de modo que não se fazem necessárias técnicas construtivas especiais, equipamentos sofisticados e nem operário ou conhecimento especializado para sua operação.

A NBR ABNT 13.969-1997 em seu item 5.4 estabelece que o efluente do sistema local de tratamento de esgoto pode ser lançado nas galerias de águas pluviais, desde que satisfaça requisitos de atendimento dos limites e padrões pré-estabelecidos, inclusive valores de desinfecção e possuir autorização do órgão local competente para assuntos sanitários e ambientais.

2.6. Sistema de Drenagem Urbana

O termo “*drenagem urbana*” é entendido como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos relacionados às enchentes, bem como diminuir os prejuízos causados por elas e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (TUCCI et al. 2007).

Toda bacia hidrográfica é composta por uma rede de elementos de drenagem constituída por rios, riachos, córregos e pântanos ou várzeas, que naturalmente se formaram e se mantem em função da dinâmica das precipitações e das características do terreno, como tipo de solo, declividades, cobertura vegetal, entre outros (CANHOLI, 2014). Com o uso urbano intenso do solo da bacia hidrográfica, este sistema é alterado substancialmente pela introdução de elementos artificiais e pelo aumento das descargas. O sistema inicial ou micro drenagem compreende tudo o que é construído para garantir o funcionamento do sistema viário e dar acesso aos lotes e habitações. É composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de drenagem, sistemas de retenção e infiltração nos lotes e pavimentos, trincheiras e valas e muitos outros dispositivos relacionados ao leito viário. Em termos de desempenho, estes elementos se caracterizam por admitir alto risco de falha, correspondente em termos hidrológicos, aos eventos de precipitação de período de retorno em alguns anos,

sendo basicamente entre 2 e 10 anos, de acordo com cada intensidade. Como estes sistemas tem alcance pequeno, sua interconexão também é reduzida e suas falhas causam problemas nas ruas ou avenidas às quais servem.

Canholi (2014) relata ainda que nas áreas urbanas, a macro drenagem herdou as funções da malha hídrica original da bacia na quais córregos, riachos e rios foram substituídos por canalizações de túneis, elevatórias, reservatórios de detenção e retenção, barragens e outros dispositivos. A macrodrenagem tem alta interconectividade, transferindo problemas de um subsistema para outro, motivo pelo qual se admite um baixo risco de falhas, ou seja, tempos de recorrência superiores a 25 anos. Pode-se dizer que a micro drenagem é afeita aos sistemas viários e de acesso, sendo projetada, construída e operada para garantir o bom desempenho destes, além de servir de porta de entrada para a macrodrenagem, que recebe todo o impacto da ação urbana sobre a bacia.

A ocupação desordenada das várzeas eliminou as áreas naturais de armazenamento e escoamento, mostrando que administrar o problema de drenagem consiste em resolver um problema de alocação de espaço urbanizado e de uso e ocupação social. As falhas dos sistemas de drenagem nas bacias urbanas, manifestadas pela falta de espaço para escoamento das águas no período de cheias e todas as suas decorrências, não podem ser imputadas à eventos naturais extremos e sim ao uso do solo e ao desrespeito aos princípios da dinâmica fluvial que rege o comportamento dos cursos d'água naturais originalmente.

A resposta normalmente ditada pelos planos diretores de drenagem é recomendar a construção de mais obras de galerias e canalizações, que acabam por sobrecarregar rios e córregos com alguma capacidade de absorção dessas sobrecargas ou então afetam populações ribeirinhas (SHEAFFER e WRIGHT, 1982). A falha em incorporar a drenagem na fase inicial do desenvolvimento urbano em geral resulta em projetos muito dispendiosos ou, em estágios mais avançados, na sua inviabilidade técnico-econômica (BRAGA, 1994). Esse cenário demonstra a importância do planejamento integrado e abrangente dos sistemas de drenagem urbana e expõe os conflitos, aos quais o planejador deve dar respostas apropriadas.

Ainda segundo Braga (1994), o planejamento da drenagem deve ser entendido como parte de um abrangente processo de planejamento urbano, portando coordenado com os demais planos, principalmente os de saneamento básico água e esgoto, uso e ocupação do solo e transporte.

Nos projetos de canalização, o parâmetro mais importante a considerar é a vazão de projeto, ou seja, o pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido. Portanto, outras precipitações que levem a picos de vazão menores serão sempre conduzidas com segurança pelo sistema existente ou projetado. Ou seja, o volume das cheias intermediárias, associado às diferentes precipitações, passa a ter interesse secundário.

Os métodos mais adequados para a estimativa do tempo de concentração, como o do SCS (1986), Akan (1993) e Welsh (1989), recomendam que seja calculado pela soma de três parcelas, todas elas tratadas com enfoque cinemático, sendo assim, o tempo de concentração (t_c) é obtido pela soma do tempo de esgotamento em superfície (t_s), tempo de escoamento em canais rasos (t_n) e o tempo de escoamento em canais ou galerias definidos (t_q). A unidade de medida é em horas e considera toda a bacia de contribuição.

De modo geral, o custo de um sistema de drenagem urbana compreende três parcelas: implantação, operação e manutenção, e riscos. Os custos de implantação incluem os desembolsos necessários para os estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações. Referem-se, portanto, à implantação da obra. Os custos de operação e manutenção abrangem as despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e outras, relativas à execução dos reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante a vida útil da estrutura. O custo de riscos é um conceito útil para comparar soluções com diferentes graus de atendimento. No caso de drenagem urbana, as soluções atendem a diferentes períodos de retorno da precipitação de projeto. Os valores correspondem aos danos não evitados, ou seja, aos danos residuais relativos a cada período de retorno atendido. Pode ser medido tanto pela estimativa dos danos, como pelos custos de recuperação da área afetada, pontua Canholi (2014).

Cabe destaque ao sistema de drenagem urbana sustentável, caracterizado por buscar a sustentabilidade dos projetos de controle de inundações, conforme Coffman et al (1998) são projetos com objetivo de criar uma “paisagem funcional” capaz de agrupar características no projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia da fase pré-urbanizada. Estes sistemas de drenagem urbana sustentável são dispositivos e técnicas desenvolvidos acerca do seguinte tripé: quantidade, qualidade e amenidade/biodiversidade, as quais devem ser alcançadas de maneira equilibrada (WOODS-BALLARD et al.,2007). Miguez (2005) ressalta que este conjunto planejado de ações implementadas na bacia que visam atenuar os impactos da urbanização não deve estar preocupado somente com a quantidade de água, mas também com sua qualidade.

2.7. O Cenário Internacional no Setor

A experiência internacional reforça o entendimento que não há um modelo único ou definido que possa ser aplicado a todos os casos. Há, na verdade, uma grande variedade de arcabouços institucionais que requerem situações específicas para cada lugar. É possível, no entanto, identificar vetores fundamentais para o desenvolvimento do setor: o planejamento, a regulação e a gestão.

Fazem parte deste estudo as ações no setor do saneamento da Alemanha, dos Estados Unidos da América, do Canadá, do Chile, da Inglaterra e do Japão. Estes países possuem indicadores melhores que o Brasil no que se refere ao saneamento básico, em especial ao abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, entretanto, são verificados problemas de atendimento, regulação ou tarifação.

Os casos selecionados para este estudo permitiram destacar alguns elementos: grande ênfase no planejamento; importância da coordenação pública entre os diferentes órgãos das distintas esferas governamentais; possível participação privada em algumas situações; ênfase na eficiência refletida na redução de perdas no sistema de abastecimento de água.

No caso alemão ocorre maiores esforços em diminuir os índices de perdas de água; no Canadá, há maior enfoque na regulação que procura fazer uma gestão integrada frente suas grandes diferenças regionais em vários quesitos, disponibilidades de recursos hídricos, por exemplo; nos Estados Unidos, o exemplo vem de elevados investimentos *per capita* em saneamento, bem como uma forte ênfase em ações sobre a demanda por água, promovendo seu uso racional e uma mudança de paradigma quanto a utilização dos recursos naturais; o Japão caracterizou sua experiência no planejamento de longo prazo, face sua escassez de matérias-primas e a ocorrência de catástrofes naturais, sendo consolidada sua prática pelos bons índices atingidos e o exemplo de reúso não só dos recursos hídricos como resíduos sólidos também; esta mesma prática serviu de base para o México e em relação aos sistemas inglês e chileno, uma participação crescente do setor privado nos investimentos e gestão do saneamento.

Com base na experiência internacional e das características encontradas, é possível recomendar algumas linhas de atuação para avanço no Brasil: melhoria no planejamento setorial com vista aos impactos causados pela ausência da prestação adequada deste serviço; revisão e disponibilização de mecanismos de financiamento para o setor, atrelados a uma tributação mais racional com viés sistêmico, primeiro na estruturação do sistema e depois na operação e gestão;

inovação na gestão das companhias estaduais e municipais, bem como empresas de capital privado, com proposições de alternativas inovadoras para atendimento do setor, combinando modicidade tarifária e eficiência operacional; atualização do arcabouço legal, normativo e regulatório, dando maior segurança e diretrizes ao setor; fomentar a inovação através de contratos visando a eficiência com estímulo a cadeia produtiva.

O Quadro 2 apresenta uma visão geral das diferentes diretrizes institucionais em cada país. Os modelos levam em conta as necessidades locais e nos casos indicados são exemplos que tem seus sistemas em bons níveis de atendimento apesar de diferentes arranjos normativos e institucionais.

Quadro 2: Arquitetura institucional do saneamento em perspectiva comparada no cenário internacional.

								
PAÍSES	BRASIL	ALEMANHA	CANADÁ	EUA	JAPÃO	MÉXICO	INGLATERRA	CHILE
Poder Concedente	Municipal	Municipal	Provincia	Municipal	Federal	Municipal	Federal	Federal
Regulador	Municipal, consorciado ou Estadual	Federal	Provincia	Federal, Estadual e Municipal	Federal	Não há agências independentes, salvas algumas exceções	Water service Regulation Authority (OFWAT)	Federal
Planejamento	Municipal com diretrizes Estaduais e Federais	Federal	Federal e Provincia	Municipal e Regional	Federal	Federal	Federal	Ministério de Obras Públicas e SISS
Prestação de Serviços	Predominantemente Estadual, Municipal e Privado (pode ter atuação local ou nacional)	Municipal	Municipal	Mais de 80% da população servida por entidades públicas	Governos locais	Municipal	Várias companhias regionais	Empresas privadas ou públicas com abrangência municipal ou regional

Fonte: Autor, 2020; adaptado de CNI, 2017.

Embora as experiências internacionais e seus formatos institucionais variem de país para país, alguns pontos podem ser observados: grande ênfase no planejamento e na gestão integrada; a importância da coordenação entre os diferentes órgãos das distintas esferas governamentais; a aplicação de um grande volume de investimentos no setor; ênfase na eficiência com reflexos na redução das perdas do sistema.

Segundo a *Umweltbundesamt* (WHG, 2020), que é a agência ambiental da Alemanha, os baixos índices de perdas no país são influenciados pela combinação positiva de condições do solo, ações de engenharia para manutenção da qualidade do sistema, fácil acesso para reparos e para substituição de partes da rede. Os esforços para redução de perdas têm sido feitos especialmente ao nível municipal. Um caso de sucesso nessa área, estudado por Reik e Wasser (2008), é o de Leipzig, na parte leste do país. Na cidade, a redução de perdas deu-se a partir de massivos investimentos e diversas ações inovadoras.

O Canadá apresenta elevada disponibilidade de água *per capita*, no entanto, sua distribuição, a exemplo do Brasil, ocorre de forma desigual (SCHAESFER; MARSALEK, 2013). Em relação ao esgotamento sanitário no Canadá, a maioria dos sistemas são operados pelos municípios. Apesar do índice de atendimento (tanto para abastecimento de água quanto para rede de esgoto) ser elevado, dados do *Environment Canadá* (2017) mostram que o tratamento de esgoto não é padronizado no país, de forma que a qualidade dos efluentes lançados em corpos d'água varia consideravelmente pelo país, em termos de presença de poluentes, dadas as tolerâncias distintas.

Nos Estados Unidos da América, o saneamento básico é de responsabilidade dos governos locais. Segundo Schiffler (2015), há 54 mil sistemas públicos de água em todo o país, dos quais mais de 90% servem localidades com menos de 10 mil habitantes. Os sistemas podem ser entidades públicas, ou entidades privadas, sendo que estas respondem por aproximadamente 15% da oferta de água daqueles que utilizam o sistema público. Um dos grandes gargalos do país no saneamento é a falta de investimento no setor, problema recorrente na maioria dos países. Um estudo da Associação Americana de Engenheiros Civis/ASCE (2011) estimou que os investimentos necessários para manter e aprimorar o sistema de água e esgoto no país em 2010 chegariam a US\$ 91 bilhões. No entanto, apenas US\$ 36 bilhões foram investidos, um déficit de US\$ 55 bilhões, complementa o estudo, concluindo ainda que além da postergação dos prazos de universalização, teria um aumento significativo no montante do valor a ser aplicado. Como consequência da crise hídrica ocorrida em 2015 no país, a Casa Branca publicou medidas para ampliar investimentos em sistemas de abastecimento de água. A criação de um Centro de Finanças de Água de seiscentos bilhões de dólares para soluções inovadoras e alternativas para o sistema de água e saneamento nos próximos 20 anos é o exemplo mais claro sobre a necessidade de manter e tratar de forma sustentável os recursos hídricos disponíveis atualmente.

A experiência japonesa baseia-se no fato de possuir baixíssimos níveis de disponibilidade deste recurso e por ter passado várias situações de catástrofes naturais. Por isso empreendeu a construção de um robusto sistema de gestão de recursos hídricos, pautado em dois traços principais, sendo o planejamento de longo prazo e uma estreita coordenação entre os setores públicos, sejam municipal, estadual ou federal, e privado. Outro ponto que leva ao sucesso do sistema japonês é a aplicação de recursos públicos nas obras, representando mais da metade dos custos destas, sob a forma de subsídios (BANCO MUNDIAL, 2006). Apesar disso, os valores restantes que deveriam ser pagos pelo usuário ou governo local, são disponibilizadas

linhas de crédito a baixo custo e subsídios tarifários a fim de que o usuário usufrua dos serviços e contribua com a conservação dos recursos e o meio ambiente.

O Banco Mundial estima que 40% dos recursos do orçamento voltados ao saneamento são aplicados em controle de inundações e 35% em sistemas de coleta e tratamento de esgoto. A expansão do sistema de tratamento de esgoto é um dos principais objetivos japoneses, uma vez que, segundo o Banco Mundial (2006) a proporção da população no Japão com acesso ao tratamento de esgoto era uma das mais baixas entre os países desenvolvidos.

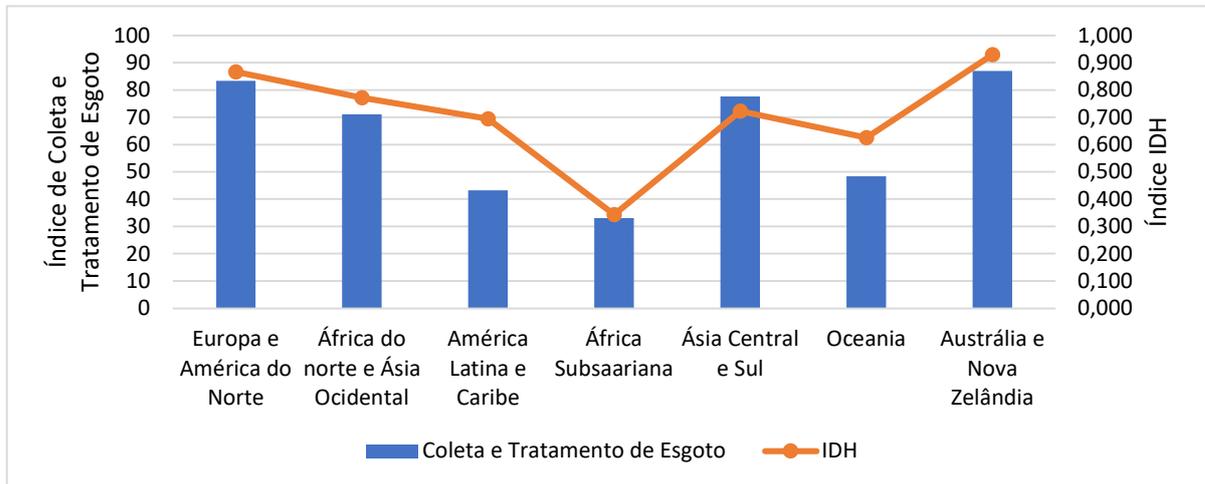
Cabe destaque para casos de reestatização de serviços em saneamento em diversos lugares do planeta, em especial nestes países citados, como mostra um estudo do Transnational Institute - TNI. Os mais relevantes se referem a países como a Alemanha, com 348 processos, França com 152, Estados Unidos da América com 67, Reino Unido com 65, Espanha com 56 (TNI, 2019). Estes dados foram coletados e estudados entre os anos 2000 e 2017, e cerca de 83% deles ocorreram depois de 2009. Cita-se como fatores preponderantes o aumento das tarifas, níveis de investimento aquém do necessário e baixa qualidade na prestação dos serviços. Salienta (TNI, 2019) que estes processos ocorreram principalmente em países centrais do capitalismo, especialmente Estados Unidos da América e Alemanha.

Observa-se que uma grande quantidade de países com alto índice de coleta e tratamento de esgoto possuem reflexo na média do bloco econômico envolvido, e uma situação de desenvolvimento relacionada no IHD. O IDH é composto por alguns indicadores em sua definição, sejam a tríade: a saúde, a educação e a renda. Desde 2010, quando o Relatório de Desenvolvimento Humano completou 20 anos, novas metodologias foram incorporadas para o cálculo do IDH (PNUD, 2021):

- Uma vida longa e saudável (saúde) é medida pela expectativa de vida;
- O acesso ao conhecimento (educação) é medido por: i) média de anos de educação de adultos, que é o número médio de anos de educação recebidos durante a vida por pessoas a partir de 25 anos; e ii) a expectativa de anos de escolaridade para crianças na idade de iniciar a vida escolar, que é o número total de anos de escolaridade que uma criança na idade de iniciar a vida escolar pode esperar receber se os padrões prevalecentes de taxas de matrículas específicas por idade permanecerem os mesmos durante a vida da criança;
- E o padrão de vida (renda) é medido pela Renda Nacional Bruta (RNB) *per capita* expressa em poder de paridade de compra (PPP) constante, em dólar, tendo 2005 como ano de referência.

A Figura 12 traz a relação entre os índices de coleta e tratamento de esgoto e o IDH de cada bloco econômico analisado, evidenciando assim sua correlação intimamente ligada (UNICEF; OMS, 2019).

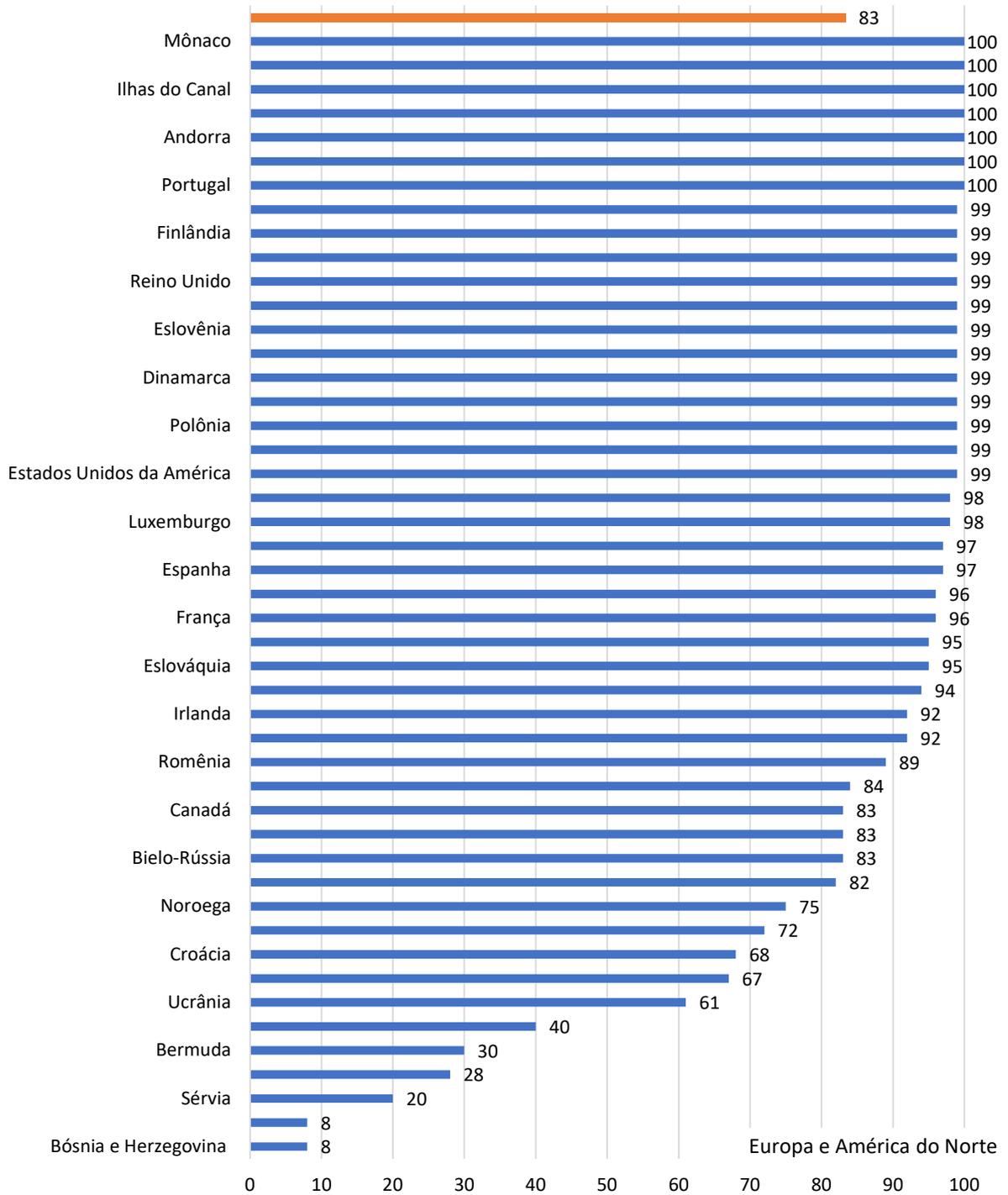
Figura 12: Correlação Coleta e Tratamento de Esgoto x IDH.



Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

A Figura 13 apresenta os níveis de atendimento do serviço de coleta e tratamento de esgoto em diversos países da América do Norte e da Europa.

Figura 13: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a América do Norte e Europa.

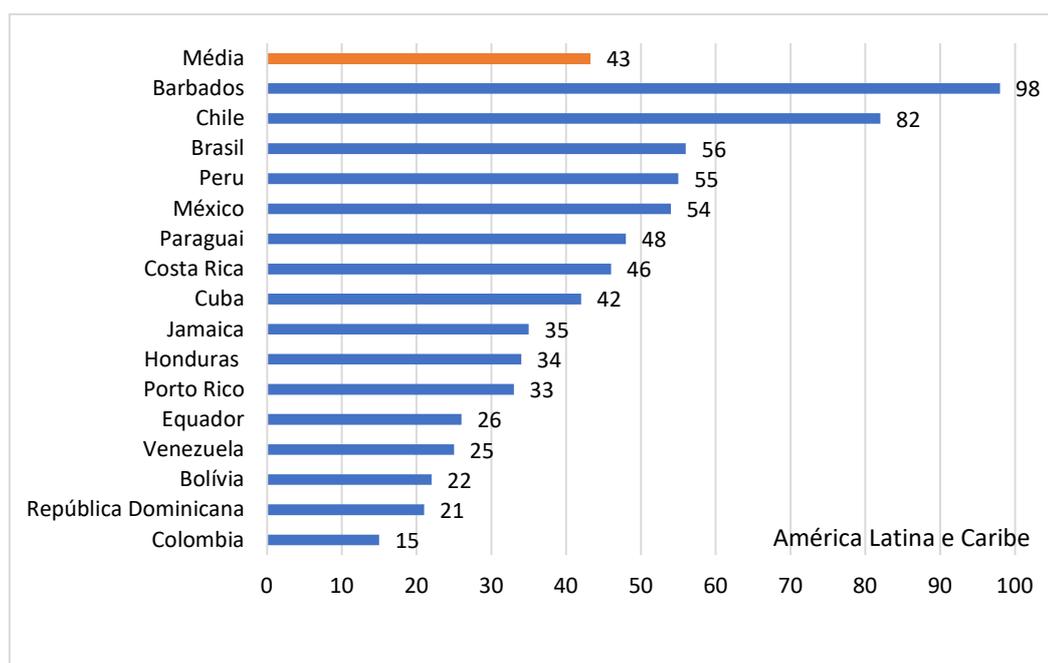


Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

O caso mexicano é caracterizado pela centralização do planejamento e a pouca incidência de agências reguladoras. As características do clima, em sua maior parte árido, favorece o incremento do reúso de águas servidas para a irrigação. De acordo com Lencioni (2011), o México é o segundo país do mundo que mais utiliza água de reúso, perdendo apenas para a China. No país, aproximadamente 78% da água produzida é reutilizada, e, segundo mostra estudo da Organização da Nações Unidas (ONU, 2012), entre os principais destinos para a água de reúso, cerca de 86% é a irrigação da agricultura. Apesar da ação ser positiva, favorecendo a conservação dos recursos hídricos e o uso eficiente da água, a situação é preocupante, pois os efluentes reutilizados não sofrem nenhum tipo de tratamento, e Lencioni (2011) afirma que mais de trinta grandes cidades do país depende dos efluentes para irrigar suas áreas agrícolas. A falta de fiscalização acaba fazendo que casos proibidos sejam práticas e diversas culturas recebam esse tipo de água sem a qualidade mínima necessária e colocando em risco a saúde dos consumidores desses produtos.

A Figura 14 apresenta os índices de atendimento para a América Latina e Caribe, onde verifica-se um contraste entre a média do bloco composto por América do Norte e Europa (Figura 13) em relação a América Latina e Caribe, sendo que o primeiro atende 83% do volume produzido, e o segundo praticamente a metade deste valor, chegando a apenas 43% do volume produzido.

Figura 14: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a América Latina e Caribe.



O modelo de privatização aplicado na Inglaterra obteve sucesso muito em função de uma clara separação entre a prestação dos serviços de saneamento e sua regulação, onde essa, exercida sobre as tarifas praticadas, os padrões de serviço e a qualidade das águas. Amparo e Calmon (2000) sustentam que um fator importante nos resultados positivos do modelo aplicado foi o fato de bipartir a estrutura regulatória, com separação funcional entre reguladores econômicos e de qualidade. Quanto a parte dos reguladores econômicos, foram instituídos limites máximos de tarifa considerando os custos de longo prazo, incentivando a eficiência operacional e otimizando os recursos hídricos. Segundo Amparo e Calmon (2000) o sucesso do modelo inglês é consequência de um governo central forte, com firme disposição política de investir o que era considerado apropriado. Face a essas particularidades, apontam ainda que se torna complexa a aplicação deste modelo em outros países.

O Chile é outro exemplo deste estudo que possui ótimos indicadores de saneamento, sendo que a operação do sistema é realizada por empresas do setor privado e atingem praticamente 100% no atendimento dos serviços de abastecimento de água e 82% do esgotamento sanitário. A boa situação na prestação dos serviços de saneamento pode ser explicada pelos avanços conseguidos a partir dos anos setenta. Nas décadas seguintes as empresas alcançaram autossuficiência financeira, acrescentaram eficiência econômica e então foram abertas ao capital e experiência em gestão do setor privado. O modelo seguiu uma metodologia tarifária proporcional ao custo operacional, incentivos à eficiência e repasse de ganhos em eficiência em cada período regulatório. Em resumo, as tarifas são baseadas nos custos eficientes da prestação dos serviços.

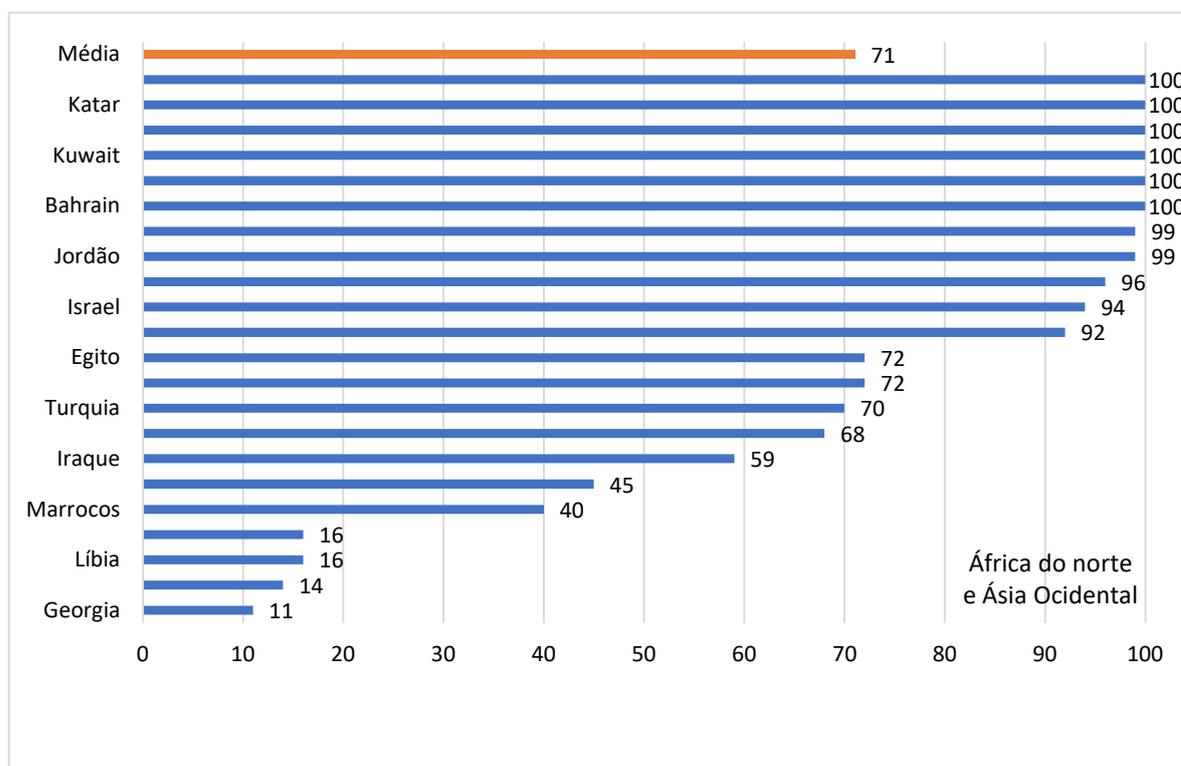
Em referência aos modelos chileno e peruano, as evidências mostram um grande contraste nestes dois sistemas (CNI, 2017), pois o sucesso do Chile esteve atrelado a situação de eficiência alcançado pelas empresas estatais antes da privatização. Desse modo, o Chile alcançou primeiro coberturas universais com subsídios estatais e tarifas que asseguravam o autofinanciamento dos prestadores destes serviços, sejam, operação, manutenção e investimentos. No caso do Peru, a atração da participação privada permanece inibida até que se consiga melhores resultados com a atuação pública que permita definir os mecanismos adequados e um alinhamento de atratividade para o setor privado.

O estudo da CNI (2017) mostra que não há um modelo padrão que possa ser aplicado automaticamente ao saneamento brasileiro. As propostas sugeridas giram em torno daquele que deveria ser o tripé da infraestrutura, o planejamento, a gestão e a regulação. Além disso propõe algumas linhas de ação, sejam: análise dos impactos pelo não atendimento adequado do serviço;

revisão e modificação dos mecanismos de financiamento atrelados a uma tributação mais racional e voltada a reversão para o aprimoramento do setor; inovação e proposição de alternativas capazes de suprir as demandas postas; e aprimoramento da regulação.

A Figura 15 apresenta outros valores de atendimento dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, em outro bloco geoeconômico. Neste caso, está considerando a África do Norte e a Ásia Central. Apesar de possuir uma média elevada, possui vários países com baixo índice de atendimento, mesclando assim uma combinação de áreas desenvolvidas com outras em desenvolvimento.

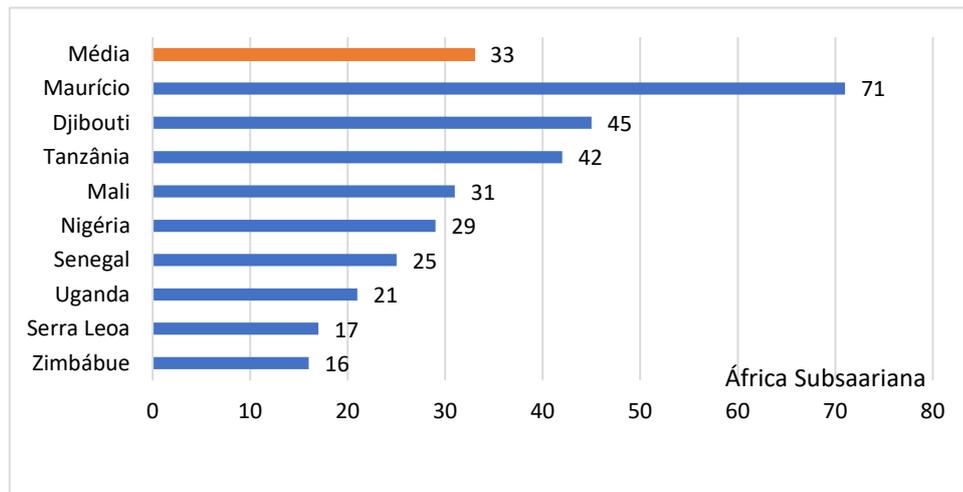
Figura 15: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a África do Norte e Ásia Central.



Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

Outros blocos são apresentados nas Figura 16, 17, 18 e 19, onde são verificadas divergências entre valores do mesmo bloco e também entre blocos distintos. Em especial para a África Subsaariana, o índice é extremamente baixo, e ao analisar os piores indicadores e excluindo o ponto fora do desvio padrão, a média aponta um cenário muito preocupante quanto a precariedade no atendimento nesta macro regional geopolítica.

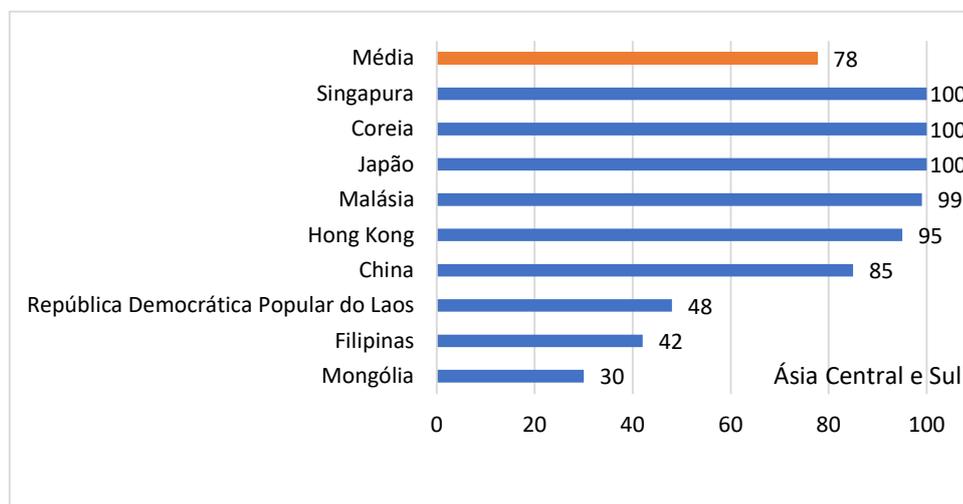
Figura 16: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a África Subsaariana.



Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

O bloco formado pela Ásia Central e Sul contrasta com o bloco anterior por possuir vários países com alto índice de atendimento, elevando assim a média do grupo, mostrado na Figura 17.

Figura 17: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Ásia Central e Sul.

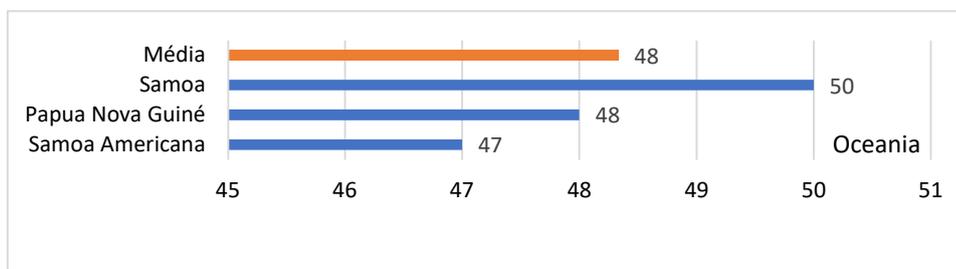


Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

Outros dois blocos menores também apresentam suas particularidades, porém com menor contraste entre si e comparativamente também. A Oceania, Figura 18, possui certo equilíbrio entre seus países componentes, apesar de baixo. Já o último bloco analisado, Figura 19, composto pela Austrália e Nova Zelândia, apresentam razoável nível de atendimento, sendo

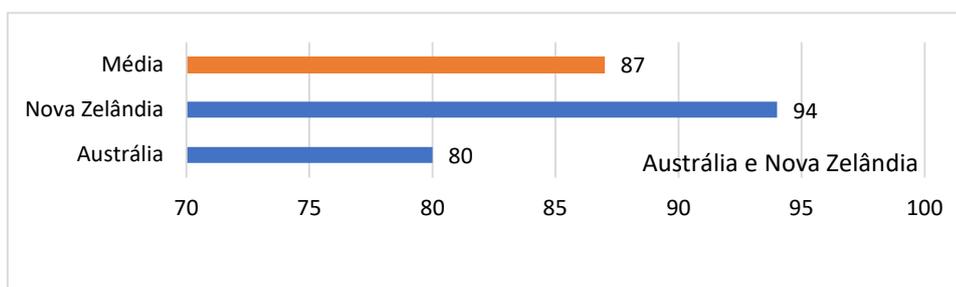
a Nova Zelândia praticamente com seu atendimento universalizado quanto a coleta e tratamento de esgoto.

Figura 18: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Oceania.



Fonte: Autor, 2020; Baseado em UNICEF e OMS, 2019.

Figura 19: Percentuais de atendimento no serviço de coleta e tratamento de esgoto para a Austrália e Nova Zelândia.



Fonte: Autor, 2020; Baseado em Unicef e OMS, 2019.

De forma geral, os sistemas com alto índice de atendimento, são caracterizados pela aplicação de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto, seja o tipo Separador Absoluto ou o Misto ou o Unitário. Já as regiões com maior precariedade na prestação deste serviço, procura através de sistemas módicos, baseados em soluções individuais, onde cada unidade consumidora ou produtora de esgoto deve responsabilizar-se pelo tratamento e manejo adequado de seu efluente, atender aos requisitos mínimos de tratamento dos esgotos gerados. Não há informação que os sistemas individuais sejam operacionalizados de forma pública em outras unidades da Federação do Brasil, nem tampouco em outros países, sendo assim cada indivíduo é responsável pelo correto funcionamento do seu sistema.

2.8. A Regulamentação do Setor no Brasil

De acordo como visto nos tópicos anteriores, há três pilares que devem ser observados para a gestão do saneamento: boa regulação do setor; maior eficiência na prestação; metas de planejamento. Novos tópicos serão abertos para uma descrição mais ampla sobre o tema, como as agências reguladoras e o uso do subsídio cruzado, por exemplo, durante o desenvolvimento deste trabalho.

2.8.1. Legislações

Com a edição da Lei 11.445 (BRASIL, 2007), os serviços de saneamento básico, sejam, sistema de abastecimento de água potável (SAA), sistema de esgotamento sanitário (SES), manejo de resíduos sólidos (MRS) e sistema de drenagem pluvial (SDP), passaram a ter seus serviços delegados ao setor público ou privado, através de contrato de concessão, ou em outros casos mantido e operado pelo próprio município. A única atividade indelegável do titular é o planejamento, e deve ser prescrito no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Este documento concentra todos os dados do diagnóstico destes sistemas e seu planejamento para um horizonte, geralmente, entre 20 e 30 anos. Define metas de atendimento e prestação destes serviços com faixas definidas em curto, médio e longo prazos para o desenvolvimento e atendimento.

A Lei 11.445(BRASIL, 2007), conhecida como “marco legal do saneamento básico”, estabelece em seu artigo 45º, parágrafo primeiro, que na ausência de rede pública de coleta de esgoto serão admitidas soluções individuais, todavia, deverão ser observadas normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambientais, sanitárias e de recursos hídricos.

Esta norma trata a solução individual com um viés contraditório, pois a disciplina pela exceção. Em seu artigo 5º a exclui da lista dos serviços públicos de saneamento se o usuário não depender de terceiros para a execução do serviço. Pelo fato de ser o município o titular dos serviços de saneamento básico, somado ao fato da homologação de procedimento através de agência reguladora, está se iniciando um movimento no ambiente legislativo e regulatório para tornar público o serviço de coleta de esgoto em sistemas individuais de tratamento de esgoto e definir de forma prática, técnica e objetiva, procedimentos para operacionalização de sistemas

individuais de coleta e tratamento de esgoto com observação em todo o sistema complementar, gerenciado e controlado pelas empresas prestadoras deste serviço.

De forma mais recente, a PEC (Proposta de Emenda Constitucional) 4.261/2019, votada em 15 de julho de 2020 e transformada na Lei 14.026/2020, propõe atualização do Marco Legal do Saneamento Básico. Dentre as principais mudanças e objetivos, além de buscar a universalização e a abertura para o capital privado como forma de fomentar o setor, destacam-se alguns pontos abaixo:

- A Agência Nacional de Águas (ANA) instituirá diretrizes de referência para agências reguladoras e prestadoras de serviços de saneamento;
- Os contratos de prestação de serviços de saneamento devem incluir metas de universalização de 99% de cobertura para abastecimento de água e 90% de cobertura e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033;
- Vedação à assinatura de novos Contratos de Programa para serviços de saneamento.
- No caso de um processo de privatização de uma empresa de saneamento estatal, não há necessidade de consentimento dos titulares (municípios), caso não haja alterações no objeto e na duração dos seus contratos de programa;

2.8.2. Normas Técnicas

Não são poucas as normas que fazem parte do acervo a ser considerado quanto ao setor do saneamento básico, e entre elas estão a NBR ABNT 7.229 de 1993 que trata de Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos; a NBR 13.969 de 1997 que trata de Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação; a NBR 9.648 de 1986 que trata de Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário, a NBR 9.649 de 1986 que trata de Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário entre outras que serão trazidas a discussão.

A NBR 9.648 (ABNT, 1986), por exemplo, define o esgoto sanitário como “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. O termo esgoto é utilizado para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades de origem e utilização das águas (JORDÃO; PESSOA, 1995).

3. METODOLOGIA

O presente capítulo visa apresentar a metodologia desenvolvida neste trabalho, cujo objetivo desta etapa é partir da caracterização dos diferentes tipos de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto. Os sistemas foram caracterizados através de aspectos construtivos, forma de coleta e tratamento. A esfera ambiental será considerada atendida independente da alternativa adotada, pois tanto um quanto outro sistema possuem a capacidade de tratar e atender os parâmetros ambientais dos efluentes. Resguarda-se aqui o manejo e a capacidade de tratamento de cada solução, pois a capacidade de remoção de agentes poluentes contidos no esgoto deve ser observada de acordo com os critérios normatizados e prescritos em leis, resoluções, ou no que mais couber. O quesito social também será dado como atendido no instante em que o esgoto local estará sendo coletado e tratado, igualmente resguardadas as condições mínimas de desinfecção indicadas nas cartas normativas. Considerando a tríade economia, sociedade e meio ambiente, o foco deste trabalho é atribuir a relação econômico-financeira entre os tipos de sistemas. O quesito técnico-operacional está o vinculado à entre a possibilidade e o custo a ser empregado.

Dentre os principais parâmetros constituintes de cada sistema, apresenta-se, as características construtivas e funcionais considerando as vantagens e desvantagens de cada tipo de solução, dificuldades de instalação e operação e perspectivas de investimento.

3.1. Caracterização da Pesquisa

Esta pesquisa é classificada como descritiva. Nas pesquisas descritivas os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que haja interferência sobre eles, ou seja, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não serão manipulados no decorrer da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.2. Delineamento Metodológico

As etapas da pesquisa estão demonstradas no fluxograma da Figura 20 que apresenta os estágios seguidos para a sua conclusão.

Para esta pesquisa foi usado, como base de fonte, dados de empresas prestadoras de serviço; relatórios técnicos; dissertações e artigos, além de livros; manuais técnicos e artigos de revisão.

Etapa 1: Definir/caracterizar os tipos de coleta e tratamento de esgoto.

A definição conceitual e característica dos sistemas foi vastamente explorada na revisão bibliográfica, no entanto, é citada aqui para introduzir as etapas seguintes da metodologia e dos resultados.

Etapa 2: Apresentar a relação econômica entre os tipos de sistemas.

Esta parte do trabalho apresenta o custo de implantação de cada tipo de sistema. A composição do sistema coletor poderá ser simples, ou seja, somente um tipo de sistema, ou poderá ser composto por dois ou mais tipos de sistemas. Essa análise leva em conta o custo do sistema. Isto está relacionado a outras variáveis como; regiões de grande adensamento demográfico em todo o sistema ou num ponto específico; aproveitamento de redes já construídas e de uso pluvial; condições do solo e da urbanização; e detalhes geográficos do local. Neste contexto, o número de economias e seu respectivo custo unitário de instalação e operação para cada tipo de sistema é a variável considerada nas análises. As informações necessárias para as análises se referem ao número de economias ou de habitantes compreendidos no sistema e o custo de implantação dos sistemas.

Os dados objetos da análise foram providos de dados públicos de editais e contratos para obras de redes, elevatórias, estações de tratamento de esgoto, enfim, de todas as atividades que foram necessárias para a construção e implementação dos sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto. A obtenção destes dados foi feita diretamente nos sites, ou endereços eletrônicos, das Companhias de saneamento dos três Estados da região Sul do Brasil, donde é possível acessar o banco de dados de licitações em andamento ou já realizadas.

A região de abrangência escolhida foi a região Sul do Brasil, contemplando seus três Estados, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná a partir dos anos de 2013. Utilizou-se os valores praticados na região Sul do Brasil a partir do ano de 2013 até o ano de 2020, pois foi onde obteve-se o maior volume de dados para análise do sistema coletivo e sua respectiva disponibilidade.

Etapa 3: Apresentação da viabilidade econômica de cada tipo de sistema.

Esta etapa se parece com a anterior, no entanto leva em conta a quantidade populacional para determinar a viabilidade e a composição do sistema. A variável a ser considerada nesta etapa é o custo por economia para cada tipo de sistema possível, ou seja, esta informação apontará qual a melhor alternativa para o município sob o ponto de vista econômico.

Os dados tratados e obtidos na etapa anterior forneceram os subsídios para a determinação e quantificação dos custos por tamanhos dos sistemas, avaliando assim o ganho de escala na implementação de um ou outro tipo de sistema, buscando demonstrar menor custo para sistemas maiores.

Etapa 4: Hipóteses de composição dos sistemas.

De acordo com os parâmetros discutidos nas etapas anteriores, e considerando adequados todos os tipos sistemas para coleta e tratamentos em termos ambientais ou sociais, as hipóteses podem ser trabalhadas sob a variável econômica em relação ao seu tamanho. Outras variáveis também farão parte da análise, tais como condições geográficas, infraestruturas já construídas, distâncias de coleta, etc.

A Figura 20 propõe um esquema fluxográfico para definição de faixas que contenham números de economias que darão suporte a viabilidade operacional de determinado sistema e o tornem mais econômico do ponto de vista da implementação e operação.

Figura 20: Fluxograma do procedimento metodológico.



4. RESULTADOS

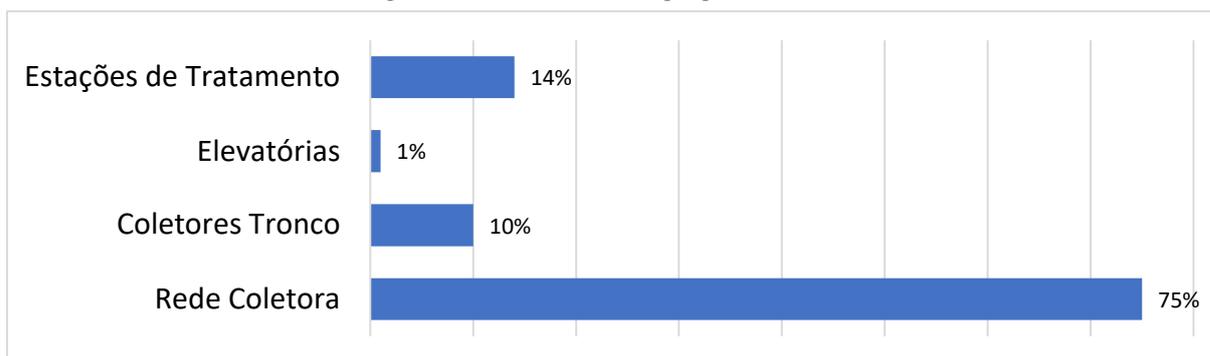
Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa, sendo subdivididos de acordo com as etapas listadas na metodologia, visando o atendimento dos objetivos específicos.

4.1. Relação econômica por tipo de sistema

De acordo com a literatura pesquisada e dados de campo levantados, os custos de implantação de sistemas de tratamento de esgoto, possuem distribuição diversa de acordo com cada parte componente do sistema, ao considerar sistemas coletivos, especialmente separador absoluto.

A Figura 21 apresenta a distribuição dos custos parciais de cada parte componente do sistema, sejam redes coletoras, coletores troncos, elevatórias ou estação de tratamento.

Figura 21: Percentual de custo por parte do sistema.



Fonte: Autor, 2019. Baseado em GOMES; HARADA, 1997.

De posse desta informação, se pode quantificar os custos por economia de alguns sistemas, baseados em dados de contratações de obras para construção de redes de esgoto, estações de tratamento, elevatórias, enfim, cada parte constituinte do sistema.

Por serem obras bastante complexas, os editais deste tipo de obra são separados em partes, sendo assim, um sistema possui várias fases e etapas, sendo cada uma, composta por contratação específica, geralmente.

A seguir serão apresentadas tabelas com os valores de diversas obras realizadas no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul, através da Companhia Riograndense de Saneamento – Corsan; da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – Casan; da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. A distribuição das obras foi composta pelas diversas partes

constituintes de um sistema de esgotamento sanitário, seja pela implantação de rede coletora de esgoto, estações elevatórias, estações de tratamento de esgoto, coletores e emissários.

Está sendo considerado também a solução individual, com definição dos custos de operacionalização, pois as adequações deste tipo de tratamento são de responsabilidade dos usuários em geral. Para fins de universalização do atendimento, entidades governamentais fornecem subsídios financeiros nas tarifas e aportes de recursos em programas com o objetivo de obter a instalação deste sistema em determinadas regiões, portanto, será dimensionado e quantificado valor para instalação deste sistema para unidades unifamiliares com o objetivo de relativizar comparativamente os custos entre todos os sistemas.

Os dados da Tabela 2 se referem aos investimentos realizados nos Estados da região Sul do Brasil desde os anos de 2013 até os dias atuais. Estas obras nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná foram contratadas através de processos licitatórios que visam obter o menor preço dentro de uma proposta pré-definida, resguardada a capacidade técnica de execução de acordo com os preceitos e diretrizes contidos na Lei 13.133 (BRASIL, 2016). Ordenou-se a Tabela 2 de acordo com busca realizada, e inseriram-se as informações básicas que possam trazer informações para seu entendimento, tais como: nome da empresa; ano da contratação; tipo da obra a ser executada; valores corrigidos para a data presente; número de economias atendidas entre outros dados.

Os dados financeiros ou valores estudados foram corrigidos e atualizados pelo INCC - Índice Nacional de Custo da Construção – que é uma taxa calculada mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) para medir o aumento dos custos dos insumos utilizados em construções habitacionais. Concebido com a finalidade de aferir a evolução dos custos de construções habitacionais, configurou-se como o primeiro índice oficial de custo da construção civil no país, tornando-se assim indicado a aferir correções de custos relacionados a construção civil (FGV – IBRE, 2021). Apura a evolução dos custos no setor da construção mensalmente e é um dos termômetros do nível de atividade da economia (FGV, 2021).

A Tabela 1 apresenta os índices utilizados para correção dos valores encontrados e dispostos na Tabela 2.

Tabela 1: INCC - Períodos e Acumulado.

Ano	% INCC	% INCC Acumulado	Ano	% INCC	% INCC Acumulado
2020	8,66	8,66	2014	6,74	41,09
2019	4,13	12,79	2013	8,07	49,16
2018	3,97	16,76	2012	7,26	56,42
2017	4,03	20,79	2011	7,58	64,00
2016	6,34	27,13	2010	7,57	71,57
2015	7,22	34,35	2009	3,21	74,78

Fonte: Autor, 2021. Baseado em FGV/IBRE, 2021.

Tabela 2: Dados base para determinação dos custos por unidade, considerando EL; REDE; ETE simultâneas.

EDITAL	CONTRATO	ANO	LOCAL	DESCRIÇÃO SERVIÇO OU MATERIAL	DESCRIÇÃO	EMPRESA	**VALOR ATUALIZADO	ECONOMIAS	CUSTO/ECÓN OMIA PARCIAL	% a ser aplicado	CUSTO POR ECONOMIA REAL
PE 035/2020		2020	Região das Missões RS	Ampliação/Substituição de redes	REDE	CORSA N	R\$ 1.563.783,54	1.110	R\$ 1.408,81	75	R\$ 1.878,42
RO 07/2020		2020	Região Central do RS	Elevatórias de Esgoto	EL	CORSA N	R\$ 15.855.668,21	129.487	R\$ 122,45	1	R\$ 12.244,99
ED 057/2019		2019	Santiago	Construção de ETE	ETE	CORSA N	R\$ 16.112.822,31	15.870	R\$ 1.015,30	14	R\$ 7.252,15
PE 215/2018		2018	Canela e Gramado - RS	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 1.881.621,14	270	R\$ 6.968,97	75	R\$ 9.291,96
PE 174/2018		2018	Região Planalto - RS	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 1.871.455,47	500	R\$ 3.742,91	75	R\$ 4.990,55
ED 077/2018		2018	Gravataí - RS	Construção de ETE	ETE	CORSA N	R\$ 37.291.850,65	101.499	R\$ 367,41	14	R\$ 2.624,36
ED 064/2018		2018	Santo Ângelo	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 24.157.505,02	4.531	R\$ 5.331,61	75	R\$ 7.108,81
	TC 725/13	2013	Erval Seco - RS	Construção de ETE	ETE	PAC	R\$ 2.693.179,29	1.723	R\$ 1.563,08	14	R\$ 11.164,83
ED 041/2019		2019	Carazinho	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 32.696.453,03	6.395	R\$ 5.112,82	75	R\$ 6.817,09
ED 018/2018		2018	Carazinho	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 22.199.173,46	2.260	R\$ 9.822,64	75	R\$ 13.096,86
	TC 023/17	2017	Passo Fundo	Construção de ETE	ETE	CORSA N	R\$ 17.431.053,74	30.000	R\$ 581,04	14	R\$ 4.150,25
	TC 062/19	2019	Passo Fundo	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto + Elevatórias	REDE + EL	CORSA N	R\$ 30.322.119,52	10.000	R\$ 3.032,21	76	R\$ 3.989,75

	TC 175/16	2016	Passo Fundo	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto + Elevatórias	REDE + EL	CORSA N	R\$ 8.065.606,05	998	R\$ 8.081,77	76	R\$ 10.633,91
		2016	Passo Fundo	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 32.408.085,27	10.000	R\$ 3.240,81	75	R\$ 4.321,08
	TC 01/18	2018	Carazinho	Construção de ETE	ETE + EL	CORSA N	R\$ 6.603.336,11	15.000	R\$ 440,22	15	R\$ 2.934,82
	TC 142/18	2018	Carazinho	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto + Elevatórias	REDE + EL	CORSA N	R\$ 16.308.129,13	2.928	R\$ 5.569,72	76	R\$ 7.328,57
	TC 277/19	2019	Carazinho	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto + Elevatórias	REDE + EL	CORSA N	R\$ 24.758.142,08	3.472	R\$ 7.130,80	76	R\$ 9.382,63
	TC 202/13	2013	Carazinho	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 1.010.892,64	215	R\$ 4.701,83	75	R\$ 6.269,10
	TC 155/16	2016	Erechim	Construção de ETE	ETE	CORSA N	R\$ 23.706.517,42	30.000	R\$ 790,22	14	R\$ 5.644,41
	TC 255/17	2017	Erval Seco - RS	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto + Elevatórias	REDE + EL	CORSA N	R\$ 822.563,93	88	R\$ 9.347,32	76	R\$ 12.299,10
	TC 40/17	2017	Lagoa Vermelha	Ampliação e Substituição de Redes de Esgoto	REDE	CORSA N	R\$ 5.371.997,03	450	R\$ 11.937,77	75	R\$ 15.917,03
ED 038/17		2017	Carazinho	Construção de ETE + Elevatória	ETE + EL	CORSA N	R\$ 8.115.675,20	6.400	R\$ 1.268,07	15	R\$ 8.453,83
	CP 01/19	2019	Florianópolis . ETE Insular	Construção de ETE + Rede	ETE + REDE	CASAN	R\$ 163.432.656,27	45.000	R\$ 3.631,84	89	R\$ 4.080,72
*		2021	Criciúma. Bairros Vila Rica, Próspera, Argentina, Brasília, Imigrantes, Ceará, Jardim Maristela, Nsra da Salete e	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 60.400.000,00	10.000	R\$ 6.040,00	100	R\$ 6.040,00

			Morro do Céu.								
*		2020	Criciúma. Bairros São Luiz e Michel	Construção de Rede + Elevatória	REDE + EL	CASAN	R\$ 17.385.600,00	2.400	R\$ 7.244,00	76	R\$ 9.531,58
*		2018	Araquari	Construção de Rede + Elevatória	REDE + EL	CASAN	R\$ 23.702.280,00	2.030	R\$ 11.676,00	76	R\$ 15.363,16
*		2016	Curitibanos	Construção de ETE + Rede	REDE + ETE	CASAN	R\$ 49.962.090,00	3.547	R\$ 14.085,73	89	R\$ 15.826,66
*		2014	Biguaçu	Rede	REDE	CASAN	R\$ 62.079.600,00	4.942	R\$ 12.561,63	75	R\$ 16.748,85
*		2016	Ibirama	Construção de Rede + Elevatória	REDE + EL	CASAN	R\$ 19.450.890,00	1.133	R\$ 17.167,60	76	R\$ 22.588,95
*		2018	Braço do Norte	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 27.438.600,00	2.500	R\$ 10.975,44	100	R\$ 10.975,44
*		2015	Mafra	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE	CASAN	R\$ 13.166.300,00	2.000	R\$ 6.583,15	89	R\$ 7.396,80
*		2015	Canoinhas	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 35.737.100,00	2.225	R\$ 16.061,62	100	R\$ 16.061,62
*		2016	Bombinhas	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 71.192.800,00	7.100	R\$ 10.027,15	100	R\$ 10.027,15
*		2016	Laguna	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 55.555.810,00	10.600	R\$ 5.241,11	100	R\$ 5.241,11
*		2016	Concórdia	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 51.487.650,00	6.443	R\$ 7.991,25	100	R\$ 7.991,25
*		2020	Chapecó	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 20.754.060,00	2.425	R\$ 8.558,38	100	R\$ 8.558,38
*		2015	Dionísio Cerqueira	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 18.674.650,00	1.925	R\$ 9.701,12	100	R\$ 9.701,12

*		2015	Forquilha	Construção de Rede	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 37.886.700,00	1.750	R\$ 21.649,54	100	R\$ 21.649,54
*		2016	Rio do Sul	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 79.837.640,00	11.500	R\$ 6.942,40	100	R\$ 6.942,40
*		2020	Lauro Müller	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 22.493.025,90	2.250	R\$ 9.996,90	100	R\$ 9.996,90
*		2014	Ituporanga	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 19.752.600,00	2.000	R\$ 9.876,30	100	R\$ 9.876,30
*		2014	Garopaba	Construção de Rede + Elevatória	REDE + EL	CASAN	R\$ 22.984.971,90	7.750	R\$ 2.965,80	76	R\$ 3.902,37
*		2015	Piçarras	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 69.874.586,59	5.276	R\$ 13.243,86	100	R\$ 13.243,86
*		2018	Otacílio Costa	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 24.636.360,00	1.500	R\$ 16.424,24	100	R\$ 16.424,24
*		2019	Florianópolis . SES Ingleses - Santinho	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 94.743.600,00	5.000	R\$ 18.948,72	100	R\$ 18.948,72
*		2019	Barra do Sul	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 52.783.517,21	4.386	R\$ 12.034,55	100	R\$ 12.034,55
*		2020	Xanxerê	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	CASAN	R\$ 10.866.000,00	1.300	R\$ 8.358,46	100	R\$ 8.358,46
*		2021	Ivaiporã	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	SANEP AR	R\$ 37.300.000,00	5.800	R\$ 6.431,03	100	R\$ 6.431,03
*		2021	Arapongas	Elevatórias de Esgoto	REDE + EL	SANEP AR	R\$ 5.500.000,00	2.100	R\$ 2.619,05	75	R\$ 3.492,06
*		2021	Ibaiti	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	SANEP AR	R\$ 1.400.000,00	412	R\$ 3.398,06	100	R\$ 3.398,06
*		2021	Ibaiti	Construção de Rede + ETE	REDE + ETE	SANEP AR	R\$ 30.000.000,00	3.200	R\$ 9.375,00	89	R\$ 10.533,71

*		2020	Leópolis	Construção de Rede + ETE	REDE + ETE	SANEP AR	R\$ 8.692.800,00	580	R\$ 14.987,59	100	R\$ 14.987,59
*		2020	Cornélio Procópio	Construção de Rede + ETE	REDE + ETE	SANEP AR	R\$ 5.976.300,00	481	R\$ 12.424,74	100	R\$ 12.424,74
*		2020	Curiúva	Construção de Rede + ETE	REDE + ETE	SANEP AR	R\$ 21.732.000,00	2.100	R\$ 10.348,57	100	R\$ 10.348,57
*		2020	Uraí - PR	Construção de Rede	REDE	SANEP AR	R\$ 760.620,00	415	R\$ 1.832,82	75	R\$ 2.443,76
	TC/PA C 0569/14	2015	Trindade do Sul	Construção de Rede + Elevatória + ETE	REDE + ETE + EL	FUNAS A	R\$ 9.304.844,68	700	R\$ 13.292,64	100	R\$ 13.292,64

Fonte: Autor, 2020 – Domínio público (continuação Tabela 2)

*Dados dos sites das Companhias Estaduais.

**Valores atualizados de acordo com o INCC – FGV/IBRE.

<https://www.corsan.com.br/licitacoescredenciamentos>

<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index?url/licitacoes>

<http://licitacoes.sanepar.com.br>

A Tabela 2 apresenta dados de obras na região Sul do Brasil. São obras de implantação de sistemas de esgoto coletivo do tipo separador absoluto. Em diversas obras há contratação de apenas uma parte do sistema, sejam as redes coletoras, as estações elevatórias ou a construção das estações de tratamento de esgoto. De acordo com cada dado disponível, foi aplicada a proporção equivalente para um sistema completo, de acordo com os dados apresentados na Figura 21 para obtenção do valor final da implantação de um sistema completo por economia.

Os dados obtidos na Tabela 2 foram processados em planilha eletrônica Microsoft Excel. Se fez necessário estabelecer o grau de confiabilidade dos dados obtidos, para isso, utilizou-se a função INT.CONFIANÇA, que calcula o intervalo de confiança para uma média da população, usando uma distribuição normal. Para a obtenção dos resultados, expressos na unidade principal de observação, é necessário informar o grau de confiança que está sendo procurado, o desvio padrão das amostras obtidas e o número de amostras.

Tabela 3: Resultados das análises dos dados coletados para sistema coletivo tipo separador absoluto.

Item	Valor
GRAU DE CONFIANÇA 95%	0,05
DESVIO PADRÃO	R\$ 4.900,72
Nº AMOSTRAL	56
MÉDIA AMOSTRAL	R\$ 9.510,91
TOLERÂNCIA	R\$ 1.283,55
PARA 95% DE CONFIANÇA, VALORES:	
MÁXIMO	R\$ 10.794,46
MÍNIMO	R\$ 8.227,35

Fonte: Autor, 2021.

A Tabela 3 apresenta o detalhamento estatístico dos dados coletados, sendo que a média geral encontrada nas amostras, para os custos de instalação de um sistema completo que considera coleta e tratamento de esgoto atualizado foi de R\$ 9.510,91 por economia. Através da ferramenta MicroSoft Excel®, função INT.CONFIANÇA, obteve-se uma faixa de valores de custo para instalação do sistema de coleta e tratamento de esgoto variando de R\$ 8.227,35 a R\$ 10.794,46, com um grau de confiança de 95% de certeza dos dados em relação ao grupo amostral apresentado na Tabela 2.

Utilizou-se os valores praticados na região Sul do Brasil a partir do ano de 2013 até 2020, pois foi onde obteve-se maior volume de dados para análise do sistema coletivo e sua respectiva disponibilidade. Um fator de grande variação nos valores de implantação destes sistemas se refere as características topográficas de cada local. Tsutiya & Sobrinho (1999) reforçam que o traçado da rede de esgotos está estreitamente relacionado à topografia da cidade,

uma vez que o escoamento se processa segundo o caimento do terreno. Este fenômeno pode ser observado de forma comparativa entre sistemas de mesmo porte e com custo distintos e está evidenciado na Figura 26.

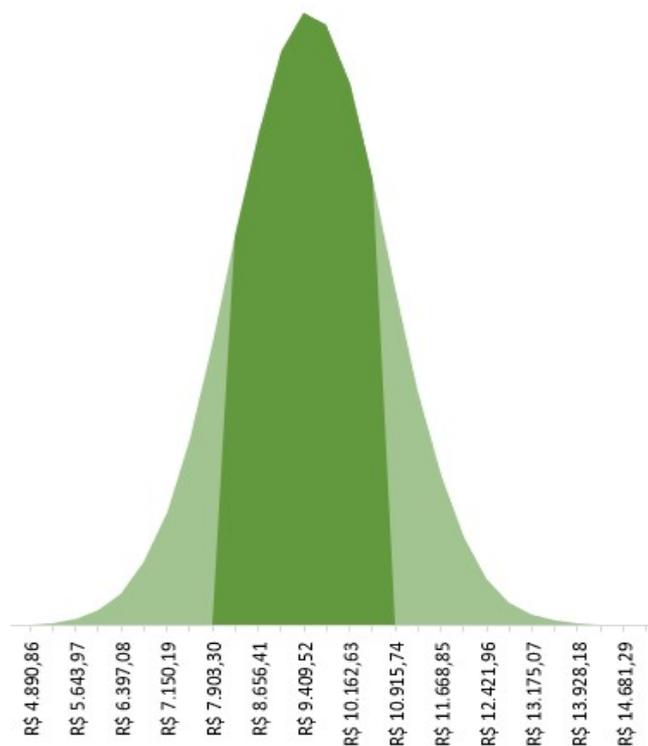
Todos os valores foram considerados na análise, pois independente das variações observadas, fazem parte da composição final do valor encontrado como item contribuinte do valor médio praticado.

Com essa definição, assume-se o valor médio encontrado neste estudo para as análises comparativas com os outros tipos de coleta e tratamento de esgoto.

Considerando os dados de implementação de sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto, em especial para o sistema separador absoluto, fica demonstrado que cada unidade ou residência unifamiliar considerada, ou ainda cada economia, para ter um sistema de coleta e seu tratamento custará **R\$ 9.510,91**, em média.

A Figura 22 demonstra a densidade de frequência dos dados em relação à média, e aplicada a confiabilidade de 95% obtém-se graficamente a verificação desta incidência perante a amostragem total. A área em detalhe ao centro representa a parcela dos valores da amostragem total que estão inseridos dentro da margem de 95% de confiabilidade ou número de aparecimento.

Figura 22: Distribuição normal dos dados da amostra.



Fonte: Autor, 2021.

Quanto ao custo operacional, o usuário pagará o equivalente a 70% do consumo de água, registrado em fatura, quando trata-se de valores praticados no Rio Grande do Sul nos municípios abrangidos pela AGERGS. Em outros sistemas do Brasil, esse percentual pode chegar a 100% (SABESP, 2021) do consumo de água nas residências. A CASAN estabeleceu o percentual de 100% sobre o consumo de água através da Resolução ARES N° 115/19 (ARES, 2019) para todas as unidades abrangidas em sua área de atuação.

A ARES é a Agência de Regulação de Serviços Públicos de Santa Catarina, e possui a atribuição, dentre outras, de definir o sistema tarifário dos serviços públicos naquele Estado, inclusive a tarifa dos serviços de coleta e tratamento de esgoto.

Os custos para instalação dos sistemas misto ou unitário não possuem informações de investimento para análise. Nem tampouco foram encontrados valores de tarifas de serviços relacionados a esses tipos de sistemas. Por tratar-se de sistemas pouco utilizados no Brasil, não será tido como referência comparativa nesta análise.

Os sistemas individuais de tratamento de esgoto são amplamente utilizados e dispõe comercialmente de uma gama de variedades e preços, logo será avaliado uma unidade tipo para comparativo entre os distintos sistemas. Como referência foi utilizada a TABELA SINAPI com data base de dezembro de 2020 e considerados os tipos construtivos pré-moldados e moldados no local. Foram considerados ainda os tamanhos mínimos e máximos de cada tipo construtivo. A Tabela 4 apresenta os detalhes do levantamento para o tipo construtivo pré-moldado. Os volumes e dimensões de referência da Tabela 4 estão adequados quanto ao atendimento da norma ABNT 7.229(1993) e 13.969(1997).

Tabela 4: Bases de custos Sistema Individual – Tipo unifamiliar em concreto pré-moldado.

Código		TANQUE SÉPTICO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 1,10 M ALTURA INTERNA = 1,50 M VOLUME ÚTIL: 2138,2 L (Para 5 contribuintes). AF 12/2021		
VLR Médio	R\$ 1.314,26	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 36,02	R\$ 33,55	R\$ 38,70
MATERIAL		R\$ 1.135,77	R\$ 1.054,60	R\$ 858,78
MAO DE OBRA		R\$ 237,99	R\$ 288,14	R\$ 256,67
OUTROS		R\$ 0,98	R\$ 0,74	R\$ 0,83
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 1.410,76	R\$ 1.377,03	R\$ 1.154,98
Código		FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 1,10 M ALTURA INTERNA = 1,50 M VOLUME ÚTIL: 1140,4 L (Para 5 contribuintes) AF 12/2020		
VLR Médio	R\$ 1.167,95	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 40,84	R\$ 38,08	R\$ 43,89

MATERIAL	R\$ 923,58	R\$ 875,41	R\$ 729,27
MAO DE OBRA	R\$ 257,32	R\$ 314,24	R\$ 277,97
OUTROS	R\$ 1,25	R\$ 0,95	R\$ 1,06
TOTAL COMPOSIÇÃO	R\$ 1.222,99	R\$ 1.228,68	R\$ 1.052,19
Código	98062	SUMIDOURO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 1,88 M ALTURA INTERNA = 2,00 M ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 13,1 M² (Para 5 contribuintes) AF 12/2020	
VLR Médio	R\$ 1.784,54	Rio Grande do Sul	Santa Catarina
EQUIPAMENTO	R\$ 42,23	R\$ 39,27	R\$ 45,32
MATERIAL	R\$ 1.662,85	R\$ 1.544,13	R\$ 1.227,09
MAO DE OBRA	R\$ 238,64	R\$ 293,55	R\$ 257,81
OUTROS	R\$ 1,06	R\$ 0,79	R\$ 0,89
TOTAL COMPOSIÇÃO	R\$ 1.944,78	R\$ 1.877,74	R\$ 1.531,11
SISTEMA COMPLETO			
VLR Médio	R\$ 4.266,75	Rio Grande do Sul	Santa Catarina
TOTAL COMPOSIÇÃO	R\$ 4.578,53	R\$ 4.483,45	R\$ 3.738,28

Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020 (continuação Tabela 4).

Como base de custo para implantação de um sistema para coleta e tratamento de esgoto doméstico individualizado, tomou-se os valores da TABELA SINAPI (2020), com referência de dezembro de 2020. O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é a ferramenta pela qual a Administração Pública Federal, ou demais Administrações que estejam manuseando verba federal, e define os valores dos insumos e serviços necessários às obras e serviços de engenharia e possui uma vasta utilização no balizamento e referenciamento orçamentário.

De acordo com os dados obtidos da TABELA SINAPI (2020), uma instalação para coleta e tratamento de esgoto através de um sistema individualizado, considerando uma residência para até 5 pessoas, com aplicação de peças pré-moldadas em concreto, na área de abrangência da região Sul do Brasil, o custo médio é de R\$ 4.266,75.

Para a construção em alvenaria moldada no local, os valores dão um salto extremamente significativo, chegando a 2,9 vezes o custo das instalações em peças pré-moldadas. A Tabela 5 apresenta a composição destes custos e seu valor médio encontrado foi de R\$ 12.401,86. Os volumes e dimensões de referência da Tabela 5 estão adequados quanto ao atendimento da norma ABNT 7.229(1993) e 13.969(1997).

Tabela 5: Bases de custos Sistema Individual – Tipo unifamiliar em concreto moldado no local.

Código	98066	TANQUE SÉPTICO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 1,0 X 2,0 X 1,4 M VOLUME ÚTIL: 2000 L (Para 5 contribuintes) AF 12/2020		
VLR Médio	R\$ 4.593,79	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 14,12	R\$ 14,18	R\$ 15,35
MATERIAL		R\$ 2.890,45	R\$ 2.840,78	R\$ 2.651,13
MAO DE OBRA		R\$ 1.604,00	R\$ 1.949,49	R\$ 1.789,97
OUTROS		R\$ 4,59	R\$ 3,46	R\$ 3,84
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 4.513,16	R\$ 4.807,91	R\$ 4.460,29
Código	98072	FILTRO ANAERÓBIO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 0,8 X 1,2 X 1,67 M VOLUME ÚTIL: 1152 L (Para 5 contribuintes) AF 12/2020		
VLR Médio	R\$ 3.798,85	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 29,45	R\$ 28,22	R\$ 31,78
MATERIAL		R\$ 2.352,83	R\$ 2.317,35	R\$ 2.169,42
MAO DE OBRA		R\$ 1.337,12	R\$ 1.630,65	R\$ 1.488,93
OUTROS		R\$ 4,15	R\$ 3,15	R\$ 3,49
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 3.723,55	R\$ 3.979,37	R\$ 3.693,62
Código	98078	SUMIDOURO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 0,8 X 1,4 X 3,0 M ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 13,2 M² (Para 5 contribuintes) AF 12/2020		
VLR Médio	R\$ 4.009,22	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 15,66	R\$ 15,03	R\$ 16,90
MATERIAL		R\$ 2.501,66	R\$ 2.564,67	R\$ 2.246,03
MAO DE OBRA		R\$ 1.398,11	R\$ 1.700,13	R\$ 1.563,48
OUTROS		R\$ 2,31	R\$ 1,75	R\$ 1,94
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 3.917,74	R\$ 4.281,58	R\$ 3.828,35
SISTEMA COMPLETO				
VLR Médio	R\$ 12.401,86	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 12.154,45	R\$ 13.068,86	R\$ 11.982,26

Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020.

Os principais itens que remontam essa diferença entre as concepções construtiva são a mão de obra, onde a variação chega próximo a 600% e o custo de material, com índice percentual de 225% a mais que os custos do tipo construtivo em peças pré-moldadas. O item da tabela “outros”, que considera despesas não relacionadas nos demais itens da composição não possui significância para alterar os valores totais, apesar de percentualmente ser elevado. O único item que possui redução nesta observação se refere ao uso de equipamentos, pois no caso da construção diretamente no local esse custo é direcionado para a mão de obra. A Tabela 6 apresenta os valores médios encontrados e suas correlações.

Tabela 6: Comparativo de custos entre os tipos construtivos de sistemas individuais de tratamento de esgoto para 5 pessoas.

ITENS	TIPO CONSTRUTIVO - Média		Variação
	Pré-moldado	Moldado no local	
TOTAL DE EQUIPAMENTO	R\$ 119,30	R\$ 60,23	↓ 50,49%
TOTAL DE MATERIAL	R\$ 3.337,16	R\$ 7.511,44	↑ 225,08%
TOTAL MÃO DE OBRA	R\$ 807,44	R\$ 4.820,63	↑ 597,02%
TOTAL DE OUTROS	R\$ 2,85	R\$ 9,56	↑ 335,44%
TOTAL	R\$ 4.266,75	R\$ 12.401,86	↑ 290,66%

Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020.

O mercado oferece outras alternativas, quanto a forma construtiva e dos materiais empregados, de forma muito usual encontra-se no comércio tanques fabricados em PEAD (Polietileno de Alta Densidade). O PEAD é amplamente utilizado na indústria de embalagens para a fabricação de frascos rígidos para produtos de limpeza doméstica, cremes, xampu, remédios e suplementos. O PEAD também é utilizado para fabricação tubos para transporte de água e esgoto, telhas, galões, entre outros (ECOPIPE, 2021), no entanto, não será objeto de estudo ou comparação deste trabalho.

Com a definição dos valores para os sistemas coletivos tipo separador absoluto e o sistema individual, a Tabela 7 apresenta os valores absolutos encontrados para instalação de cada tipo de sistema. Os valores do sistema individual utilizado se referem ao tipo construtivo pré-moldado, pois é a alternativa que se apresenta com viabilidade frente ao tipo moldado no local. No tópico resultados, eles serão analisados quanto a viabilidade e operacionalidade.

Tabela 7: Síntese comparativa de custos médios de instalação por tipo de sistema.

CUSTO MÉDIO POR ECONOMIA (R\$-US\$/Economia)			
SISTEMAS COLETIVOS			SISTEMA INDIVIDUAL
Separador Absoluto	Sistema Misto	Sistema Unitário	Sistema Individual
R\$ 9.510,91	Sem dados	Sem dados	R\$ 4.266,75
*US\$ 1.701,42	Sem dados	Sem dados	*US\$ 763,28

Fonte: Autor, 2021.

*Cotação média Dólar Janeiro de 2021(US\$1,00/R\$5,59).

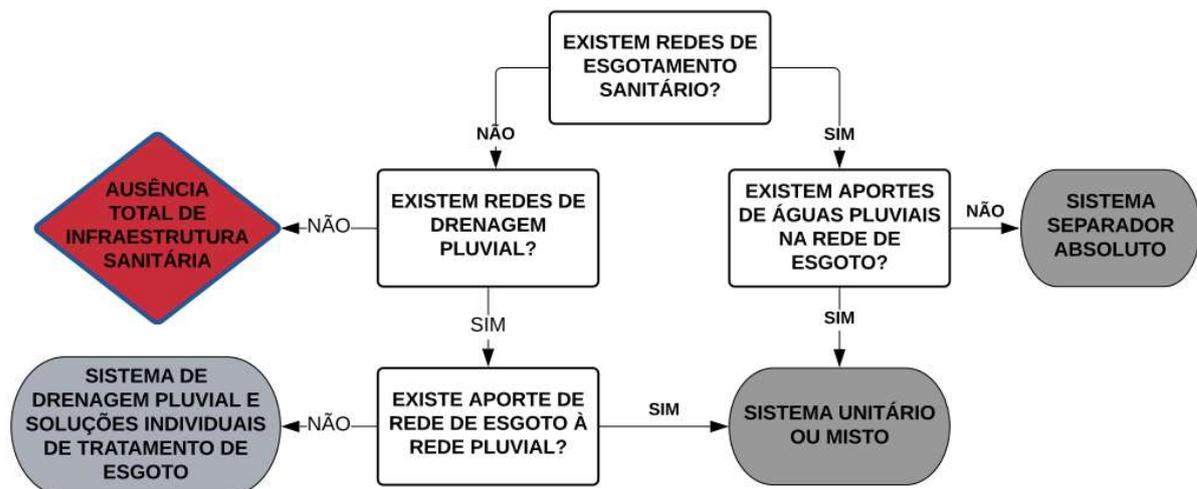
De acordo com Bernardes e Soares (2002 apud PORTZ, 2009), muitas prefeituras, principalmente, da região Sul do Brasil, têm permitido a utilização de rede de drenagem para transporte de efluentes domésticos, desde que precedido de tratamento preliminar através da solução individual, devido a inexistência de infraestrutura de esgotamento pluvial, e têm obtido sucesso. Wartchow (1998 apud PORTZ, 2009) defende que a desinformação técnica dos planejadores e a falta de ações políticas de visão estratégica contribui para a não aceitação de

uma solução inovadora que se destaca em termos econômicos e ambientais. Segundo ele, "o ótimo (100%) vem depois do regular e do bom, e devemos aprender a dar um passo de cada vez" (WARTCHOW, 2013, s. p.).

4.2. Relação entre população e custo por tipo de sistema

Neste tópico foi estudada a correlação entre a demanda do sistema e seu tamanho, bem como a situação atual da infraestrutura. O fluxograma apresentado na Figura 23 apresenta as diferentes configurações que um sistema de esgotamento sanitário poderá apresentar, considerando que ao chegar em qualquer tipo de sistema, ele exista (BERNARDES; SOARES, 2004).

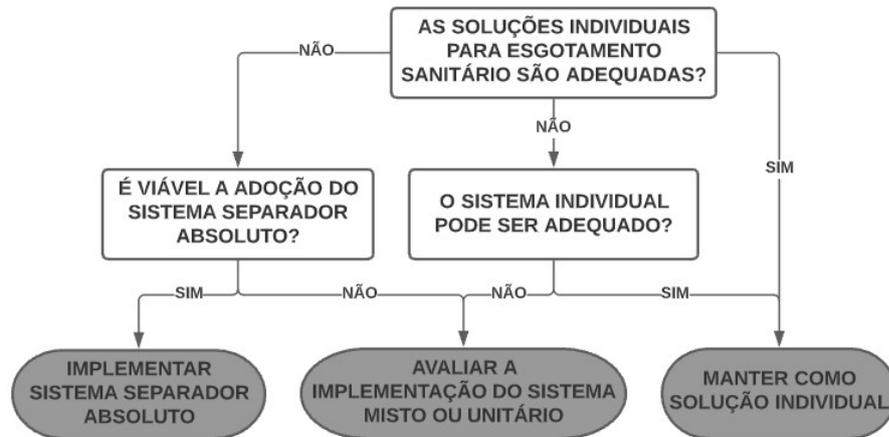
Figura 23: Fluxograma de delineamento de ações pontuais.



Fonte: Autor, 2020; Adaptado de BERNARDES; SOARES, 2004.

De acordo com o fluxograma da Figura 23, a falta de sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial caracterizam a total ausência de infraestrutura sanitária e a necessidade de planejamento integral neste local, geralmente característica de regiões mais carentes ou fixadas em locais ribeirinhos ou periferias. Por outro lado, a verificação de sistema de esgotamento sanitário através do sistema separador absoluto demonstra atendimento mais adequado sob o ponto de vista técnico no Brasil.

Figura 24: Alternativas de gestão para empreender sistema de esgotamento sanitário.

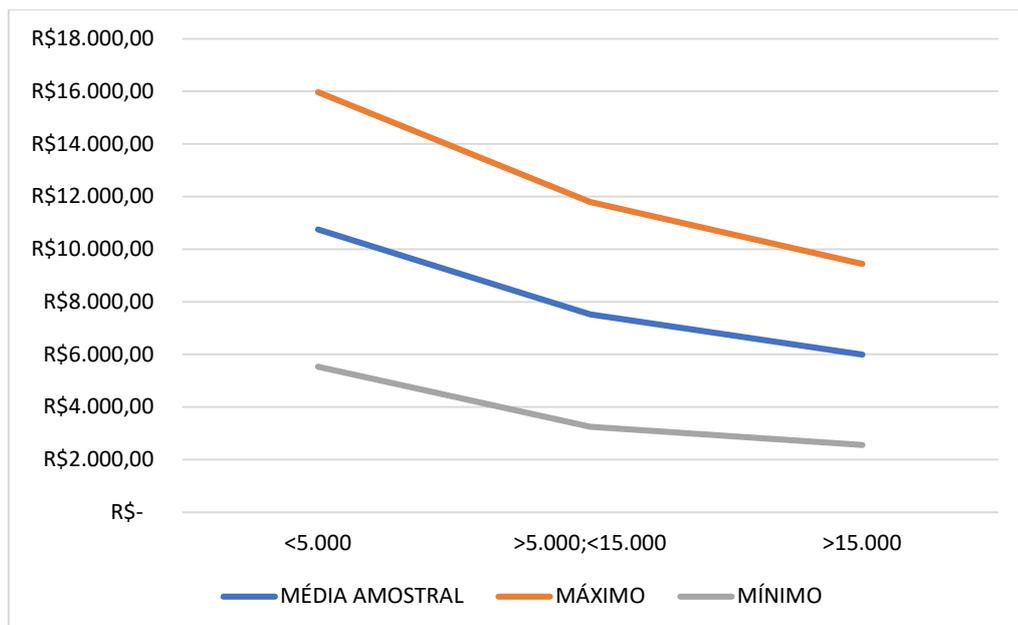


Fonte: Autor, 2020; Adaptado de BERNARDES; SOARES, 2004.

O fluxograma da Figura 24 apresenta um problema comum no Brasil, e denota a ausência de recursos para empreender os sistemas de esgotamento sanitários necessários, no entanto, propõe alternativas para levar o acesso a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos a população (BERNARDES; SOARES, 2004).

De acordo com a Tabela 2, fez-se uma análise quanto a escala dos sistemas. Verifica-se que há uma tendência de redução nos custos com o aumento do porte do sistema, no que se refere a implantação de sistema coletivo tipo separador absoluto.

Figura 25: Expectativa de custos por faixa de escala de economias.

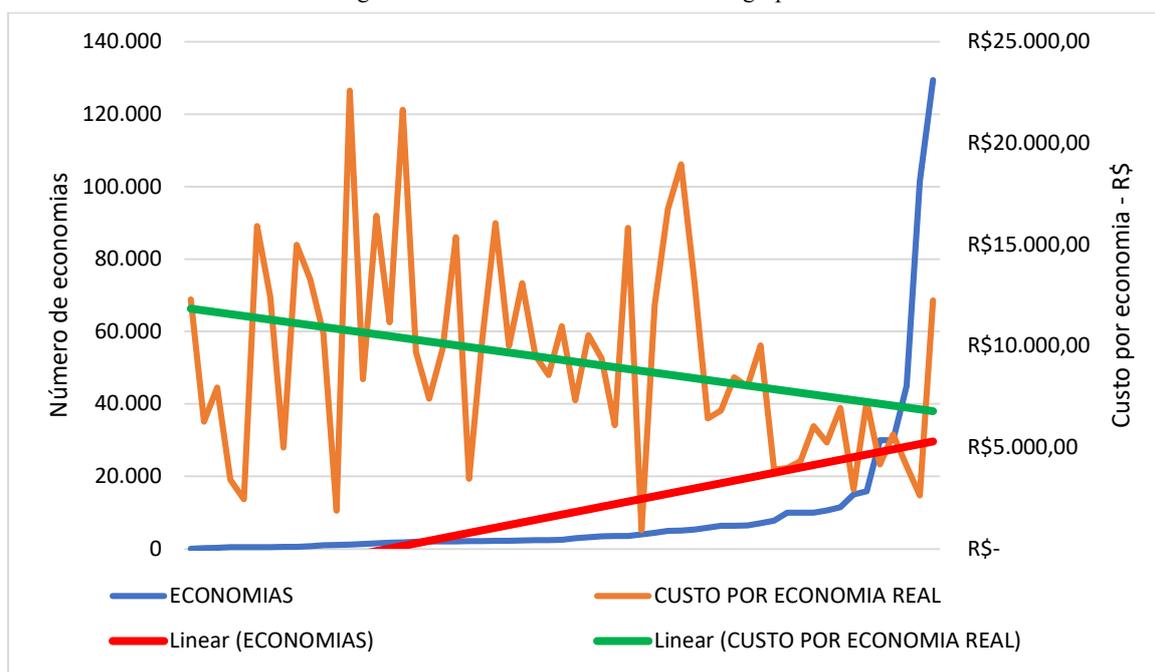


Fonte: Autor, 2021.

A Figura 25 separou em três faixas de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgoto através do sistema coletivo tipo separador absoluto, sendo o primeiro grupo até 5.000 economias; o segundo entre 5.000 e 15.000 economias e o terceiro para grupos com mais de 15.000 economias. A economia de escala é um fator sempre observado em praticamente todos os investimentos, mas no caso de implementação de redes de esgoto, outras variáveis possuem um peso bastante significativo nesta análise, podemos citar como exemplo a topografia do local, a característica do solo, a densidade populacional, etc. De forma geral, sem considerar todos esses fatores externos, ainda se observou uma redução significativa nos custos de implantação de um sistema tipo separador absoluto e seu ganho econômico de escala.

Ao analisar-se a relação amostral desta pesquisa, evidencia-se da mesma forma este ganho de escala, pois apesar da oscilação dos valores ao longo da variação do número de economias, fica demonstrado que quanto maior é o sistema (número de economias) menor será o custo de sua implantação.

Figura 26: Curva de tendência sobre todo grupo amostral.



Fonte: Autor, 2021.

Fica bem evidente que ao eliminar as características pontuais em cada sistema, quando há um aumento no número de economias, há uma tendência de redução no seu custo de implantação, mostrado graficamente na Figura 26, considerando o sistema coletivo tipo separador absoluto.

Quanto ao sistema individual de tratamento, foram avaliados dois tipos construtivos, o pré-moldado e o moldado no local em alvenaria. Ambas as formas construtivas são compostas por tanque-séptico, filtro e sumidouro. As diferenças de escala serão os valores mínimo e máximo disponível na TABELA SINAPI (dez, 2020) considerando como mínimo uma unidade unifamiliar para até 5 pessoas e uma unidade coletiva com capacidade máxima de 105 pessoas.

A Tabela 8 apresenta a composição média dos valores para construção do sistema individual de tratamento de esgoto em concreto pré-moldado para até 105 contribuintes com referência na TABELA SINAPI (dez, 2020). Os volumes e dimensões de referência da Tabela 8 estão adequados quanto ao atendimento da norma ABNT 7.229(1993) e 13.969(1997).

Tabela 8: Bases de custos Sistema Individual – Tipo multifamiliar em concreto pré-moldado.

Código	98057	TANQUE SÉPTICO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 2,88 M ALTURA INTERNA = 2,50 M VOLUME ÚTIL: 14657,4 L (Para 105 contribuintes). AF 12/2021		
VLR Médio	R\$ 5.197,65	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 75,65	R\$ 70,53	R\$ 81,21
MATERIAL		R\$ 4.986,51	R\$ 4.627,83	R\$ 3.668,57
MAO DE OBRA		R\$ 627,72	R\$ 766,42	R\$ 681,55
OUTROS		R\$ 2,68	R\$ 2,03	R\$ 2,24
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 5.692,56	R\$ 5.466,81	R\$ 4.433,57
Código	98061	FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 2,80 M ALTURA INTERNA = 1,50 M VOLUME ÚTIL: 7817,3 L (Para 75 contribuintes); 15634,60 L (Para 150 contribuintes) AF 12/2020 *Os valores de referência foram multiplicados por 2 para atenderem os quantitativos mínimos de 105 contribuintes do tanque séptico.		
VLR Médio	R\$ 9.409,41	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 314,34	R\$ 292,14	R\$ 337,20
MATERIAL		R\$ 8.076,78	R\$ 7.726,10	R\$ 6.293,62
MAO DE OBRA		R\$ 1.574,96	R\$ 1.908,98	R\$ 1.686,26
OUTROS		R\$ 6,88	R\$ 5,20	R\$ 5,76
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 9.972,96	R\$ 9.932,42	R\$ 8.322,84
Código	98065	SUMIDOURO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DIÂMETRO INTERNO = 2,88 M ALTURA INTERNA = 3,00 M ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 31,4 M ² (Para 12 contribuintes); 282,60 M ² (Para 150 contribuintes) AF 12/2020 *Os valores de referência foram multiplicados por 9 para atenderem os quantitativos mínimos de 105 contribuintes do tanque séptico.		
VLR Médio	R\$ 38.383,59	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 794,52	R\$ 738,45	R\$ 852,39
MATERIAL		R\$ 36.963,81	R\$ 34.284,69	R\$ 26.937,09
MAO DE OBRA		R\$ 4.391,46	R\$ 5.393,52	R\$ 4.743,09
OUTROS		R\$ 19,98	R\$ 15,12	R\$ 16,65
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 42.169,77	R\$ 40.431,78	R\$ 32.549,22

SISTEMA COMPLETO

VLR Médio	R\$ 52.990,64	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
TOTAL COMPOSIÇÃO (105 pessoas)		R\$ 57.835,29	R\$ 55.831,01	R\$ 45.305,63

Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020(continuação Tabela 8).

A Tabela 9 apresenta a composição média dos valores para construção do sistema individual de tratamento de esgoto em concreto moldado no local em alvenaria para até 105 contribuintes com referência na TABELA SINAPI (dez, 2020). Os volumes e dimensões de referência da Tabela 9 estão adequados quanto ao atendimento da norma ABNT 7.229(1993) e 13.969(1997).

Tabela 9: Bases de custos Sistema Individual – Tipo multifamiliar em concreto moldado no local.

Código	98071	TANQUE SÉPTICO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 1,6 X 4,6 X 2,4 M VOLUME ÚTIL: 14720 L (Para 105 contribuintes) AF_12/2020		
VLR Médio	R\$ 14.676,96	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 41,98	R\$ 42,12	R\$ 45,56
MATERIAL		R\$ 9.211,59	R\$ 9.095,13	R\$ 8.446,94
MAO DE OBRA		R\$ 5.143,29	R\$ 6.232,97	R\$ 5.735,67
OUTROS		R\$ 13,74	R\$ 10,38	R\$ 11,52
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 14.410,60	R\$ 15.380,60	R\$ 14.239,69
Código	98077	FILTRO ANAERÓBIO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 1,6 X 5,6 X 1,67 M VOLUME ÚTIL: 10752 L (Para 103 contribuintes) AF_12/2020		
VLR Médio	R\$ 15.725,64	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 230,66	R\$ 218,39	R\$ 248,27
MATERIAL		R\$ 9.417,94	R\$ 9.193,20	R\$ 8.766,58
MAO DE OBRA		R\$ 5.719,29	R\$ 6.969,16	R\$ 6.357,87
OUTROS		R\$ 21,41	R\$ 16,19	R\$ 17,96
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 15.389,30	R\$ 16.396,94	R\$ 15.390,68
Código	98081	SUMIDOURO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS DIMENSÕES INTERNAS: 1,6 X 5,8 X 3,0 M ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 50 M ² (Para 20 contribuintes); 1000 M ² (Para 105 contribuintes) AF_12/2020 *Os valores de referência foram multiplicados por 5 para atenderem os quantitativos mínimos de 105 contribuintes do tanque séptico. A observar critérios e características do solo.		
VLR Médio	R\$ 65.846,92	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
EQUIPAMENTO		R\$ 515,60	R\$ 489,45	R\$ 555,35
MATERIAL		R\$ 40.489,65	R\$ 41.374,10	R\$ 36.563,05
MAO DE OBRA		R\$ 23.229,20	R\$ 28.257,15	R\$ 25.934,90
OUTROS		R\$ 50,95	R\$ 38,60	R\$ 42,75
TOTAL COMPOSIÇÃO		R\$ 64.285,40	R\$ 70.159,30	R\$ 63.096,05

SISTEMA COMPLETO				
VLR Médio	R\$ 96.249,52	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná
TOTAL COMPOSIÇÃO 105 pessoas		R\$ 94.085,30	R\$ 101.936,84	R\$ 92.726,42

Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020(continuação Tabela 9).

Há grandes diferenças entre os tipos construtivos para os sistemas individuais com a mesma capacidade, pois ao passo que o sistema em concreto pré-moldado alcança valores médios de R\$ 52.990,54, a forma construtiva com construção no local em alvenaria alcança R\$ 96.249,52 em valores médios para sistemas que comportam até 105 pessoas. Essa diferença praticamente dobra de valor e esses fatores são detalhados na Tabela 10. Os custos mais significativos são por conta da mão de obra empregada para construção dos sistemas pois a exemplo da Tabela 6 - que compara a diferença de valores entre os tipos construtivos para sistemas com capacidade de até 5 pessoas - o incremento neste item construtivo assume valores percentuais muito elevados, para sistemas com capacidade para 5 pessoas aumenta 597,02%; e num sistema com capacidade para 105 pessoas, o aumento de custo do sistema tipo pré-moldado para o moldado no local é de 521,63%. O material também acresce valores percentuais elevados ao analisar a diferença entre os mesmos tipos construtivos, sendo 225,08% para o sistema com capacidade para 5 pessoas e 129,19% para sistemas com capacidade para 105 pessoas. O único valor que apresenta vantagem no tipo construtivo moldado no local em relação ao pré-moldado é o uso de equipamentos, porém, representa valores abaixo de 5% dos valores da composição total, tornando-se assim pouco significativos no valor global das obras de construção de sistemas individuais para tratamento de esgoto.

Tabela 10: Comparativo de custos entre os tipos construtivos de sistemas individuais de tratamento de esgoto para 105 pessoas.

ITENS	TIPO CONSTRUTIVO – Valor Médio		Variação
	Pré-moldado	Moldado no local	
TOTAL DE EQUIPAMENTO	R\$ 1.185,48	R\$ 795,79	↓ 67,13%
TOTAL DE MATERIAL	R\$ 44.521,67	R\$ 57.519,39	↑ 129,19%
TOTAL MÃO DE OBRA	R\$ 7.257,99	R\$ 37.859,83	↑ 521,63%
TOTAL DE OUTROS	R\$ 25,51	R\$ 74,50	↑ 292,00%
TOTAL	R\$ 52.990,64	R\$ 96.249,52	↑ 181,63%

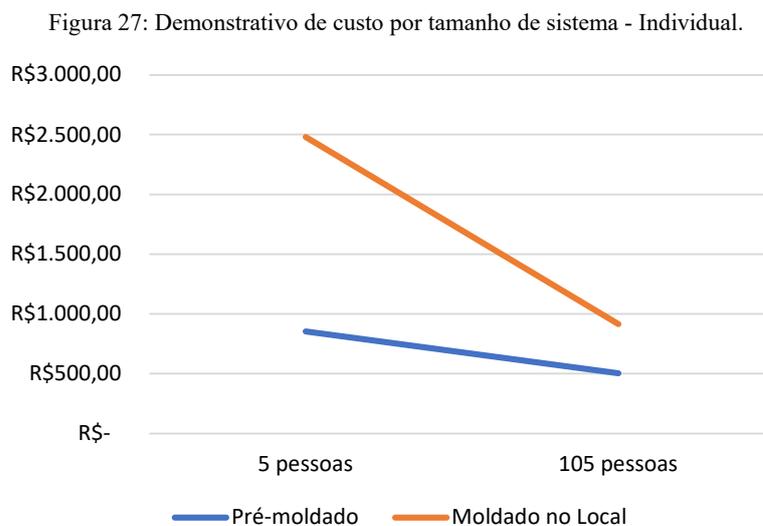
Fonte: Autor, 2021. Baseado em SINAPI, 12_2020

Verifica-se, no entanto, um ganho de escala ao analisarmos os diferentes tamanhos de sistemas, pois enquanto que um sistema individual de tratamento em concreto pré-moldado para

5 pessoas custa R\$ 4.266,75, para 105 pessoas o valor médio obtido é de R\$ 52.990,64. Ao transformar as referências para valores *per capita*, obtemos R\$ 853,35 por pessoa para o sistema para 5 pessoas e R\$ 504,67 por pessoa para o sistema para 105 pessoas, representando assim uma diferença de praticamente 70% de incremento do menor para o maior sistema.

Na outra forma construtiva analisada, alvenaria moldada no local, o sistema para 5 pessoas apresentou custo médio de R\$ 12.401,86 e para 105 pessoas um custo médio de R\$ 96.249,52. Ao transformar as referências para valores *per capita*, obtemos R\$ 2.480,37 por pessoa para o sistema para até 5 pessoas e R\$ 916,66 por pessoas para sistemas para 105 pessoas, representando assim uma diferença de aproximadamente 170% de incremento do menor para o maior.

A Figura 27 apresenta graficamente o ganho de escala para os dois tipos construtivos para composição do sistema individual de tratamento de esgoto, pois há decréscimo de custo ao aumentar o tamanho dos mesmos com o aumento da capacidade de tratamento e número de usuários que podem fazer parte deste micro sistema.



Fonte: Autor, 2021.

4.3. Propostas de operacionalização de cada tipo de sistema

O sistema coletivo possui regramento regulatório sobre a tarifação da prestação do serviço bem instituído em todas as regiões do Brasil. Pela característica da regulação brasileira, cada ente municipal possui autonomia para regular ou fazer parte de um sistema regulatório específico. O Quadro 2 sintetiza diversos sistemas em diferentes países do mundo com as mais variadas combinações e formas de gerir, legislar e regular o setor. Em especial, na região Sul

do Brasil, objeto deste estudo, os sistemas possuem diferentes formas e valores de tarifas regulamentadas para cobrança deste serviço. No Rio Grande do Sul, a AGERGS é a agência mais abrangente e conveniada a 290 municípios determina que a tarifa será cobrada a todos os usuários conectados à rede de esgoto sobre um percentual de 70% do consumo da água. Este sistema de medição se dá por conta da impossibilidade ou dificuldade de implementação de medição do volume de esgoto nas residências. Observa-se uma certa convergência das demais agências regulatórias dentro do Estado do Rio Grande do Sul no sentido de adotar a mesma linha de atuação da Agência Estadual, especialmente sobre o percentual de cobrança para o serviço de esgotamento sanitário.

As agências regulatórias dos estados de Santa Catarina e Paraná – ARESC e AGEPAR – possuem 195 e 346 municípios abrangidos em seus Estados, respectivamente. No Estado do Paraná, para sistemas com serviço de coleta e tratamento de esgoto, as tarifas incidentes são de 85% na capital e 80% nas demais localidades (SANEPAR, 2021). Já no Estado de Santa Catarina, as tarifas representam 100% da tarifa de água faturada (CASAN, 2021).

A tarifa dos serviços de coleta e tratamento de esgoto para o sistema individual está em fase de implantação no Estado do Rio Grande do Sul e é pioneiro no Brasil. Regulamentado através das resoluções N° 42/2018, que disciplina o serviço de limpeza de “fossa” séptica prestado pela Corsan sob demanda do usuário, e a N° 50/2019, que disciplina a prestação do serviço de limpeza programada de sistemas individuais da Corsan.

A resolução N° 42/2018 se caracteriza em realizar a regulação para prestação de serviço público de coleta de esgoto em tanques sépticos sob demanda dos usuários, com contrapartida pecuniária na forma de tarifa calculada a partir de variáveis como volume coletado, distancia de transporte até a ETE mais próxima e taxas com valores fixos para cobrir os custos administrativos e de fiscalização das unidades individuais.

Quanto a resolução N° 50/2019, que disciplina a prestação do serviço de limpeza programada de sistemas individuais na área de abrangência e atuação da Corsan, busca computar como unidade universalizada quando atendida por este dispositivo regulatório. Destaca-se novamente que esta modalidade possui caráter pioneiro no Brasil.

A prestação deste serviço pode ser definida como solução transitória de um sistema, até que se tenha a implantação de redes coletivas de coleta de esgoto ou mesmo com característica permanente. Para tanto, o ente municipal deverá prever em seu acervo legislativo norma para regular a prestação deste serviço de forma pública e ser previsto em seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Previamente ao início da prestação deste serviço, a empresa (neste

caso a Corsan) deverá realizar campanhas de comunicação social e ambiental visando a conscientização da população sobre os benefícios advindos da manutenção dos seus sistemas na conservação do meio ambiente e das melhorias das condições sanitárias da população. O procedimento é composto por vistoria nos locais, para verificação das condições de operacionalização do sistema, e posterior agendamento para a primeira coleta.

A norma regulatória prevê ainda incentivos para aos usuários que aderirem de forma imediata ao programa desde o seu lançamento.

A periodicidade de limpeza dos tanques sépticos será de um ano, salvo pedido contrário do usuário que tenha executado projeto com volumes superiores a um ano para manutenção ou coleta. Para tanto, deverá comprovar sua solicitação com documentos que evidenciem o volume do sistema, aliado ao tipo de uso. Os projetos podem ser elaborados com tempos de limpeza variando de um a cinco anos (ABNT NBR 7.229, 1993).

A tarifa do serviço de coleta programada de esgoto em tanques sépticos é inserida diretamente na conta do serviço de água do usuário e é abarcado na mesma norma regulatória, com aplicação de valores de acordo com a Tabela 11. Os valores podem ser cobrados mensalmente ou anualmente, de acordo com a solicitação do usuário.

Tabela 11: Tarifa para limpeza de tanque séptico no regime programado.

CATEGORIA	PREÇO POR MÊS	VALOR ANUAL
Residencial Social - RS	R\$ 14,51	R\$ 174,12
Residencial Básica - RB	R\$ 36,65	R\$ 439,80
Comercial - C1	R\$ 36,65	R\$ 439,80

Fonte: Resolução Normativa da AGERGS de número 50/2019, de 21 de novembro de 2019, sessão número 88/2019.

CONCLUSÕES

Resgatando o problema de pesquisa que norteou o andamento deste trabalho, donde é avaliada a implementação da solução individual para o esgotamento sanitário, com controle, operação, e tarifação pública, podendo esta ser uma alternativa aos sistemas coletivos, em especial ao sistema separador absoluto com vistas a alavancar o nível de atendimento do setor, evidencia-se dificuldades e desafios da universalização dos serviços de saneamento básico e em especial da coleta e tratamento do esgoto sanitário. As restrições orçamentárias, aliadas aos altos custos de implantação são entraves ao alcance das metas do Plansab e da Agenda 2030, bem como do marco regulatório atualizado. Neste contexto, mostra-se fundamental uma análise criteriosa com enfoque na racionalização dos recursos, de forma a obter o máximo de resultado com os valores previstos para investimento.

Frente as dificuldades de avanço nos índices de coleta e tratamento de esgoto, avalia-se a necessidade de desoneração fiscal com objetivo de dar modicidade tarifária aos usuários e facilidade quanto ao apego cultural de sua utilização, pois as contrapartidas tendem a trazer benefícios em diversos segmentos. Há necessidade de melhoria no planejamento setorial com vistas aos impactos causados pela ausência da prestação adequada deste serviço; revisão e disponibilização de mecanismos de financiamento para o setor; inovação na gestão das companhias estaduais e municipais, bem como empresas de capital privado, com proposições de alternativas inovadoras para atendimento do setor combinando capacidade de pagamento por parte dos usuários e eficiência operacional por parte empresa prestadora do serviço; atualização do arcabouço legal, normativo e regulatório, dando maior segurança e diretrizes ao setor; e fomentar a inovação através de contratos visando a eficiência com estímulo a cadeia produtiva.

Há locais com geologia ou topografia que impossibilitam a aplicação de um ou outro tipo de sistema, sejam o sistema individual em caso de solos impermeáveis ou rasos, ou as dificuldades de construção de redes em solos rochosos. Mesmo que estes aspectos não tendo sido analisados nesta dissertação, é importante que sejam levados em consideração no processo de tomada de decisão.

Encontraram-se parcelas de custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário que não fazem parte do escopo da composição final dos valores, tais como execução de projetos de trabalho técnico social nas áreas de abrangência de expansão e/ou ampliação dos sistemas, como exemplo o Edital de Licitação N° 0025/2019 da Companhia Riograndense de Saneamento – Corsan. Cita-se como outros exemplos levantamentos topográficos, contratações de sistemas de automação das ETE's, consultorias, estudos das mais diversas naturezas que se relacionam

ao serviço de coleta e tratamento de esgoto. Projetos ambientais, sejam de reconstrução de áreas degradadas ou trabalhos de conscientização das populações abrangidas visando a utilização dos sistemas de tratamento e mostrando seus benefícios.

Não foi possível a utilização de dados de empresas privadas, pois os mesmos não estavam disponíveis ou foram disponibilizados.

Evidenciou-se que sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgoto apresentam ganho de escala de acordo com seu tamanho, diminuindo os custos de instalação à medida que aumenta o seu número de usuários, em projeto. De acordo com as amostras utilizadas na análise, há variações bastante significativas entre sistemas com tamanho similar, no entanto, uma análise global das amostras apontam para uma tendência de diminuição dos custos ao apresentarem aumento de seu porte em relação ao número de usuários.

A implantação de serviço público de manutenção para o sistema individual possui característica de aproveitamento da infraestrutura já instalada, tarifa com valor fixo ao longo do ano e garantia de eficiência quanto ao tratamento.

A implantação da operação e manutenção do sistema individual de tratamento de esgoto de forma pública evita a abertura de ruas, estradas e avenidas para construção da infraestrutura necessária aos sistemas coletivos, bem como a instalação de elementos de elevação ou bombeamento de esgoto em áreas mais baixas em relação ao escoamento natural.

Há ganho de escala para instalação de sistemas individuais que possam abranger um número maior de contribuintes, no que se refere a custos econômico-financeiros de implantação, no entanto, à medida que o sistema aumenta, verifica-se dificuldade em dimensionar área de infiltração capaz de atender os requisitos de projeto e mostraram-se de difícil adoção, requerendo uma grande extensão de área, caso não possa ser direcionado para redes coletoras pluviais ou mesmo em cursos hídricos capazes de absorver o efluente.

Em sistemas individuais de tratamento de esgoto há menor possibilidade de ocorrências de danos ambientais causados por desastres naturais ou acidentes antrópicos, bem como maior poder resiliente potencial baseado nas estruturas individualizadas.

Ao adotar o sistema individual como sistema principal de coleta e tratamento de esgoto, deve-se prever obrigatoriedade e compulsoriedade de adoção por todos, sob risco de penalizações e multas, a exemplo do que é adotado para sistemas coletivos no RS, pois onde há disponibilidade de rede coletiva e o usuário não se conecta, paga a tarifa em dobro do que pagaria se conectado estivesse.

Apontou-se a possibilidade de implementação de sistemas que usem infraestrutura instalada para drenagem urbana em operação para a coleta de esgoto, neste caso para um sistema misto ou um sistema unitário com o devido encaminhamento a uma Estação de Tratamento de Esgoto.

Evidencia-se a necessidade de interlocução entre setores responsáveis pelas mais diferentes infraestruturas urbanas, de modo a assegurar que os resultados positivos de uma área não afetem negativamente a outra. Necessidade de enfoque numa gestão integrada entre as infraestruturas urbanas.

Para finalizar, conclui-se que há vantagem financeira quanto aos custos de instalação de sistema individual frente ao sistema coletivo tipo separador absoluto, pois ao passo que o Sistema Individual custa, em média, R\$ 4.266,75(US\$ 763,28), o Sistema Coletivo tipo separador absoluto custa, em média, R\$ 9.510,91(US\$ 1.701,42). No que se refere a operação e manutenção, há diferenciação de cobrança entre um ou outro tipo de sistema, pois o sistema coletivo é referenciado no consumo de água, onde se aplica o valor percentual definido pelo respectivo órgão fiscalizador e regulador, e no sistema individual aplica-se um valor fixo por ano, podendo ser pago em uma ou em 12(doze) parcelas mensais. Salienta-se que situações de contorno devem ser avaliadas frente a adoção de uma ou outra solução para um determinado sistema, a exemplo, a densidade populacional, topografia e geologia, infraestrutura já instalada e capacidade de pagamento da população inserida na área de abrangência do projeto.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que os investimentos em Abastecimento de Água e Esgotamento sanitário devem estar no topo da agenda política, pois como visto neste estudo, esses serviços são fundamentais para o desenvolvimento social e econômico, desencadeando igualmente, benefícios ambientais. No entanto, os investimentos decaíram nas últimas décadas (CNI, 2017), e estagnaram em nível abaixo das necessidades atuais, reduzindo a velocidade da inclusão, aumentando as vulnerabilidades frente às mudanças climáticas e negligenciando a eficiência operacional dos sistemas. Enquanto as necessidades atuais estimadas pelo PLANSAB/MCidades (2017) se situam em cerca de 0,4% do PIB ao ano, excluídas ações de segurança hídrica, os investimentos realizados nos últimos anos se situam em cerca de 0,21% do PIB, metade do necessário. O resultado é uma brecha de serviço significativa, que afeta principalmente os segmentos mais pobres da sociedade, causando grandes impactos negativos nas esferas ambientais e sociais.

Recomenda-se que a Figura 21 pode ser objeto de revalidação, haja visto datar de 1997. Por apresentar valores coerentes e plausíveis com trechos de trabalhos mais atuais (PESSOA, 2019), está sendo utilizada como referência neste trabalho.

Recomenda-se a elaboração de estudo a fim de definir de forma objetiva os limites de viabilidade e aplicabilidade entre os tipos de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto, pois este trabalho trouxe as definições dos custos individualizados de instalação e operação dos sistemas tipo separador absoluto e individual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda 2030. **Plataforma Agenda 2030**. <http://www.agenda2030.org.br/>. 2021. Acesso em 01 de março de 2021.

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Situação do Saneamento Básico no Brasil – Uma Análise com Base na PNAD 2015**. Rio de Janeiro – RJ. 2016.

Agência Ambiental Alemã. WHG. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/abwasser>. Acesso em 01 de março de 2020.

AGERGS - AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução Normativa N° 42, de 18 de setembro de 2018 Sessão n° 63/2018. Disciplina o serviço de limpeza de fossa séptica prestado pela CORSAN sob demanda do usuário.

AGERGS - AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução Normativa N° 50, de 21 de novembro de 2019 Sessão n° 88/2019. Disciplina a prestação do serviço de limpeza programada de sistemas individuais pela CORSAN.

AKAN, A. O. **Urban Stormwater Hydrology - A Guide to Engineering Calculations**, Technomic Publishing Co., Lancaster, Pennsylvania, 1993.

AL GORE, A. A. **O futuro**. São Paulo: HSM Editora, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Failure to act: the economic impact of current investment trends in water and wastewater treatment infrastructure**. Washington: ASCE Foundation, 2011.

AMPARO, P. P.; CALMON, K. **A experiência britânica de privatização no setor de saneamento**. IPEA: texto para discussão. Volume 701. Janeiro de 2000.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários: Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1997.

ARESC – AGENCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANTA CATARINA. Resolução Normativa N° 115, de 02 de setembro de 2019. Aprova nova estrutura tarifária a ser aplicada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, em substituição da metodologia de cobrança por consumo mínimo de volume.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1986.

BANCO MUNDIAL. **Water resources management in Japan: policy, institutional and legal issues.** Environment and Social Development, East Asia and Pacific Region, Washington, D.C., 2006.

BARROS, Rodrigo. **Blog Saneamento Básico.** Conheça a história do saneamento básico e tratamento de água e esgoto. Disponível em <https://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-e-esgoto/>. Acesso em 17 de julho de 2019.

BERNARDES, R.S. Alternativas para a coleta de esgoto sanitário e águas pluviais. In: Fórum Sistemas de Esgotamento Sanitário, 2013, Salvador - BA. Salvador: SEDUR, 2013. 1 slide: color. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – GESTA.** Desafios e oportunidades para implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. Gesta, v. 1, n. 2 – Machado, Borja e Moraes, p. 234-250, 2013 – ISSN: 2317-563X.

BERNARDES, R. S. SOARES, S. R. A. **Esgotamento combinado e controle da poluição: estratégia para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais.** Brasília, DF. Caixa Econômica Federal. Universidade de Brasília, 2004.

BRAGA, B. D. F. **Gerenciamento urbano integrado em ambiente tropical. Seminário de hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana.** São Paulo, ABRH, 1994.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas** / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 88 p. il. 1. Esgotos. 2. Saneamento.

BRASIL. Agência Nacional do Águas (ANA). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores** / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2019. 94p.

BRASIL. Constituição Federal (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL, **Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018). Brasília, DF, janeiro 2007.

BRASIL, **Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF, dez 1979.

BRASIL, **Lei 8.036, de 11 de maio de 1990**. Dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço, e dá outras providências. Brasília, DF, maio 1990.

BRASIL, **Lei 8.666 de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, junho 1993.

BRASIL, **Lei 8.987 de 13 de fevereiro de 1995**. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, DF, fevereiro 1995.

BRASIL, **Lei 6.528 de 11 de maio de 1978**. Dispõe sobre as tarifas dos serviços públicos de saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF, maio 1978.

BRASIL, **Lei 9.984 de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e responsável

pela instituição de normas de referência nacionais para a regulação da prestação dos serviços públicos de saneamento básico.(Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018). Brasília, DF, julho 2000.

BRASIL, **Lei 10.768 de 19 de novembro de 2003**. Dispõe sobre o Quadro de Pessoal da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências. Brasília, DF, novembro 2003.

BRASIL, **Lei 13.133 de 30 de junho de 2016**. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília, DF, junho 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p.: il. 1. Serviços de Saneamento. 2. Sistemas de Informação. 3. Água e Esgotos. 4. Brasil. I. Ministério do Desenvolvimento Regional. II. Secretaria Nacional de Saneamento. III. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. IV. Título: Diagnóstico dos Serviços de Águas e Esgotos – 2017.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.: il. 1. Serviços de Saneamento. 2. Sistemas de Informação. 3. Água e Esgotos. 4. Brasil. I. Ministério do Desenvolvimento Regional. II. Secretaria Nacional de Saneamento. III. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. IV. Título: Diagnóstico dos Serviços de Águas e Esgotos – 2019.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico** <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Brasília, DF. 2020. Acesso em 02 de agosto de 2019.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março

de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Publicado no D.O.U.

BUENO, D. A. C. **Filtros anaeróbios com pós-tratamento em filtros de areia intermitentes: Desempenho em operação crítica.** 2017. 466 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

CAIRNCROSS, S. **Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico.** Engenharia Sanitária, 23:334-338. 1984.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** 2º. edição São Paulo: Oficina de Textos, 2014. Bibliografia. ISBN 978-85-7975-160-8

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Comparações Internacionais – Uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro.** Brasília. 2017.

COFFMAN, L. et al. **Low-Impact Development: Hydrologic Analysis and Design.** In: LOUCKS, Eric D (Comp.). Water Resources and the Urban Environment. Illinois: Asce, p. 1-35. 1998.

CORSAN. Companhia **Riograndense de Saneamento.** Portal das licitações. http://www1.tce.rs.gov.br/aplicprod/f?p=50500:25:::NO::F50500_CD_ORGAO:8700&cs=1QthPbknvvrXoZjhmVPrZ398zQFg. Acesso em 2020 e 2021.

CUNHA, S. F.; SILVA, F. E. O.; MOTA, T. U.; et al. **Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 20, n.4, p. 837 – 848, out. /dez., 2015.

DELLA NINA, A. **Construção de Redes de Esgotos Sanitários.** São Paulo, CETESB, 1975.

ECOPIPE. **Grupo Ecopipe.** <https://www.ecopipe.com.br/>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.

ENVIRONMENT CANADA. **Environment Canada.** 2017. Disponível em <<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/wastewater/management.html>>. Página atualizada em 31/07/2017. Acesso em: 01 de março de 2020.

GIKAS, P.; TCHOBANOGLOUS, G. **The role of satellite and decentralized strategies in water resources management.** Journal Of Environmental Management, 2009.

Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.08.016>.

GO Associados. **Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil 2019 (SNIS 2017).** São Paulo. 2019.

GOMES, H. P. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento. Análise Econômica de Projetos.** 1º edição. Editora da ABES Nacional. Rio de Janeiro. RJ. 2005.

GOMES, P. M. e HARADA, A L. **As questões ambientais, técnica e implicação social da locação das unidades operacionais de esgotos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL,19., Foz do Iguaçu, PR. 1997. **Programa & Resumos.** Rio de Janeiro, ABES, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,19., 1997. CD-ROM.

GRIGG, Neil, S. **Water, wastewater, and stormwater infrastructure management /** Neil S. Grigg. Boca Raton, London, New York, Washington D.C., 2002.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde.** Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde. Brasília. 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=o-que-e>. Rio de Janeiro, 2019. Acesso em 29 out 2019.

IBOPE/TRATA BRASIL.

<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa15/Resultados-Pesquisa-Ibope-2012.pdf>. Acesso em 19/11/2019.

IDE, C. N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana da Bacia dos Açorianos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. Porto Alegre. 1984.

INCC – ÍNDICE NACIONAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Fundação Getúlio Vargas - Instituto Brasileiro de Economia. Disponível em <https://portalibre.fgv.br/>. Acesso em março de 2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA APLICADA. Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil / organizadora: Elaine C. Marcial. – Brasília: Ipea, 2015. 175 p.: il., gráfs., mapas color. Inclui Bibliografia. ISBN: 978-85-7811-259-2

ISS – INSTITUTE FOR SECURITY STUDIES. Citizens in an Interconnected and Polycentric World. Global Trends 2030. ISBN 978-92-9198-199-1 QN-31-12-525-EN-C. doi:10.2815/27508 www.iss.europa.eu. Printed in Condé-sur-Noireau (France) by Corlet Imprimeur – March 2012.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1995.

KARKMAN, A. et al. Fecal pollution can explain antibiotic resistance gene abundances in anthropogenically impacted environments. Nature Communications, vol. 10, article number 80, England, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07992-3>. Disponível em: www.nature.com/naturecom-munications. Acesso em: 14 ago 2019.

KARL e KLAUS, R. I. Taschenbuch der Stadtentwässerung (Título original). Manual de Tratamento de Águas Residuárias. Editora Edgard Blücher Ltda. 3º reimpressão, tradução da 26º edição alemã. São Paulo. SP. Brasil. 2002.

LEITÃO, J. Andresen. Cólera morbo. Enciclopédia luso-brasileira de cultura. Lisboa: Editorial Verbo. v.5, p.932. 1973.

LENCIONI, V., Carranza, C., Vega, A., & Vega, H. Water Reuse in México. México Water Report. 2011.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. To centralize or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. Journal Of Environmental Management, 2012.

Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.010>

MARCIAL, Elaine C. et al. **Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?** Brasília: Ipea, 2015.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries.** Journal Of Environmental Management. 2009.

Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>.

MENEGAT, D. R. **O direito fundamental ao saneamento básico.** 2018. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) Faculdade de Arquitetura. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. UFRGS. Porto Alegre. 2018

METCALF; EDDY, **Wasterwater engineering: treatment and reuse.** 4^a ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

Ministério da Saúde. Rede Interagencial de Informações para a Saúde - RIPSa. **Indicadores e Dados Básicos.** Brasil. 2012. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?Idb2012/c04.def>. Acesso em 11 de março de 2020.

MIGUEZ, M.G.; MASCARENHAS, F.C.B.; MAGALHÃES, L.P.C. **Multifunctional landscapes for urban flood control in developing countries.** In: Second International Conference on Sustainable Planning & Development, 2005, Bologna/Italy. Proceedings of the Sustainable Planning 2005. Southampton and Boston: WITpress – Wessex Institute of Technology. 2005.

MORETTI, R.S. YAZAKA, L. F. O. **Gestão integrada das redes pluviais e de esgotos.** Revista Saneamento Ambiental. São Paulo. 2008.

MOTA, Júlio César Rocha. **A universalização do saneamento e o desenvolvimento sustentável.** /Júlio César Mota. Brasília, 2008.

NETO, Cícero Onofre de Andrade. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira.** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997. ISBN 8570221231, 9788570221230.

NETTO, Azevedo, J. M. **Cronologia do Abastecimento de Água (até 1970)**. Revista DAE v.44, n. 137, p 106-111, junho 1984.

NETTO, Azevedo, J. M. **Manual de hidráulica**. 8º edição. São Paulo. Editora Edgar Blucher. 2000.

NETTO, Azevedo, J. M. et al. **Sistemas de Esgoto Sanitário**. FHSPUSP. São Paulo. 1973.

NUVOLARI, A. et. al. **Esgoto Sanitário, coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1ª edição. Editora Edgard Blücher. São Paulo. 2003.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 2011.

OKADO, G. C.; QUINELLI, L. **Megatendências Mundiais 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): Uma reflexão preliminar sobre a “Nova Agenda” das Nações Unidas**. BARU Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos. Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial da PUC Goiás. e-ISSN 2448-0460. 2016. Goiânia. Editora da PUC Goiás.

OMS-**Organização Mundial de Saúde** in: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php>. Acesso em 02 de agosto de 2019.

ONU-Organização das Nações Unidas. **Relatório do desenvolvimento humano**. 2019.

ONU-Organização das Nações Unidas. **Shared responsibility, global solidarity: responding to the socio-economic impacts of COVID-19**. Março, 2020.

PESSOA, L. M. **Análise de custos de implantação e operação de sistemas de esgotamento sanitário, considerando a modicidade tarifária**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2019.

PESSOA, M. L. (Org.). **Saneamento no RS**. In: Atlas FEE. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/saneamento/>. Acesso em: 2 de setembro de 2019.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD -.
<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idh.html>. Acesso em 24/03/2021.

PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. In TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre. Editora da ABRH. 1995.

PORTZ, C. S. **Sistema de Esgotamento Combinado: adoção como fase inicial para viabilizar obras de saneamento integrando questões sanitárias e ambientais**. UFRGS. Porto Alegre. 2009. apud TSUTIYA, M. T. BUENO, R. C. R. **Contribuições de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil**. Revista Água Latinoamérica. Tucson. Julho/Agosto. 2004.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 277.

REIK, J., & WASSER, S. **The Leipzig Model: success of a water and wastewater utility in transition with water loss reduction**. Bonn: UNW-DPC. 2008.

Revista DAE N° 180. **Sistema Unitário X Sistema Separador Absoluto**. Uma publicação da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Ano MMIX. São Paulo. Maio de 2009. ISSN 0101 – 6040.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2021**. Disponível em < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=183> >. Acesso em: 27 de janeiro de 2021.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC. Porto Alegre. 2002. ISSN 1415-8876.

SANTOS, S. H. OLIVEIRA, J. S. ROCHA, D. **Panorama do Sistema de Esgotamento Sanitário nas Microrregiões do Brasil a Luz do Plansab**. XIII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. ABRHidro – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. On line. 2021.

SHEAFFER, J.R; WRIGHT,K.R. **Urban storm drainage management**. New York, Marcel Dekker, Inc., 1982.

SCHAEFER, K.; EXALL, K.; MARSALEK, J. **Water reuse and recycling in canada: a status**. Canadian water resources journal, v. 29, p. 195-208. 2013.

SCHIFFLER, M. **Water, Politics and money: A reality check on privatization**. Frankfurt: Springer, 2015.

SHELL WORLD ABR/JUN 2013. **Cenários sob novas lentes. Confira as previsões para 2100**. Cajá – Agência de Comunicação. Av. das Américas, 4.200 – blocos 5 e 6. Barra da Tijuca – Rio de Janeiro – RJ. www.shell.com.br. 2013.

SOARES, S. R.A. BERNARDES, R.S. NETTO, O. M. C. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento**. Cad. Saúde Pública. Rio de Janeiro. 18(6):1713-1724. Nov-Dez. 2002.

TABELA SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em <https://www.caixa.gov.br/>. Acesso em março 2021.

TOMAZ, P. **Economia de Água para Empresas e Residências. Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. São Paulo. Navegar editora MF. 2001.

TONETTI, Adriano Luiz. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. - Campinas, SP. Biblioteca Unicamp, 2018.

TRANSNATIONAL INSTITUTE – TNI. <http://www.remunicipalisation.org/>. Acesso em 23/03/2021.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

TUCCI, C. E. M et al. **Hidrologia – ciência e aplicação** - 4ª ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

UNICEF. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities.** New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization (WHO), 2019.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. EPA/625/R-00/008 (NTIS PB02-108560): **OnSite WasteWater Treatment Systems Manual - Revised february 2002.** U.s. Environmental Protection Agency, 2002.

VAZE, J. CHIEW, F. H. S. **Nutrient Loads Associated with Different Sediment Sizes in Urban Storm Water and Surface Pollutants.** Jornal of Envirometal Engineering. 2004.

WALESH, S. G. **Urban Surface Water Management.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 518 p. 1989.

WARTCHOW, D. DORNELES, I. **A adoção do sistema de esgotamento do tipo unitário ou misto, como alternativa sanitária e ambiental.** SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE SANEAMENTO. Belo Horizonte. 1990.

WARTCHOW, D. *A Operação de um sistema de esgotamento sanitário do tipo misto: alternativa ambiental, social, econômica e política.* In: FÓRUM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, 2013, Salvador-BA. Salvador: SEDUR, 2013. 1 slide: color. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – GESTA.** Desafios e oportunidades para implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. Gesta, v. 1, n. 2 – Machado, Borja e Moraes, p. 234-250, 2013 – ISSN: 2317-563X.

WOODS B. B. WILSON, UDALE-CLARKE, H. ILLMAN, S. SCOTT, T. ASHLEY, R. KELLAGHER. **The SUDS Guia.** Publicado, 2007.



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br