



Stefano Mambretti
Ademar Nogueira do Nascimento
(Organizadores)

Gestão e Tecnologia do

SANEAMENTO BÁSICO:

Uma abordagem na Perspectiva
Brasileira e Internacional





Stefano Mambretti
Ademar Nogueira do Nascimento
(Organizadores)

Gestão e Tecnologia do

SANEAMENTO BÁSICO:



Uma abordagem na Perspectiva
Brasileira e Internacional

Editora chefe	
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Roberta Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	
Projeto gráfico	
Bruno Oliveira	
Camila Alves de Cremo	2022 by Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright © Atena Editora
Natália Sandrini de Azevedo	Copyright do texto © 2022 Os autores
Imagens da capa	Copyright da edição © 2022 Atena Editora
iStock	Direitos para esta edição cedidos à Atena
Edição de arte	Editora pelos autores.
Luiza Alves Batista	Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof^a Dr^a Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Prof^a Dr^a Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a Dr^a Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profº Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profº Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profº Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profº Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profº Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profº Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Gestão e tecnologia do saneamento básico: uma abordagem na perspectiva brasileira e internacional

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Stefano Mambretti
Ademar Nogueira do Nascimento

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393 Gestão e tecnologia do saneamento básico: uma abordagem na perspectiva brasileira e internacional /
Organizadores Stefano Mambretti, Ademar Nogueira do Nascimento. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0639-6
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.396221110>

1. Saneamento. 2. Água. 3. Drenagem. 4. Esgoto. I.
Mambretti, Stefano (Organizador). II. Nascimento, Ademar
Nogueira do (Organizador). III. Título.

CDD 363.72

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PREFÁCIO

Diante de um mundo em rápida mudança, onde promover a sustentabilidade ambiental exige qualificadas habilidades técnicas e invocam a importância da atualização das leis, consideramos importante apresentar uma visão geral sobre o estado da arte da pesquisa, dos projetos e da gestão e tecnologia do serviço integrado de água e destinação de esgotos, juntamente com alguns exemplos de implementação no Brasil e no exterior.

Nesse sentido consideramos muito útil, devido às recentes mudanças legislativas, apresentar o novo marco legal brasileiro, juntamente com as atualizações normativas ocorridas nos Estados Unidos e na Itália. Entendemos que o desenvolvimento e a cooperação multi-países nesse segmento é de fundamental importância para a disseminação de técnicas de racionalização e otimização dos serviços de água e esgoto, de modo a proporcionar melhorias na qualidade de vida das populações com a universalização de tecnologias e gestão de sistemas de referência internacional.

A origem deste presente projeto remete-se à longa e profícuia colaboração acadêmica entre a Universidade Federal da Bahia (Brasil) e o Politecnico di Milano (Itália), e posteriormente estendido a profissionais e pesquisadores do Brasil, Itália e Estados Unidos.

Esperamos que o conteúdo deste livro, de caráter transversal, possa ser útil aos profissionais que atuam em diferentes áreas do planejamento dos recursos hídricos e saneamento ambiental, visto que, ao se reconhecer a sua interdisciplinaridade, foram incluídos conteúdos tanto de engenharia, quanto normativo, de gestão e de tecnologias aplicadas, proporcionando uma ampla compreensão técnica para soluções desta relevante problemática ambiental universal.

Stefano Mambretti

Ademar Nogueira do Nascimento

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Gianfranco Becciu	
Stefano Mambretti	
Mariana Marchioni	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211101	
CAPÍTULO 2.....	27
PRÁTICAS DE GESTÃO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	
Gianfranco Becciu	
Stefano Mambretti	
Luiz Fernando Orsini Yazaki	
Mariana Marchioni	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211102	
CAPÍTULO 3.....	49
DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS EM GRANDES CIDADES BRASILEIRAS: O CASO DO MUNICÍPIO DE SALVADOR (BRASIL)	
Lafayette Dantas da Luz	
Patrícia Campos Borja	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211103	
CAPÍTULO 4.....	81
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO NOS ESTADOS UNIDOS: A ESTRUTURA REGULATÓRIA E SERVIÇO PÚBLICO/PRIVADO	
David W. Schnare	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211104	
CAPÍTULO 5.....	99
O MARCO REGULATÓRIO E SISTEMA DE GESTÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANA E ÁGUAS RESIDUAIS NA ITÁLIA	
Alessandro de Carli	
Sara Zanini	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211105	
CAPÍTULO 6.....	124
A PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL, APÓS ALTERAÇÕES NO MARCO LEGAL E REGULATÓRIO DO SANEAMENTO BÁSICO PELA LEI N° 14.026/2020	
Abelardo de Oliveira Filho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211106	

CAPÍTULO 7.....	162
O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: VISÃO GERAL DA ESTRUTURA JURÍDICA DE PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS	
Lucas Custódio	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211107	
CAPÍTULO 8.....	181
A QUESTÃO “ÁGUA”: O RECURSO NO MUNDO, A NECESSIDADE DE UM PARADIGMA DIFERENTE, O ENVOLVIMENTO DA POPULAÇÃO	
Gianfranco Becciu	
Camryn Lewis	
Stefano Mambretti	
Mariana Marchioni	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211108	
CAPÍTULO 9.....	206
TÉCNICAS DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO PARA POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
Ademar Nogueira do Nascimento	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3962211109	
SOBRE OS ORGANIZADORES	240
SOBRE OS AUTORES	241

OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Gianfranco Becciu

segundo as seguintes etapas:

Stefano Mambretti

1. Primeira avaliação da rede; balanço hídrico;

Mariana Marchioni

2. Coleta de dados da rede; seleção e aplicação de indicadores de desempenho;

3. Construção do modelo matemático da rede; primeiras avaliações quantitativas;

4. Aplicação de modelos de otimização; trabalho com cenários;

5. Identificação dos pontos críticos da rede; decisões sobre onde e como agir para melhorar o ativo.

1. UM CAMINHO VIRTUOSO

A problemática da avaliação de uma rede de abastecimento de água e as decisões quanto à sua melhoria são complexas. Normalmente, o sistema de adução inclui centenas, senão milhares de quilômetros de tubulações principais, consistindo em uma série de tubulações individuais conectadas umas às outras a cada poucos metros. Esses tubos, geralmente muito抗igos, devem suportar o tráfego rodoviário e cargas que geram condições de tensão nos tubos e nas juntas; seguem-se corrosão e ruptura dos tubos.

Uma rede desse tipo tem que responder a diferentes necessidades. Por um lado, deve ser possível conectar sistemas mutuamente independentes entre si, garantindo uma estrutura o mais flexível e rápida possível, em resposta às reais necessidades dos usuários. Por outro lado, o sistema geral e o gerenciamento de confluências na calibração global da rede devem ser cuidadosamente estudados.

A princípio, uma avaliação e melhoria de uma rede de aquedutos deve ser realizada

Essas atividades de complexidade crescente, exigem um conhecimento cada vez maior da rede, bem como de sua modelagem. Essas solicitações são essenciais e exigem melhoria contínua; nunca se poderá dizer que a rede é perfeitamente conhecida ou que a modelagem é perfeita. Além disso, esse trabalho de aumentar o conhecimento – a modelagem deve ser considerada uma forma de melhoria do conhecimento –, através do uso de tecnologias cada vez mais sofisticadas, é essencial no gerenciamento e projeto de uma rede moderna de abastecimento de água.

O que é importante esclarecer é a necessidade de prosseguir paralelamente nas

atividades de conhecimento e aprimoramento, ou seja, sem um conhecimento cada vez maior da rede, não é possível avançar no seu aprimoramento.

2 . BALANÇO HÍDRICO

Suponha-se que uma rede da qual muito pouco se sabe tenha que ser abordada, acredita-se que a primeira atividade a ser realizada seja a análise do balanço hídrico. Embora essa análise pareça simples, como será visto abaixo, na realidade ela precisa de alguma atenção. Essa análise, se realizada corretamente, permite tanto uma primeira avaliação da integridade da rede quanto identificar quais aspectos são menos conhecidos e, portanto, precisam ser mais aprofundados.

Pela definição do balanço hídrico, os diferentes componentes são:

- volume de água introduzido na rede (I);
- consumo autorizado faturado (F);
- consumo autorizado não faturado (NF);
- perdas (P).

Portanto:

$$I=F+NF+P$$

2.1 Problemas na avaliação de parâmetros

A fórmula apresentada possui uma estrutura simples e o significado dos diferentes parâmetros é completamente intuitivo. No entanto, uma análise mais cuidadosa mostra o surgimento de questões importantes.

Problemas na avaliação do volume inserido na rede (I)

O problema, aparentemente trivial, consiste em medir a quantidade de água que entra no sistema de distribuição. Para cada fonte de abastecimento, deve ser instalado um instrumento de medição que possa fornecer os volumes de água passados por essa seção.

A soma das medições de todas as entradas na rede deve ser corrigida por erros devido a vários fatores concomitantes:

- imprecisão nos instrumentos de medição que, se não forem verificados e recalibrados em intervalos regulares, permitem aproximações de vários pontos percentuais;
- falta total ou parcial de instrumentos para medir a água produzida. Isso geralmente constitui o erro mais consistente, também ligado ao mau hábito enrai-

zado em muitos serviços de água de depender de dados empíricos como os obtidos pela multiplicação do horário de funcionamento de uma bomba por sua vazão teórica ou baseada em medições de vazão de nascentes ou poços, realizadas no momento e em situações de lençol freático que não sejam as atuais. Os erros resultantes podem atingir 20 a 30% do total medido;

- presença de vazamentos nas obras localizadas no montante do medidor; é o caso de fontes espalhadas em um vasto território cuja água a ser medida deve fluir para uma única tubulação, onde existe o instrumento de medição;
- erros decorrentes da presença de ar emulsionado; são volumes significativos devidos a plantas com defeitos, que formam bolsas de ar nas tubulações que alteram o balanço final da água, uma vez que o ar é medido como se fosse água fornecida à rede.

Problemas na avaliação do volume de água autorizado e contabilizado (NF)

A água que é levada e autorizada é a fornecida pelo serviço de água para usos legítimos (civil, industrial, artesanal, comercial, agrícola e público).

A soma do volume faturado deve ser corrigida devido a:

- erros na avaliação dos dados. De fato, esse volume é normalmente obtido através dos registros contábeis elaborados pelo órgão de administração para a cobrança das contas de água e, portanto, para fins e de outras maneiras que não as de interesse. Além disso, não é excluído o caso em que apenas o volume total de água faturado é considerado, sem levar em conta o fato de incluir também volumes não consumidos, mas que são cobrados do usuário pelo consumo mensal menor que a quantidade mínima predeterminada;
- erros no que diz respeito às características mecânicas do medidor de agregado privado. De fato, deve-se considerar a inércia básica, característica do aparelho, que faz com que as pequenas vazões, como o gotejamento de uma torneira ou sua abertura parcial, nem sequer serem medidas, dado que são inferiores à quantidade mínima necessária para superar o atrito inicial do próprio contador;
- erros referentes ao envelhecimento dos medidores dos usuários. Esse inconveniente pode ser evitado com manutenção regular ou com substituição dos instrumentos de medição;
- erros associados à incompatibilidade de períodos de leitura. Obviamente, a leitura do medidor não pode ser realizada simultaneamente para todos os usuários, mas é distribuída por um período maior ou menor. Portanto, esses são dados que não coincidem com os dos medidores de vazão total injetados na rede, causando evidente inhomogeneidade entre os elementos comparados e,

portanto, mais uma razão para erro nos cálculos. A correção pode ser executada trazendo de volta o volume faturado apenas para o período em que o saldo da água está sendo processado.

Problemas na avaliação do volume de água autorizado e não contabilizado (NF)

Esse item do orçamento inclui a água usada para fins especiais ou para fins públicos sem um medidor, dos quais os mais comuns são os seguintes:

- postos de combate a incêndios e soquetes para sistemas de proteção contra incêndio;
- hidrantes para regar jardins públicos, lavar ruas e esgotos;
- pontos de captação para serviços públicos e bebedouros;
- tomadas para edifícios públicos.
- O cômputo desses itens do balanço é uma estimativa que leva em consideração:
 - os registos de intervenções realizadas pelo Corpo de Bombeiros durante o período do estudo;
 - os registos de saques feitos por empresas municipais para vários serviços públicos (lavagem de ruas, rega de jardins, lavagem de esgoto);
 - o número de bebedouros de água e sua pressão de serviço;
 - a tipologia de edifícios públicos sem medidor (escolas, prefeitura etc.).

Problemas na avaliação de perdas (P)

Esse volume inclui a água e é relativo a usos não autorizados ou medidos e representa a parte do recurso que provavelmente não produz receita e não está disponível para qualquer uso lucrativo – na literatura anglo-saxônica conhecida como Non Revenue Water (NRW). A maioria das perdas pode ser atribuída às seguintes causas:

- redes de abastecimento ilegais e furtos de água;
- erros nos procedimentos contábeis;
- vazamentos ou transbordamentos dos tanques;
- perdas devido a erros de funcionamento ou erros de manobras nos órgãos da rede;

- vazamentos descobertos;
- vazamentos ocultos.

Como é evidente, a avaliação de apenas vazamentos ocultos é extremamente complexa e duvidosa.

3 . INDICADORES DE DESEMPENHO

3.2 Generalidade

Um *Performance Indicator* (PI) – indicador de desempenho – ou um *Key Performance Indicator* (KPI) é um tipo de medida de desempenho. Os PIs avaliam o sucesso de uma organização ou de uma atividade específica – como projetos, programas, produtos e outras iniciativas – nas quais ela se envolve.

Medição de desempenho é o processo de coletar, analisar e/ou relatar informações sobre o desempenho de um indivíduo, grupo, organização, sistema ou componente (BEHN, 2003).

Definições de medição de desempenho tendem a ser baseadas em uma suposição sobre o motivo pelo qual o desempenho está sendo medido:

- Moullin (2002) define o termo com um foco organizacional voltado para o futuro: “o processo de avaliar como as organizações são gerenciadas e o valor que elas agregam aos clientes e outras partes interessadas”.
- Neely, Adams e Kennerley (2002) usam um foco retrospectivo mais operacional “no processo de quantificar a eficiência e a eficácia das ações passadas”.
- O Escritório do Diretor de Informações nos EUA (OFFICE OF THE CHIEF INFORMATION OFFICER, 2002) o definiu usando um foco mais avaliador: “A medição de desempenho estima os parâmetros sob os quais programas, investimentos e aquisições estão alcançando os resultados desejados”.

Além de um simples acordo sobre a vinculação a algum tipo de medida de desempenho, há pouco consenso sobre como definir ou usar medidas de desempenho. À luz disso, o que aconteceu foi o surgimento de estruturas organizadoras que incorporam medidas de desempenho. Os padrões operacionais geralmente incluem listas predefinidas de medidas de desempenho padrão. Por exemplo, a EN 15341 identifica 71 indicadores de desempenho, dos quais 21 são indicadores técnicos.

Frequentemente, o sucesso é simplesmente a conquista periódica e repetida de alguns níveis de meta operacional – por exemplo: zero defeito, 100% de satisfação do

cliente – e, às vezes, o sucesso é definido em termos de progresso em direção a metas estratégicas. Dessa forma, a escolha dos PIs certos depende de um bom entendimento do que é importante para a organização. Como é necessário entender bem o que é importante, várias técnicas para avaliar o estado atual dos negócios e suas principais atividades estão associadas à seleção de indicadores de desempenho. Essas avaliações geralmente levam à identificação de possíveis melhorias, de modo que os indicadores de desempenho são rotineiramente associados a iniciativas de “melhoria de desempenho”.

3.3 Medição do desempenho na distribuição da água

O simples fato de os objetivos perseguidos pelas empresas de abastecimento de água terem sido, de alguma forma, colocados em um contexto novo e mais rigoroso pelas estruturas reguladoras modernas significa que as ferramentas de engenharia usadas no suporte de suas atividades devem refletir essas necessidades e ser capaz de reformular as tentativas e procedimentos testados sob essa nova luz. Os níveis de serviço do setor geralmente são avaliados com base em uma série de eventos registrados durante um período de tempo, o que permite a construção de dados estatísticos. Estes são de grande valor quando disponíveis, não apenas para apoiar estudos de intervenção direta, mas também como base para extração. No entanto, muitos procedimentos de engenharia empregados no suporte direto às tarefas de projeto, análise e controle de uma rede de água precisam ser capazes de simular uma grande variedade de situações e cenários hipotéticos. Normalmente, diferentes alternativas devem ser tentadas como soluções para problemas cuja otimização matemática direta é frequentemente complicada por uma infinidade de parâmetros e uma compreensão difícil do comportamento dos sistemas. Isso significa desenvolver procedimentos para analisar e medir o desempenho das redes de água *a priori*, que possam se adequar ao tipo de análise realizada por simulação de rede e serem utilizados para os mesmos fins.

Como Hashimoto, Stedinger e Loucks (1982) enfatizam:

[...] Seria particularmente interessante ser capaz de analisar amplas faixas de condições operacionais sob alguma abordagem básica e com a possibilidade de descobrir simultaneamente vários aspectos diferentes do comportamento dos sistemas para aumentar a conscientização e a sensibilidade aos aspectos ou características menos óbvias. Provam ser bastante úteis nos processos de tomada de decisão que orientam a seleção de layouts de sistema, capacidades, políticas operacionais e configurações de ideias.

O primeiro passo nessa direção é uma ampla seleção das principais áreas de desempenho dos sistemas de água que podem ser os principais candidatos à dissecação e à aplicação detalhadas de tal abordagem. O primeiro e mais óbvio domínio diz respeito ao comportamento hidráulico da rede. Os processos de concepção, projeto, construção e operação de um sistema de abastecimento de água são impulsionados principalmente pela

necessidade de satisfazer um determinado conjunto de pontos de demanda com vazão suficiente de água a níveis de pressão utilizáveis. Essa sempre foi não apenas a principal motivação dos engenheiros e projetistas, mas também é central para o ambiente regulatório da maioria dos países. Medir o desempenho hidráulico de uma rede é, portanto, crucial em qualquer tentativa de desenvolver um sistema como o mencionado anteriormente.

As empresas de fornecimento e distribuição de água também são naturalmente obrigadas a fornecer água saudável e devem atender aos padrões de serviço relacionados aos aspectos estéticos e de potabilidade, não apenas em prol da saúde de seus clientes, mas também por uma questão de aceitabilidade. A qualidade da água é, portanto, a segunda maior área de preocupação, pois a realização de um sistema é testada. Muitas das metodologias existentes foram desenvolvidas além dos – às vezes quase enxertados – procedimentos de modelagem e projeto anteriormente desenvolvidos para a análise hidráulica.

Outros aspectos do comportamento dos sistemas de água podem ser isolados para análise de desempenho, mas atualmente são menos relevantes em termos do que foi dito anteriormente.

Finalmente, e por razões óbvias, as empresas de água e os órgãos reguladores precisam descobrir – ou ser capazes de exigir – o nível de confiabilidade com que os sistemas executam os níveis de serviço estabelecidos em operacional – hidráulico, qualidade da água e outros – domínios.

3.4 Comentários e críticas

Nas últimas décadas, a International Water Association (IWA) (ALEGRE et al., 2000) trabalhou muito para definir indicadores de desempenho adequados, especialmente – mas não apenas – para a avaliação de aquedutos em relação a vazamentos de água. Grande parte desse trabalho também foi incorporada pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa) (2014).

Além disso, os parâmetros relatados para a avaliação desses indicadores são calculados com base em regressões e não são valores absolutos que podem ser determinados teoricamente. Isso significa, por exemplo, que os próprios autores, às vezes, os revisam, como, por exemplo, Lambert, Koelbl e Fuchs-Hanusch (2014). Esse artigo é de interesse, pois contém fortes críticas ao procedimento utilizado. Na premissa, de fato, os autores argumentam:

Em uma proporção relativamente pequena de casos, o CARL¹ calculado a partir de um balanço hídrico anual foi menor que o UARL² calculado,

¹ Current Annual volume of Real Losses: é o valor atual da perda anual de água expresso em litros / número de ligações / dia.

² Unavoidable Average Real Losses: é o valor das perdas reais anuais inevitáveis.

resultando em um ILI³ menor que 1,0. Isso causou preocupação a alguns usuários, pois implica que o uso da fórmula UARL é inadequado (ou a fórmula precisa ser ajustada) em algumas circunstâncias (LAMBERT; KOELBL; FUCHS-HANUSCH, 2014).

Em outras palavras, as perdas registradas em algumas redes foram inferiores às calculadas como “inevitáveis”: isso levou a um óbvio repensar dos procedimentos e fórmulas, mas deve implicar, na opinião dos autores deste capítulo, também um repensar da validade dos mesmos procedimentos, e se isso pode realmente ser colocado como base contratual, algo duvidoso, pois são correlações entre realidades extremamente diferentes e com dispersões muito altas.

Observa-se que as referências bibliográficas da IWA, embora não relatem os valores de incerteza relacionados à base de dados inicial, nem a dispersão dos dados do banco de dados inicial acima mencionado em torno da fórmula de regressão proposta, consideram que a aplicabilidade da formulação indicada tem que ser fortemente limitada.

Por fim, as seguintes considerações podem ser resumidas:

- os indicadores de desempenho são obtidos pelo agrupamento de dados extremamente limitados das redes, obtendo-se um grau de dispersão não indicado claramente na literatura e não avaliado adequadamente; por esse motivo, eles podem ser usados apenas como indicadores locais de uma possível melhoria (ou deterioração) de uma rede, sem a possibilidade de estendê-lo para comparações entre diferentes redes;
- os valores indicados pelos parâmetros podem ser alcançados apenas como objetivo final de uma campanha de gerenciamento e manutenção de rede (considera-se limitante falar apenas em perdas).

Portanto, acreditamos que é necessário pensar em uma abordagem diferente, considerando uma avaliação com indicadores de desempenho apenas como uma preliminar, para uma avaliação da rede local de aqueduto e sem a pretensão de fazer comparações entre as redes com base em Pls.

4 . MODELAGEM

Os programas de computador para modelagem de redes de água não serão discutidos neste texto. Aqui, é necessário enfatizar a importância da modelagem, seus problemas e a necessidade de considerar o trabalho de modelagem e sua atualização como um caminho a ser continuado regularmente nas atividades de gerenciamento de rede.

³ Infrastructure Leakage Index: ILI = CARL / UARL.

A modelagem hidráulica agora é comum em *design* e gerenciamento, e mesmo os modelos hidráulicos “simples”⁴ são úteis na moderna gestão de redes de água, pois permitem:

- melhor conhecimento da rede (e corrigir eventuais imprecisões);
- verificar os efeitos do projeto, mesmo fazendo hipóteses do cenário para casos de otimização (a pesquisa das perdas pode cair nesses casos);
- verificar as possíveis avarias, também induzidas.

4.1 A construção do modelo

Para a construção do modelo, é necessário ter todos os dados da rede: topologia, diâmetros, comprimentos, materiais, características das bombas, e se presentes, demandas de água dos usuários. Todos esses dados são normalmente conhecidos com erros mais ou menos graves. O principal problema é manter o modelo constantemente atualizado, através de calibrações sucessivas e cada vez mais precisas.

Claramente, um grande esforço inicial deve ser feito para a construção do modelo em si, mas nunca se deve pensar que o final do trabalho chegou. O modelo deve ser considerado como um arquivo de dados e deve ser verificado e aprimorado com verificações e medições subsequentes, quando disponíveis; também deve ser atualizado se algum trabalho for realizado na rede.

É bastante normal que erros estejam presentes na primeira modelagem executada. O importante é estar ciente disso e preparado para realizar as análises e obter as correções necessárias.

4.2 Comentários adicionais – calibração

Para que o modelo produza simulações confiáveis para fins operacionais, é necessário que seja calibrado. A calibração consiste em determinar diferentes parâmetros do modelo, que, adequadamente modificados, permitem obter uma correspondência razoável entre pressão e vazões simuladas e medidas na realidade.

Os padrões para identificar se um modelo é suficientemente calibrado dependem essencialmente das intenções de uso; de fato, um único modelo dificilmente pode ser considerado calibrado para todos os objetivos. É necessário distinguir, por exemplo, se é usado para planejar estudos, dimensionar novos assentamentos, avaliações de gasto de energia ou qualidade da água. É claro que, no último caso, o modelo precisa ser muito bem calibrado e detalhado para representar corretamente os fluxos, enquanto que, por razões

⁴ Existem modelos matemáticos gratuitos e amplamente utilizados, como o Epanet; outros modelos comerciais integram bancos de dados e Geographic Information System (GIS) no mesmo pacote de software.

de planejamento, um modelo mais simplificado é suficiente.

Ao mesmo tempo, a qualidade da calibração de um modelo depende muito da qualidade e quantidade de dados disponíveis para sua implementação e operação. Por esse motivo, é necessário investir pesadamente na validação de todos esses dados.

Ormsbee (1989) identifica um procedimento de sete etapas para calibrar um modelo hidráulico:

1. identificação das intenções de usar o modelo;
2. determinação inicial dos parâmetros;
3. coleta de dados para calibração;
4. avaliação dos resultados do modelo;
5. calibração em nível macro;
6. análise de sensibilidade;
7. calibração em nível micro.

A análise de sensibilidade permite a identificação dos parâmetros do modelo que mais influenciam o processo de calibração em nível micro.

5 . ENTROPIA E SETORIZAÇÃO

Algumas solicitações que devem ser atendidas no planejamento e gerenciamento das redes de abastecimento de água contrastam entre si. Nesta seção, duas pedras angulares do projeto atual são consideradas criticamente na busca do equilíbrio.

5.1 Entropia

As boas práticas de projeto exigem que as redes de distribuição de água sejam totalmente integradas, porque esse tipo de rede é mais confiável: como é evidente, de fato, em caso de quebra ou fechamento devido à manutenção de um conduto, no caso de uma rede em *loop* a vazão pode executar um caminho diferente e todos os nós ainda são atendidos, mesmo que algumas vezes com pressões mais baixas – devido à execução de um caminho mais longo e, portanto, às maiores quedas de pressão – e, portanto, com um certo desconforto por parte do usuário, que no entanto é menor do que o que resultaria da total ausência do serviço.

A partir disso, é óbvio que os conceitos de *passividade mínima* dos quais os textos clássicos sugerem a adoção pelo projeto – ou, ainda que menos precisamente, o *custo mínimo* – e *redundância* de rede estão em contraste um com o outro.

Nesse sentido, a medida da redundância é fornecida pelo conceito de *entropia*

introduzido por Shannon (1948) e mais tarde por Jaynes (1957). Essa é uma medida quantitativa da incerteza em uma distribuição de probabilidade: em particular, a entropia é zero quando apenas um resultado é possível – portanto, a incerteza é zero –, enquanto é máxima quando a distribuição é uniforme.

Observa-se, portanto, que, do ponto de vista econômico, é necessário reduzir a redundância da topologia, enquanto o aumento dessa redundância leva a uma melhor confiabilidade da rede. O aumento da redundância de uma rede, necessário para aumentar sua confiabilidade, também contrasta com a necessidade de dividir as próprias redes. Vários estudos foram realizados para definir estruturas distritais que também levam ao aumento da confiabilidade hidráulica do sistema, possivelmente circunscrevendo áreas com maior vulnerabilidade, identificadas pela análise de avarias (Mailhot et al., 2000; Maksimovic & Carmi, 1999).

Os requisitos de um sistema de distribuição são, portanto, múltiplos e, como mencionado, em muitos aspectos, contrastantes.

5.2 Setorização

A divisão em setores consiste em dividir a rede de água em várias sub-redes hidráulicamente separáveis entre elas e caracterizadas por uma ou mais alimentações para o qual é conhecido o fluxo.

Coloca-se como uma alternativa à prática tradicional para construção de redes de modo a garantir um elevado grau de interconexão, que tem a vantagem de:

- conter as perdas de carga;
- garantir maior facilidade de expansão do sistema de distribuição;
- melhorar a eficiência global do sistema.

Os setores, por outro lado, permitem:

- conhecer melhor e ser capaz de gerenciar de forma otimizada uma rede que é agora hidráulicamente mais fácil;
- ter mais controle sobre os parâmetros quantitativos e qualitativos;
- controlar o céu piezométrico tornando-o mais uniforme.

Leva-se vários passos, sinteticamente descritos como:

- delimitação preliminar das áreas do sistema de água caracterizadas por uma maior vulnerabilidade (análise das insuficiências, elaboração de um mapa de vulnerabilidade);
- minimização dos nodos de abastecimento do sector;

- análise, em seguida de relevos preliminares no lugar, de um modelo de simulação hidráulica quali-quantitativa e técnicas de otimização que visam minimizar – ou maximizar – função objetivo com restrição;
- verificação das normas de exercício do distrito (adequada pressão de fornecimento para utente, padrões de segurança em caso de incêndio, padrões de qualidade em termos da direção dos fluxos, de tempos de permanência da água distribuída na rede, de qualidade organolépticas, de cloro residual).

Existem também métodos automáticos ou semiautomáticos, mas o trabalho deve ser sempre conduzido em conjunto com o gestor.

5.3 Crítica

A literatura que trata do assunto não será descrita neste texto, mas a crítica comum que pode ser endereçada às metodologias é que são de natureza geral e não dependem dos objetivos e necessidades do gerente local. Isso naturalmente leva à vantagem de ter procedimentos padronizados, o que é útil quando as diretrizes precisam ser descritas, mas há o risco de se esquecer que a setorização não é um objetivo isolado, mas um meio de atingir uma meta. Essa premissa merece ser lembrada, pois, com muita frequência, nas solicitações do gerente – até nas licitações públicas –, aparece o termo “setorização”, mesmo quando o município já é muito pequeno e, de qualquer forma, sem definir seu verdadeiro motivo.

A primeira consideração é a impossibilidade de ter um critério que leve a um estado único de setorização de uma rede. Mesmo no caso da mesma rede e da mesma solicitação, o resultado obtido é consideravelmente diferente se as condições de contorno mudarem. Isso poderia nos levar, em alguns casos, a especular a oportunidade de tornar uma setorização que podemos chamar de “dinâmica”, isto é, que pode mudar com o tempo e com a mudança das condições, por exemplo, entre o dia e a noite, dependendo das diferentes solicitações dos usuários. Mais uma razão pela qual poderíamos esperar resultados diferentes da setorização se os objetivos para a mesma rede fossem diferentes. Portanto, é necessário reiterar o que já foi dito anteriormente: a setorização é um método para alcançar um resultado, e não um resultado em si. Portanto, é inicialmente necessário definir claramente o que deve ser alcançado, antes de indicar o caminho da setorização.

A segunda consideração diz respeito ao tamanho dos setores: os setores delimitados pelos métodos de otimização não são pequenos. É de fato dizer que, quando os setores foram projetados para serem muito pequenos, as experiências de campo acabaram não sendo positivas. Isso deve permitir que se tenha muita liberdade quando se trata de setorização. Se uma rede já é muito pequena, a divisão em vários setores pode não fazer sentido. Por outro lado, se duas redes são contíguas e muito pequenas, a união das mesmas pode até fazer sentido.

Típico da engenharia é saber como se adaptar às solicitações e encontrar soluções apropriadas, sem preconceitos.

6 . ÓTIMO E COMO CHEGAR

Em geral, o princípio subjacente à busca do ótimo em redes de abastecimento é dado pela construção de uma função objetivo apropriada a ser maximizada (ou minimizada); nessa função objetivo, todas as quantidades tidas como importantes a serem consideradas para uma boa gestão do sistema de aquedutos, são inseridas e devidamente pesadas. Em geral, a função objetivo possui uma estrutura formal do tipo:

$$Ob = \sum_{i=1}^N \int_0^T \{p_{i,1}(t) \cdot dO_{i,1}(t) + p_{i,2}(t) \cdot dO_{i,2}(t) + \dots\} = \max(\min)$$

Onde, durante um período T , para cada nó i de uma rede composta globalmente por N nós, é monitorado um número j de variáveis $O_{i,j}$, cada uma associada a um coeficiente de penalidade $p_{i,j}$.

Em qualquer caso, por mais que a função objetivo seja construída, o resultado fornece informações sobre o estado da rede em uma determinada configuração: portanto, é possível fazer uma avaliação do *status* atual e, posteriormente, propor a hipótese de diferentes cenários de intervenção; a avaliação do *status* da rede após cada uma das intervenções hipotetizadas nos permite entender sua validade e, eventualmente, selecionar a melhor.

Essa técnica é bastante simples e pode ser facilmente usada no trabalho normal; se os aspectos hidráulicos ou sanitários são levados em consideração, é claro que é necessário ter técnicas disponíveis para avaliar as quantidades de interesse e, nesse caso, por exemplo, programas de simulação de rede podem ser usados.

O procedimento descrito pressupõe que o designer identifique os diferentes cenários possíveis, o que implica que a melhor solução pode nem ser levada em consideração. No entanto, existem métodos mais complexos para procurar o ótimo, sem que o designer precise fazer qualquer tipo de hipótese. O problema, por sua vez, é extremamente complexo, também devido à não linearidade do sistema de resolução. Estudos, portanto, propõem a linearização da equação de movimento para chegar a um problema de programação linear mista (ARTINA et al., 2002). Além da complexidade do problema, uma limitação desses algoritmos é dada pela necessidade de a função objetivo ser contínua e derivável. Outras abordagens de solução são baseadas em cálculo evolutivo, elaborados por Holland (1975), que não apresentam hipóteses sobre a função objetivo e levam a resultados muito bons, mas com o problema de ter que realizar simulações diferentes variando os parâmetros de partida, e com outro problema que os algoritmos de cálculo evolutivo podem ficar presos em mínimos locais.

6.1 Cálculo evolutivo – generalidade

Os métodos de cálculo evolutivo permitem a busca para o valor máximo (ou mínimo) de uma função objetivo, sem a necessidade da formulação analítica do problema. Em geral, foram desenvolvidos após a observação da natureza.

Neste texto, não nos propomos a explicar todos os métodos desenvolvidos pelos cientistas e disponíveis na literatura científica, nem parece apropriado. A seguir, procuramos apenas mostrar algumas aplicações.

6.2 Cálculo evolutivo – exemplos de aplicação

Para mostrar como esses algoritmos podem ser usados, algumas aplicações em vários setores das redes de abastecimento de água são apresentadas brevemente abaixo.

Busca das perdas – rede de Castegnato (Itália)

O estudo de caso é a rede de abastecimento de água de Castegnato, uma pequena cidade no norte da Itália, com cerca de 7.900 habitantes e com uma rede dividida em duas partes desconectadas. As características da cidade e suas redes de abastecimento de água foram apresentadas por Mambretti e Orsi (2012) e Becciu, Mambretti e Martins (2014). Como, ao longo dos anos, os gerentes da rede registraram mais de 50% das perdas de água, vários transdutores foram instalados na rede.

Uma abordagem possível consiste em modelar as perdas como se fossem orifícios, a partir do qual uma vazão sai, que é uma função da pressão. Neste trabalho, a conceituação foi diferente, tanto porque, para redes antigas, não se considera que essa modelagem seja significativa, como porque esse modelo leva em consideração apenas as perdas ocultas, enquanto todas as “anomalias” são de grande interesse: como usuários não cadastrados, erros na modelagem ou até roubo de água; todas essas anomalias não dependem do valor da pressão.

Consequentemente, a *Objective Function* (O.F.) é a seguinte:

$$O.F. = \min \left(\sum_{i=1}^{N\text{úmero de nodos de controlo}} \frac{|H_{med} - H_{comp}|}{|H_{med}|} \cdot W_H \right. \\ + \sum_{i=1}^{N\text{úmero dos lados de controlo}} \frac{|Q_{med} - Q_{comp}|}{|Q_{med}|} \cdot W_Q \\ \left. + \sum_{i=1}^{N\text{úmero dos lados de controlo}} \frac{|Q_{tot\ med} - Q_{tot\ comp}|}{|Q_{tot\ med}|} \cdot W_T \right)$$

Onde: N é o número de nós de controle, L é o número de *links* de controle, H são pressões, Q são vazões; o subscrito *med* refere-se aos valores medidos, o subscrito *comp* aos valores computados; W são os pesos, que dependem da precisão esperada dos dispositivos de campo reais.

O modelo de rede é calibrado alterando as solicitações para os nós, para que os valores de saída do modelo sejam os mais semelhantes possíveis aos medidos pelos instrumentos.

A diferença entre os valores esperados e os reais não é necessariamente devido às perdas, mas indica a necessidade de investigar o funcionamento da rede na área identificada.

O método usado pela minimização da função objetivo, é um Algoritmo Genético (AG)⁵ simples com operadores de mutação e *crossover*. Como se sabe, esses algoritmos são capazes de encontrar pontos próximos da melhor solução; portanto, no final da aplicação do AG, também é utilizado um procedimento de *hill climbing* para encontrar a melhor solução possível.

A minimização do O.F. permite a reconstrução correta do cenário inicial. Na Figura 1, um cenário é reproduzido, juntamente com sua melhor reconstrução. Como pode ser visto, a redução da O.F. permite a reconstrução do cenário de perda correto (ou seja, original).

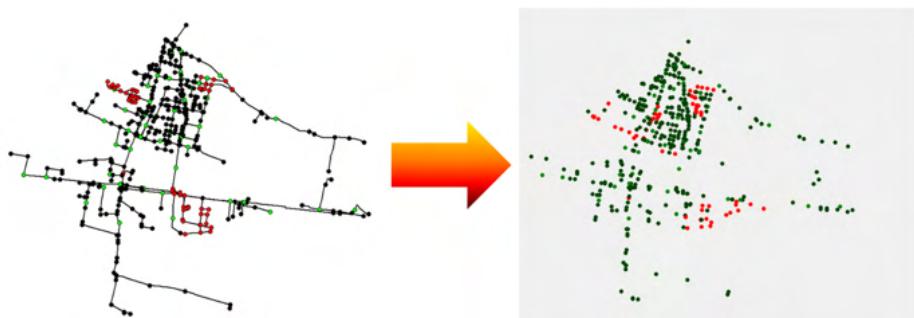


Figura 1: Rede de Castegnato. À esquerda, o cenário hipotético de perda; à direita, a reconstrução (nos dois casos, os pontos de perda estão em vermelho).

Fonte: elaborado pelos autores.

Redução do consumo de energia – rede de Milão (Itália)

Milão têm cerca de 1.3 milhões de habitantes, com uma área de 181,67 km². O sistema de abastecimento de água de Milão adquire água potável de vários poços (cerca de 600); as bombas transportam água para os reservatórios localizados ao nível do solo.

5 Os AG são inspirados pelo princípio da seleção natural e evolução biológica.

Desses reservatórios, a água é bombeada diretamente na rede, sem a necessidade de reservatórios localizados em maior altitude. Portanto, a carga hidráulica é garantida pelas estações de bombeamento, cuja ação equilibra os efeitos da demanda de água. Os condutos têm uma extensão total de 2.200 km e, na rede, existem 31 estações de bombeamento e em cada uma delas estão instaladas de três a quatro bombas. Cada bomba trabalha com uma vazão na faixa de 200 a 400 l/s e carga máxima de 50 m.

Atualmente, a rede é gerenciada com técnicas tradicionais e empíricas, o que pode não ser o melhor caminho. Então, as perguntas são se as operações atualmente implementadas trazem o sistema para operar com a máxima eficiência e se é possível melhorar a eficiência do sistema.

A função de objetivo que deve ser minimizada é simplesmente a potência W , obtida pela soma da potência de cada bomba funcionante:

$$W = \sum_{i=1}^{Nbomas} \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta} = \min$$

Onde γ é o peso específico do fluido (água), H é a carga fornecida pela bomba para a vazão Q e η representa a eficiência da bomba. As variáveis que devem ser calibradas são as velocidades das bombas.

Se a pressão em algum ponto de controle cair abaixo do valor aceitável ($MinPres > CompPres$), o valor W é artificialmente aumentado para “penalizar” a configuração em teste:

$$OF = W \text{ quando a pressão é aceitável}$$

$$OF = W \cdot 5 \cdot \left(1 + \frac{MinPres - CompPres}{MinPres}\right)$$

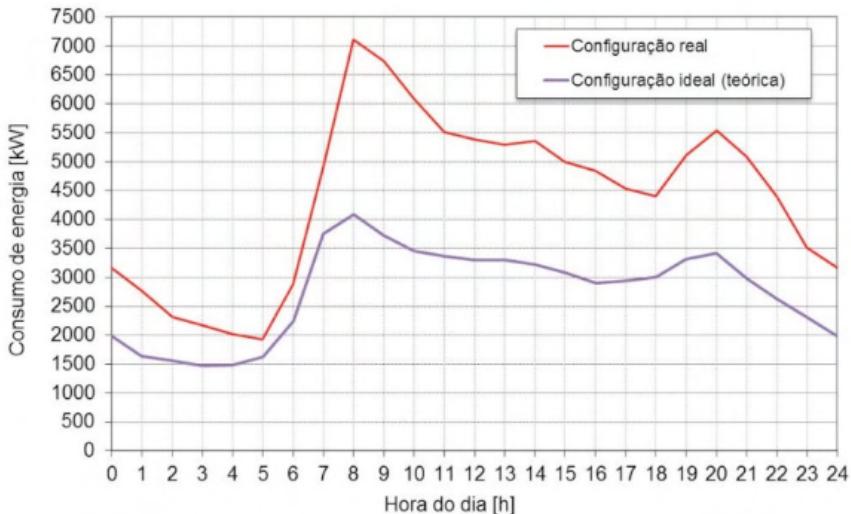


Figura 2: Energia necessária em um dia médio: melhorias obtidas com um método de otimização.

Fonte: elaborado pelos autores.

Milhares de configurações diferentes de bombeamento foram testadas, lideradas por um algoritmo genético, a fim de encontrar a melhor configuração, ou seja, a configuração que pode garantir o mesmo serviço e a melhor economia de energia. Os resultados mostram que uma melhoria dramática é possível, como pode ser observado na Figura 2.

Tomada de nota dos resultados obtidos, em 2017, o operador de rede de Milão decidiu anunciar um concurso público internacional, para um contrato (valor de 2,5 milhões de euros) para a auditoria, otimização e automatização da rede.

Quantos instrumentos de medição são necessários?

A importância de fazer medições precisas já foi discutida. No entanto, permanece o problema de estabelecer o número e a posição dos instrumentos, que são muito caros e exigem manutenção adequada. Obviamente, a instalação real dos instrumentos depende das possibilidades logísticas e econômicas. De qualquer forma, tentamos fazer uma determinação a mais objetiva possível. Com o que vimos até agora, podemos definir um critério operacional.

Pode-se considerar que o número de instrumentos instalados seja suficiente quando a calibração do modelo for inequívoca.

No entanto, é certamente possível que o número de instrumentos posicionados não seja suficiente, e de qualquer maneira, na fase de planejamento do número e posição dos dispositivos, é desejável o conhecimento da presença de outros mínimos. A existência de

outros mínimos é uma medida da incerteza do cenário em análise, contudo, permite uma melhor determinação do número e posição dos instrumentos a serem instalados.

7. PARÂMETROS PARA A AVALIAÇÃO DA CRITICIDADE DE UMA TUBULAÇÃO

7.1 Generalidades

Por criticidade de um conduto, entendemos a avaliação de sua vida útil ou, o que é conceitualmente muito semelhante, os parâmetros que podem levar à sua ruptura.

Como parte das atividades relacionadas com a gestão do serviço integrado hídrico, é muito frequente o caso em que é necessária a definição de intervenções ótimas de requalificação para redes existentes que permitam a restauração de condições de funcionamento compatíveis com as necessidades dos usuários.

A alocação correta dos recursos disponíveis para os gestores para manutenção da rede é, portanto, de fundamental importância. A descoberta das condições estruturais dos condutos é extremamente difícil. O principal motivo se deve ao fato de os condutos estarem sob pressão e não é fácil inspecioná-los internamente, como no caso de esgotos. Um papel importante é ocupado por dados históricos, por exemplo: a ocorrência de quebras, cuja disponibilidade permite obter uma medição indireta das condições dos condutos. O conhecimento preciso da rede permite uma melhor programação de sua manutenção, o que se traduz em um melhor serviço oferecido ao usuário. Na última década, vários procedimentos foram propostos, a maioria de natureza probabilística, com o objetivo de prever a quebra de condutos de aquedutos, a análise de confiabilidade e com o objetivo final de melhorar a manutenção de todo o sistema de distribuição.

7.2 Índice de risco

O índice heurístico HIRC foi desenvolvido pelos autores deste capítulo e é construído a partir de considerações sobre os parâmetros que podem influenciar no mecanismo de ruptura de um conduto. A estrutura do índice é mostrada na equação abaixo e é aplicada a cada seção dos condutos que compõe a rede.

$$HIRC = I_D W_D + I_R W_R + I_P W_P + I_L W_L + I_C W_C + I_A W_A (I_{\Delta P} W_{\Delta P} + I_T I_{LP} W_{DTLP})$$

com:

I é o parâmetro normalizado que se refere a cada variável de interesse [-];

W é o fator de multiplicação de cada elemento [-].

Nisso, os subscritos referem-se às seguintes variáveis:

D = diâmetro interno;

R = reparos realizados;

ΔP = pressão média de operação;

L = perdas observadas;

C = conexões na seção examinada com tubos de conexão aos usuários;

A = idade de instalação;

P = variação máxima de pressão avaliada em um arco específico de tempo;

T = tráfego de veículos atuando na superfície do solo acima do trecho considerado;

LP = profundidade da superfície de assentamento.

Operacionalmente, uma vez calculado o índice de cada trecho, os resultados são divididos pelo valor máximo encontrado dentro das redes em questão, de modo a trabalhar com dados entre 0 e 1 para todos os trechos de todos os municípios, para definir um único intervalo de criticidade para todas as redes.

O índice heurístico HIRC consiste, portanto, numa série de parâmetros, cada um utilizável de acordo com os dados disponibilizados pelo cliente, medidos pelo organismo que tem que otimizar a rede ou conhecidos a partir de simulações hidráulicas.

Portanto, é necessário avaliar caso a caso quais dados estão disponíveis.

Diâmetro

Entre as muitas disponíveis na literatura, uma formulação simples que estima possíveis quebras é produzida por Ermini, Viparelli e Fiorentino (1998):

$$\Lambda = 116 \cdot D^{-1.05}$$

O parâmetro descreve o número de quebras por ano por quilômetro de conduto conforme ao valor do diâmetro D , expresso em milímetros.

Para cada trecho, o parâmetro I_D é, portanto, computado como:

$$I_D = \frac{\Lambda_D - \Lambda_{D,max}}{\Lambda_{D,min} - \Lambda_{D,max}}$$

O parâmetro I_D vai para zero muito rapidamente quando espectros de diâmetros muito grandes são considerados. Por esse motivo, deve-se sempre considerar que o parâmetro é adequado para redes de distribuição com uma faixa de diâmetros não muito ampla.

Reparos

O parâmetro I_R é definido como 0 se nenhum reparo R ainda foi realizado na seção em questão, após o qual ele varia exponencialmente até 1 assumindo o valor de 3 reparos como o limite de criticidade. Isso significa que se 3 atividades de reparo já foram realizadas no trecho da tubulação em questão, então o parâmetro terá um valor máximo e qualquer outro reparo não justificaria novos aumentos no índice.

$$I_R = 0.245 \cdot 2^{R-1}$$

Perdas

Os dados de perdas dependem da exatidão das campanhas de busca de fugas efetuadas pelo organismo escolhido para a optimização da rede e dos relatórios recebidos das perdas encontradas.

Se a nível teórico os dados podem ser implementados imediatamente, na verificação prática, é difícil ter uma cobertura total da rede. A consequência natural das considerações anteriores é que, se implementado no índice, o parâmetro de perda determina uma hierarquia inválida, atribuindo importância excessiva às áreas com perdas medidas, normalmente em áreas da cidade onde é exercido maior controle dos fluxos.

$$PERDAS SIM I_L = 1$$

$$PERDAS NÃO I_L = 0$$

Pressão média

Quanto ao parâmetro de I_P que aparece no Índice de heurística, é considerado um elo de ligação linear, com a pressão de funcionamento médio dentro de uma gama variando de operação entre 20 e 55 metros. A fórmula de interpolação linear, com a pressão expressa em metros, é:

$$I_P = 0.0286 \cdot P - 0.5714$$

Para valores de pressão mais elevados, o valor do parâmetro I_P é considerado igual à unidade, enquanto para valores de pressão abaixo de 20 metros de coluna d'água, o parâmetro não afeta o índice.

Mudanças de pressão

As mudanças diárias de pressão têm que ser avaliadas como as pressões máximas

e mínimas atuantes em cada trecho da rede. O termo $I_{\Delta P}$ é considerado uma função linear da variação da pressão, que varia em uma faixa máxima entre 0 e 30 metros.

$$I_{\Delta P} = 0.33 \cdot \Delta P$$

As mudanças de pressão devidas ao golpe de aríete não são consideradas no índice, porque precisa-se de avaliações mais detalhadas.

Idade dos condutos

A idade do conduto é um parâmetro que não descreve exatamente os mecanismos de falha da conduta ou sua criticidade, mas influencia significativamente a probabilidade de ocorrência de perdas e falhas. Na verdade, esse parâmetro pode ser interpretado como um fator de amplificação das demais variáveis que descrevem a dinâmica do fenômeno. Por esse motivo, I_A é inserido como um multiplicador dos parâmetros relacionados ao tráfego, superfície de assentamento e variações de pressão.

Operacionalmente, os dados sobre a idade de colocação dos dutos quase nunca são conhecidos, com exceção das redes de distribuição mais recentes. Portanto, é escolhido um valor de referência que é considerado o mais significativo para as redes em questão e permanece constante para todos os dutos.

Ligações

Para a implementação no índice heurístico, são consideradas as ligações, entendidas como o número de ligações aos usuários para cada trecho único do conduto, excluindo-se do cálculo as conexões entre os condutos principais. As ligações com os usuários influenciam diretamente a probabilidade de falha de um conduto, pois representam descontinuidades no desenvolvimento longitudinal da infraestrutura.

O parâmetro normalizado I_C que aparece no índice heurístico está ligado ao número de conexões aos usuários por meio de uma relação de dependência linear mostrada abaixo:

$$I_C = \frac{\Omega - \Omega_{min}}{\Omega_{max} - \Omega_{min}}$$

Superfície de assentamento

Por superfície de assentamento entende-se a altura do telhado para a seção do conduto que vai da superfície do solo até os extrados superiores da infraestrutura.

A ligação entre a profundidade da superfície de assentamento e o índice heurístico é expressa por meio do parâmetro I_{LP} . O valor atribuído à variável é obtido através de

considerações sobre as cargas dinâmicas, inversamente proporcionais à profundidade de assentamento, e as cargas estáticas atuantes sobre a estrutura e diretamente proporcionais a ela. O resultado obtido da análise anterior pode ser escrito na forma abaixo.

$$I_{LP} = 0.0071 \cdot H^5 - 0.0912 \cdot H^4 + 0.4325 \cdot H^3 - 0.8495 \cdot H^2 + 0.2834 \cdot H + 0.967$$

Trânsito de carros

Os parâmetros a serem levados em consideração são o tipo de carga do veículo – leve ou pesado – e a quantidade de veículos que passam na via acima do gasoduto. O resultado está resumido na Tabela 1.

Tabela 1: Valores do parâmetro I_T

Intensidade	Carga zero	Carga leve	Carga pesada
Nada	0.00	0.00	0.00
Moderado	0.00	0.10	0.20
Comum	0.00	0.30	0.60
Intenso	0.00	0.50	1.00

Fonte: elaborado pelos autores.

Pesos

Todos os componentes que contribuem para a determinação do índice heurístico devem ser multiplicados por um fator multiplicativo, que representa o *peso* de um único componente em relação à criticidade. Os valores dos pesos foram obtidos a partir da calibração e verificação da fórmula em cerca de 20 cidades italianas, resultando no que está relatado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores dos pesos.

W_D	75.00
W_T	36.46
W_P	185.42
W_{AP}	30.21
W_C	55.56

Fonte: elaborado pelos autores.

Críticas e possíveis melhorias

Os parâmetros que aparecem no índice heurístico são certamente essenciais para determinar a criticidade de um sistema de aquedutos, mas não são os únicos. A análise pode ser ampliada e a construção do índice está aberta a todos os fatores que contribuem para a determinação das criticalidades de uma rede. Por exemplo, “correntes parasitas”, se houver, ou mesmo o número de juntas podem ser considerados.

As possíveis considerações sobre os pesos são completamente semelhantes; eles são calculados com base em dados bastante grandes, mas, sem dúvida, a calibração dos pesos não é exaustiva e, em todo caso, relativa a realidades locais.

Acredita-se, portanto, que a estrutura da metodologia pode ser considerada razoavelmente válida, que pode ser aplicada como uma primeira aproximação e levando em conta possíveis erros também em outras realidades, mas que para uso profissional deve ser verificada com base nas situações locais.

A estimativa do risco obtido deve ser submetida a uma análise mais cuidadosa em relação aos cenários de perda anteriormente assumidos. Essa zonação combinada com a localização (presumida) das perdas pode de fato apoiar o processo de tomada de decisão de manutenção; por exemplo, uma possível coincidência entre áreas com alto risco de quebra e áreas aonde os vazamentos são mais esperados. O vazamento pode empurrar o operador para a substituição do conduto, se necessário, dentro de uma zona definida. Vice-versa, no caso de insistência diferente por parte das duas áreas, o gestor pode optar para o reparo.

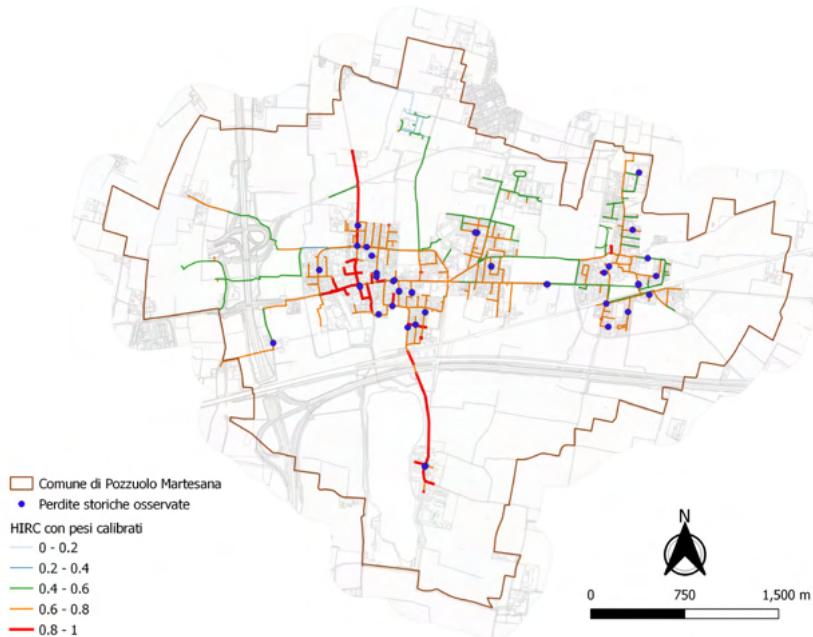


Figura 3: Mapa de risco obtido de acordo com o índice proposto e a legenda relacionada (município de Pozzuolo Martesana, no norte da Itália).

Fonte: elaborado pelos autores.

8 . CONCLUSÕES

Como dissemos no início do capítulo, a problemática da avaliação de uma rede de abastecimento de água e as decisões relativas à sua melhoria são complexas – o que aumenta a complexidade do problema – e devem ser tomadas em situações profissionais também muito diferentes entre si. Em algumas situações, nada se sabe e deve-se começar fazendo um balanço hídrico; em outros casos, um modelo hidráulico já calibrado está disponível e avaliações mais específicas podem ser feitas.

Em todos esses, o caminho aqui traçado deve ser considerado indispensável, pois consiste em conhecer cada vez melhor a rede e assim poder fazer escolhas de investimento informadas.

O primeiro passo é, portanto, avaliar em que ponto das cinco etapas indicadas no parágrafo 1 nos encontramos, e depois continuar pelo caminho que, como já dissemos, deve ser considerado “virtuoso”.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H. *et al.* **Performance indicators for water supply services**. London: IWA Publishing, 2000.
- ARTINA, S. *et al.* Approccio MILP (mixed integre linear programming) al problema di optimal design di reti di distribuzione idrica. *In: CONVEGNO DI IDRAULICA E COSTRUZIONI IDRAULICHE*, 28., 2002, Potenza. **Anais** [...]. Potenza: IDRA, 2002.
- BECCIU, G.; MAMBRETTI S.; MARTINS P. S. Evolutionary optimization for water losses recognition in water supply networks. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**, v. 19, n. 8, p. 976-999, 2014.
- BEHN, R. D. Why measure performance? different purposes require different measures. **PAR: Public Administration Review**, Washington, D.C., v. 63, n. 5, p. 586-606, 2003.
- ERMINI, R.; VIPARELLI, R.; FIORENTINO, M. Una metodologia per la valutazione dell'incidenza della vulnerabilità meccanica sul disservizio nelle reti acquedottistiche. *In: CONVEGNO DI IDRAULICA E COSTRUZIONI IDRAULICHE*, 29., 1998, Catania. **Anais** [...]. Catania: IDRA, 1998. p. 467-478.
- FUNASA. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2. ed. Brasília, DF: Funasa, 2014.
- HASHIMOTO, T.; STEDINGER, J. R.; LOUCKS, D. P. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. **Water resources research**, New York, v. 18, n. 1, p. 14-20, 1982.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems**. Cambridge: MIT Press, 1975.
- JAYNES, E. T. Information theory and statistical mechanics. **Physical Review Journals Archive**, College Park, n. 106/108, 1957.
- LAMBERT, A. O.; KOELBL, J.; FUCHS-HANUSCH, D. Interpreting ILIs in small systems. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE IWA-WATER IDEAS: INTELLIGENT DISTRIBUTION FOR EFFICIENT AND AFFORDABLE SUPPLIES*, 1., 2014, Bologna. **Anais** [...]. Bologna: IWA-Water Ideas, 2014.
- MAILHOT, A. *et al.* Modelling the evolution of the structural state of water pipe networks with brief recorded pipe break histories: methodology and application. **Water Resources Research**, Washington, D.C., v. 36, n. 10, p. 3053-3062, 2000.
- MAKSIMOVIC, C.; CARMI, N. GIS supported analysis of pressure dependant vulnerability of distribution networks to leakage. *In: SAVIC, D. A.; WALTERS, G. A. (ed.). Water Industry Systems: Proceedings of CCW199*. Exeter: University of Exeter, 1999. v. 2. p. 85-96.
- MAMBRETTI, S.; ORSI, E. Genetic Algorithms for Leak Detection in Water Supply Networks. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN WATER*, 1., 2012, New Forest. **Anais** [...]. New Forest: Urban Water, 2012.
- MOULLIN, M. **Delivering excellence in health and social care**. Buckingham: Open University Press, 2002.

NEELY, A. D.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. **The performance prism**: the scorecard for measuring and managing stakeholder relationships. London: Financial Times, 2002.

OFFICE OF THE CHIEF INFORMATION OFFICER. **Enterprise architecture program**. Washington, D.C.: OCIO, 2002.

ORMSBEE, L. E. Implicit network calibration. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v. 115, n. 2, p. 243-257, 1989.

SAVIC, D. A.; WALTERS, E. D. S. **Proceedings of the CCWI'99 International Conference on Water Industry Systems**: modelling and optimization applications. Baldock: Research Studies Press Ltd., 1999, v. 1.

SCARPA F., LOBBA A., BECCIU G. Expeditious pump rescheduling in multisource water distribution networks, **Procedia Engineering**, 119,1, 1078-1087, 2015.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, Stevenage, v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.

PRÁTICAS DE GESTÃO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Gianfranco Becciu

Stefano Mambretti

Luiz Fernando Orsini Yazaki

Mariana Marchioni

finais, devido à maior impermeabilização e à maior velocidade do escoamento superficial durante as chuvas;

- a piora da qualidade das águas superficiais, devido aos poluentes difusos na atmosfera e nas superfícies urbanizadas e veiculados pelo escoamento das águas pluviais.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização provoca sensíveis alterações no regime das águas superficiais e subterrâneas e nas suas características qualitativas. Principalmente nas áreas densamente povoadas, ocorrem significativas modificações no ciclo hidrológico e na qualidade da água, de maneira que se torna indispensável uma atenta consideração na definição das intervenções, seja de proteção hidráulica seja de saneamento das áreas urbanas. Os principais aspectos dessas alterações são:

- o desequilíbrio no balanço hidrológico das águas superficiais e subterrâneas, devido à menor infiltração das águas pluviais no subsolo e da simultânea coleta difusa da água pelo lençol;
- o aumento das vazões e dos volumes do escoamento das águas pluviais, que devem ser conduzidos para o sistema de drenagem e depois transportados aos receptores

Para exemplificar essas modificações, a Figura 1 traz a comparação entre o balanço hidrológico em um cenário pré e pós-urbanização para um caso específico, no qual se observa no cenário urbanizado uma redução na parcela da precipitação que volta para a atmosfera através da transpiração vegetal e evaporação de 40% a 25% e na infiltração de 50% no cenário pré-urbanização para 30% no cenário pós-urbanização. No cenário pós-urbanização, para o exemplo apresentado, 45% da precipitação é escoada através da rede de drenagem.

Diante dessas alterações que aumentam os problemas e os riscos hidráulico e ambiental, deve-se considerar que o escoamento das águas pluviais que se formam nas áreas urbanas durante os eventos de chuva pode ser regularmente coletado, conduzido, depurado e descarregado pelo sistema de drenagem somente dentro de certos limites.

Um primeiro limite, de caráter técnico, está vinculado às características dos processos

bioquímicos das estações de tratamento, para os quais não são aceitáveis vazões de tempo de chuva maiores que algumas vezes a vazão média do esgoto sanitário em tempo seco. Uma excessiva diluição das águas a serem tratadas, de fato, causaria uma progressiva redução de eficiência dos processos de oxidação biológicos e, portanto, maiores riscos de poluição dos corpos hídricos receptores.



Figura 1: Exemplo de balanço hidrológico para um cenário pré-urbanização (esquerda) e pós-urbanização (direita).

Fonte: adaptada de Becciu e Paoletti (2010).

Um segundo limite, de caráter hidráulico e econômico, está ligado às próprias dimensões dos coletores que conduzem as águas pluviais e que não podem ser adequados à condução dos escoamentos de todos os possíveis eventos chuvosos futuros. De um lado, de fato, a aleatoriedade dos processos de chuva resulta que também os coletores de grandes dimensões possam tornar-se insuficientes para enfrentar os casos de eventos mais raros e intensos do que aqueles do projeto. Por outro lado, a contínua adequação das dimensões dos coletores em função da natureza crescente dos escoamentos provocada pela expansão das áreas urbanizadas não é economicamente sustentável.

Na ausência de intervenções, a gestão da drenagem urbana está, portanto, destinada a tornar-se sempre mais problemática e complexa, com um aumento progressivo dos riscos não apenas de alagamento, mas também do tipo ambiental, em relação às cargas de poluentes veiculadas pelo escoamento superficial direto. Essas águas, de fato, são eliminadas localmente através da infiltração ou despejadas nos corpos hídricos receptores, constituindo, assim, um perigo concreto para os lençóis aquíferos e os ecossistemas fluviais a jusante das áreas urbanas.

É, portanto, necessário elaborar estratégias de controle do escoamento das águas pluviais capazes de reduzir esses riscos, garantindo ao mesmo tempo a eficiência hidráulica e sanitária do sistema de drenagem e um mínimo de impacto ambiental.

2 . EVOLUÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

As estratégias de controle do escoamento das águas pluviais evoluíram no tempo devido à maior conscientização do impacto das áreas urbanas sobre as áreas a jusante, ao aumento dos problemas causados pela forte dinâmica urbanística das grandes cidades, observados nas últimas décadas.

O tipo mais elementar e mais antigo de estratégia está baseado no conceito de que as águas pluviais não têm um conteúdo significativo de poluentes, ao contrário do esgoto sanitário. Premissa que, vale ressaltar, não é necessariamente válida, pois ao lavar as superfícies da área urbana o escoamento superficial tende a carrear sedimentos que servem como vetores para contaminantes podendo apresentar concentrações em níveis próximos ao esgoto sanitário, como podemos ver na Tabela 1. De qualquer forma, partindo dessa premissa nos sistemas separados, portanto, as águas pluviais são despejadas diretamente, por exemplo, em um corpo hídrico, enquanto o esgoto sanitário é levado para um sistema de tratamento antes do seu despejo. Nesse caso, o risco de insuficiência hidráulica do sistema e, portanto, de alagamento, está ligado principalmente à capacidade de vazão da rede coletora, enquanto o risco ambiental está associado exclusivamente à eficiência da estação de tratamento.

Tabela 1: Constituintes anuais (tonm) em água de escoamento superficial e esgotos.

	Água de escoamento superficial ⁽¹⁾	Esgoto rede mista ⁽²⁾	Esgoto industrial ⁽³⁾
Zinco (Zn)	217,7	32,14	59,9
Chumbo (Pb)	59,9	2,5	14,2
Cobre (Cu)	51,3	9,5	57,6
Nitrogênio	13.607,0	5443,3	Não disponível
Fosforo	544,3	51,3	Não disponível
DBO⁽⁴⁾	4309,0	635,0	Não disponível

(1) Região metropolitana de Washington DC.

(2) Blue Pains, Washington DC. Inclui rede de drenagem e rede doméstica servindo uma população de 2 milhões de habitantes.

(3) Maryland e Virginia 1987 inventário de descarga tóxica.

(4) Demanda biológica de oxigênio.

Fonte: adaptada de Sansalone e demais autores (2005).

Nos sistemas unitários, as águas pluviais supostamente não poluídas, teriam um efeito positivo de diluição do esgoto sanitário. O controle tem, portanto, um objetivo principalmente quantitativo, e a redução do risco hidráulico é realizada por extravasores de cheia que despejam nos corpos hídricos receptores as águas que excedem a capacidade de condução do sistema de drenagem à jusante. O risco ambiental e o seu controle estão, assim, associados ao grau mínimo de diluição do esgoto sanitário para o qual é considerado aceitável iniciar o despejo das águas mistas.

Este tipo de estratégia parece inadequada, principalmente do ponto de vista dos riscos ambientais. De fato, exceto em casos particulares de áreas urbanas principalmente residenciais e com baixa densidade populacional e de tráfego veicular, as águas pluviais são caracterizadas, devido à passagem pela atmosfera e à lavagem das superfícies impermeáveis, por substâncias poluentes que, devido à quantidade e ao tipo, tornam-se perigosas para o ambiente se despejadas diretamente. Além disso, as falhas de conexão nos sistemas separados tornam também impossível excluir do despejo direto parte dos poluentes veiculados pelo esgoto sanitário. A evolução natural das estratégias de controle é representada, portanto, pela introdução de extravasores de cheia, também nas redes coletoras dos sistemas separados e pela adoção de valores de diluição mínima mais cautelosos para o despejo mesmo para os sistemas unitários.

O aumento, frequentemente intenso e não planejado, das áreas urbanizadas, tem levado a um aumento significativo dos volumes e das vazões a serem transportadas e à impossibilidade econômica e também técnico-gerencial de adequar continuamente a rede de coletores do sistema de drenagem.

No Brasil, de acordo com o diagnóstico apresentado pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), realizado em 2020 com ano base 2019, prevalece o sistema separado em 54% dos municípios, unitário em 23% e o restante não possui ou não sabe informar o tipo de rede. Um detalhamento dos formulários respondidos observou, porém, que nos casos em que foi informado o lançamento de esgoto na rede de drenagem possivelmente se trata de um sistema concebido como rede separada e, devido a problemas de planejamento ou implantação, recebe também esgoto, inclusive sendo verificado altos índices de poluição nos recursos hídricos dos municípios citados. Participaram do SNIS (2019) um total de 3653 municípios, representando 66% do total de municípios brasileiros e 83% da população urbana.

Com a intenção de reduzir os volumes despejados e interceptar a maior parte da massa poluente veiculada pelo escoamento superficial, iniciou-se a associação aos extravasores de cheia a reservatórios temporários, geralmente com dimensões relativamente pequenas e com função principal de controle ambiental: eles se limitam a armazenar apenas a primeira parte dos escoamentos durante um evento chuvoso, a assim chamada

“primeira chuva”, a qual supõe-se que concentre a maior parte da massa de poluentes.¹ Em alguns casos, associam-se a esses reservatórios de primeira chuva reservatórios de maior dimensão, chamados “tanques pulmão”, capazes de efetuar também uma verdadeira e adequada regularização da onda de cheia gerada no sistema de drenagem pelo evento chuvoso.

Essas estratégias tradicionais visam principalmente um controle a jusante do escoamento das águas pluviais, ou seja, intervêm nas águas já conduzidas pelo sistema de drenagem. Isso implica, essencialmente, controlar o despejo para fora das águas excedentes com relação à capacidade de condução e de tratamento do sistema. Considerando os dados do SNIS (2019), foram verificados 174 (4.765) municípios da amostra e 11 (43.31%) capitais que declararam possuir reservatórios de detenção ou retenção.

3 . TENDÊNCIAS ATUAIS DAS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

A evolução histórica das estratégias de controle do escoamento das águas pluviais evidencia uma graduação de intervenções que permitem, por certo período de tempo, adequar a eficiência do sistema às variações das demandas sem a necessidade de grandes modificações na rede de coletores e na estação de tratamento. Essas técnicas são conhecidas são denominadas na literatura científica como *Best Management Practices* (BMPs), *Low impact developments* (LIDs) ou *Sustainable Urban Drainage Systems* (SuDS). Contudo, fica evidente que, com o aumento da extensão das áreas urbanizadas, esse tipo de estratégia torna-se sempre menos eficaz em relação ao aumento dos volumes e das vazões a serem controladas e, mais cedo ou mais tarde, será necessário intervir também com este tipo de modificação para evitar o aumento descontrolado dos já citados riscos ambientais e de inundações.

Diante das dificuldades de se efetuar periodicamente a adequação do sistema de drenagem, ligadas a motivos econômicos e técnico-organizacionais, nos últimos anos, foram propostas estratégias alternativas que se baseiam no conceito de Sistema de Drenagem Urbano Sustentável (em inglês SUDS, *Sustainable Urban Drainage System*). Essa nova abordagem da drenagem urbana parte de conceitos de invariância hidráulica e reequilíbrio hidrológico e baseia-se no controle difuso do escoamento das águas pluviais (URBONAS; STAHLRE, 1993; WILSON; BRAY; COOPER, 2004; WOOD-BALLARD et al., 2007).

1 Nesta primeira parte do escoamento, estimada em apenas 5 mm, concentra-se a maior parte dos poluentes associados aos sólidos em suspensão. Contudo, a presença de substâncias transportadas em solução e a ocorrência de fenômenos de resuspensão dos sólidos sedimentados nos condutos (*First Foul Flush*) podem determinar a retenção nos reservatórios de captação de águas pluviais de uma parte significativa da massa de poluentes transportada pelas águas pluviais.



Figura 2: Benefícios atingidos da drenagem sustentável.

Fonte: adaptada de Woods-Ballard e demais autores (2007).

O ponto de partida é a vontade de eliminar ou ao menos reduzir as modificações no escoamento devido à urbanização. A sensível redução das áreas verdes e da vegetação e o correspondente aumento das áreas impermeáveis conduzem, como se sabe, de um lado, à diminuição da evaporação e da infiltração e, do outro lado, ao aumento dos volumes e das vazões dos escoamentos superficiais. Essas modificações causam um aumento do risco de insuficiência da rede de drenagem artificial (esgoto) e da rede de drenagem natural (cursos d'água) ainda presente nas áreas urbanas ou a jusante delas. O objetivo da invariância hidráulica é o de reverter as vazões e os volumes do escoamento superficial aos valores de pré-urbanização. O objetivo do reequilíbrio hidrológico é mais amplo, estendendo-se à invariância hidráulica e também ao melhoramento dos valores de infiltração preexistentes, para uma melhor salvaguarda dos recursos hídricos subterrâneos e da evapotranspiração, com efeitos positivos sobre o microclima (Figura 2).

Esses objetivos podem ser alcançados com novas estratégias que visam principalmente um controle *a montante* do escoamento das águas pluviais, ou seja, que intervenham nas águas de escoamento superficial antes do seu ingresso no sistema de drenagem. O controle nesses casos, portanto, não é mais sobre o despejo pelo sistema de drenagem, mas sobre o ingresso no mesmo.

Além de agir na vazão e volume do escoamento das águas pluviais, os sistemas utilizados para esse tipo de controle agregam uma série benefícios adicionais ao manejo das

água pluvial como melhoras a qualidade da água através da remoção de contaminantes, benefícios ambientais, como promover a biodiversidade, mitigação do fenômeno das ilhas de calor, redução de consumo de água potável para fins não potáveis e outros benefícios ligados à educação ambiental, à beleza estética, a oportunidades de recreação e relações públicas, entre outros (ECHOLOS; PENNYPACKER, 2015; URBONAS; STAHLRE, 1993; WOODS-BALLARD et al., 2007). Veja os exemplos da Figura 3.

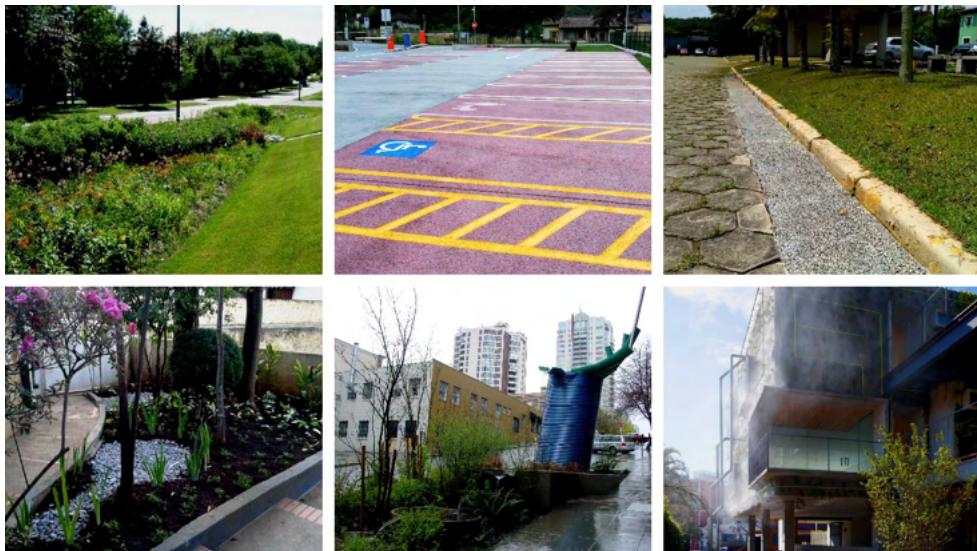


Figura 3: Exemplos de sistemas construtivos utilizados no controle a montante das águas pluviais.

Fonte: acervo pessoal.

4 . ESTRATÉGIAS DE ADMINISTRAÇÃO AMBIENTAL DOS CURSOS D'ÁGUA

Os receptores dos despejos de águas urbanas reagem de modo diferente ao impacto que atua sobre eles. Em primeiro lugar, deve-se distinguir entre as substâncias biodegradáveis, que estão sujeitas a fenômenos de transformação e redução espontâneos (autodepuração) do conteúdo poluente no receptor, e as outras substâncias não biodegradáveis, que estão sujeitas a fenômenos danosos de acúmulo progressivo. Em segundo lugar, esses processos ocorrem com cinéticas muito diferentes em função da reposição hídrica, das características hidrodinâmicas do receptor, da consequente diluição que ele assegura e dos complexos fenômenos hidrobiológicos e químico-físicos presentes no corpo hídrico. É importante enfatizar que, no caso de substâncias tóxicas perigosas para os fenômenos de bioacúmulo, assumem relevância não tanto as atenuações das concentrações decorrentes da diluição assegurada pelo receptor, mas também as massas absolutas das substâncias lançadas no receptor. Nesses casos, portanto, a atenuação

do impacto deve ser tentada operando de modo a reduzir não tanto as concentrações, mas as massas absolutas, reduzindo, ou melhor, eliminando, em primeiro lugar, as fontes de poluição e, em segundo lugar, reduzindo essas massas com eficientes instalações de tratamento localizadas a montante do despejo.

Também é necessário distinguir entre as diferentes situações ligadas à destinação de uso do receptor. Em comparação com os despejos urbanos em tempo de chuva, os efeitos nas águas balneárias, nas águas utilizadas para piscicultura etc. são bem diferentes.

O caráter intermitente do despejo de águas pluviais impõe, portanto, estratégias de controle totalmente diferentes daquelas utilizadas para os despejos contínuos no tempo, como os efluentes das estações de tratamento.

É importante tentar definir as estratégias de controle definindo não padrões de despejo – ou valores de concentração máxima admissíveis nos despejos –, mas padrões para os corpos hídricos receptores (enquadramentos) determinados com base nos objetivos de qualidade das águas dos receptores.

Algumas importantes estratégias de controle apontam para a redução da carga complementar despejada nos receptores por parte dos despejos de tempo chuvoso, salientando que o fator preponderante está mais ligado a essa carga complementar do que ao efeito intermitente da série de eventos de despejo individuais. Esse critério passa a ter interesse quando o receptor é particularmente sensível aos fenômenos de acúmulo progressivo nas águas ou no bioma e, portanto, às massas do poluente de interesse despejadas complementarmente em um determinado período de tempo. Com base nessa hipótese e mediante a simulação modelística de uma longa série de precipitações, calculam-se os balanços médios anuais das massas poluentes despejadas complementarmente pelas águas urbanas e, com base nelas, são definidas as estratégias de controle visando à obtenção de uma redução percentual prefixada dessas massas.

Uma outra abordagem de estratégia de controle, visando os danos a que pode estar sujeito o ecossistema nos eventos de despejo individuais, leva em consideração os limites de tolerância nas comparações com esses fenômenos intermitentes de impacto, também em função da possibilidade de recuperação espontânea da qualidade que o receptor pode assegurar. Esse segundo tipo de critério ganha, portanto, interesse quando o receptor é sensível aos eventos de despejo individuais ligados à intermitência do fenômeno chuvoso, por serem suficientes um ou mais eventos para determinar um inaceitável, mesmo se transitório, comprometimento ambiental.

Com relação a isso, pode-se citar os “*Intermittent Standards*”, propostos pelo manual inglês *Urban Pollution Management* (UPM) (FOUNDATION FOR WATER RESEARCHES, 1994, 1999), no qual, levando em conta que cada episódio de despejo produz uma deterioração temporária da qualidade do receptor, são definidos os valores toleráveis de

duração, frequência e os limites de concentração dessa deterioração em função da garantia da vida ictiológica no mesmo receptor. Particularmente, o procedimento UPM refere-se a dois padrões, denominados, respectivamente, Fundamental Intermittent Standards (FIS) e Derived Intermittent Standards (DIS).

O FIS estabelece as concentrações limite, mínima, no caso do oxigênio dissolvido (OD), e máxima, no caso do nitrogênio amoniacal na forma não ionizada ($\text{NH}_3\text{-N}$), para vários tempos de retorno e para vários tempos de persistência (T_p). A Tabela 2 trata especificamente desse manual e mostra os limites de tolerância para alguns peixes para uma duração e para uma frequência média maior que as indicadas.

Tabela 2: *Fundamental Intermittent Standards (FIS)*².

Tempo de retorno	Concentração mínima de OD [mg _{OD} /l]			Concentração máxima de $\text{NH}_3\text{-N}$ [mg _{$\text{NH}_3\text{-N}$} /l]		
	1 hora	6 horas	24 horas	1 hora	6 horas	24 horas
1 mês	4,0	5,0	5,5	0,150	0,075	0,030
3 meses	3,5	4,5	5,0	0,225	0,125	0,050
1 ano	3,0	4,0	4,5	0,250	0,150	0,065

Fonte: adaptada de Foundation for Water Researches (1994).

Mesmo que, a rigor, a condição de conformidade seja obtida quando são alcançados os padrões relativos a cada duração e a cada tempo de retorno, os estudos de Crabtree e demais autores (1993) mostram que o tempo de retorno $T = 1$ ano parece ser o mais crítico na maior parte das situações (no sentido que se esses padrões são alcançados, geralmente também o são para um e três meses de tempo de retorno). Naturalmente, a série histórica das concentrações nos cursos d'água, seja reconstruída com modelos ou medida no campo, deve ser suficientemente longa para que se possam determinar os tempos de retorno efetivos. Além disso, embora as séries históricas apresentem um consistente “reagrupamento” de eventos em um período específico do ano – isso ocorre tipicamente nos meses de estiagem, nos quais as temperaturas são altas e as vazões baixas –, o cálculo do tempo de retorno deve ser feito levando em consideração somente os períodos em que ocorrem esses reagrupamentos. A escolha do tempo de persistência mais crítico é menos intuitiva: de fato, a duração de um evento de desvio pelos extravasores de cheia de esgoto é, em geral, inferior a 6 horas, além disso, observa-se com frequência uma ainda mais breve duração da parte significativa do polutograma se ocorrer o fenômeno denominado “first flush” (a primeira carga poluidora): estas considerações permitem

2 Valores limite inferiores da concentração de oxigênio dissolvido OD e $\text{NH}_3\text{-N}$ amoniacal que não devem ser reduzidos com uma frequência média maior do que a indicada, para garantir a vida ictiológica, conforme o procedimento Urban Pollution Management (UPM).

escolher $T_p = 1$ hora. Contudo, os níveis mínimos de oxigênio dissolvido tendem a ocorrer depois que a massa poluente foi transportada por certa distância a jusante do despejo, período durante o qual se verificam fenômenos de mistura e dispersão que tendem a alongar no tempo e no espaço a forma do polutograma. Por essas razões, considerase como limite mais crítico no UPM aquele associado a um tempo de persistência $T_p = 6$ horas. A comprovação dos padrões de OD e de N-NH₃ requer a simulação da maior parte dos processos de transporte e transformação dos poluentes dentro do curso d'água. Deve-se, portanto, dispor de informações precisas sobre as características hidrodinâmicas da corrente – geometria do leito, velocidade da corrente, profundidade, dispersão –, nos processos qualitativos – taxas de decaimento, presença de processos como a fotossíntese, interação com os sedimentos.

Com a finalidade de fornecer padrões de qualidade que sejam de utilização mais imediata, o manual UPM define os padrões “derivados” – *Derived Intermittent Standard* (DIS), que se referem à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e ao Nitrogênio total (N), parâmetros que são de emprego mais fácil, devido ao fato de que os modelos dos sistemas de drenagem urbano fornecem como resultado esses mesmos indicadores. Os limites DIS foram deduzidos de maneira que, quando as condições reproduzem esses limites, os padrões FIS também são verificados, desde que, para a sua determinação, sejam feitas algumas hipóteses cautelares. Por exemplo, os DIS para DBO₅ (Figura 4) são curvas de isoconcentração limite expressas em função das condições hidrodinâmicas da corrente representada pelo declive médio do curso d'água e pela relação média entre a largura e a força hídrica. Com base nas considerações anteriores feitas para os FIS, elas foram calculadas assumindo-se um tempo de retorno de 12 meses e um tempo de persistência de 6 horas, o que, portanto, permite definir a concentração limite máxima de DBO que não deve ser ultrapassada no curso d'água em média mais de uma vez por ano para uma duração maior que 6 horas. A mesma figura mostra também que, quando o ponto representativo se encontra na área sombreada superior, não é necessária nenhuma modelação da qualidade do curso d'água, sendo ele dotado de características hidrodinâmicas que garantem uma oxigenação e uma autodepuração adequada e espontânea. Contudo, quando isso não acontece – cursos d'água com baixo declive e com baixo valor da relação entre a largura e a força hídrica, portanto com menor capacidade de oxigenar a corrente –, a aplicação do procedimento requer que seja preparada uma complexa modelação quali-quantitativa do conjunto esgoto-tratamento-curso d'água, para verificar, com base em uma longa série de eventos climáticos, se a deterioração qualitativa respeita os limites de concentração-duração-frequência requeridos pelos DIS.

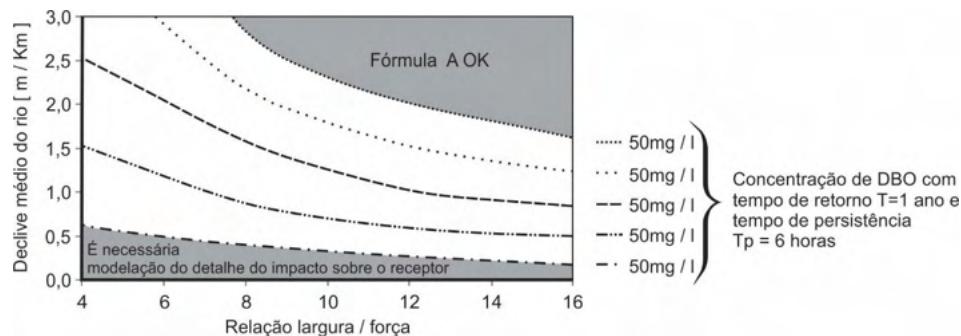


Figura 4: *Derived Intermittent Standard (DIS) da UPM: limites de concentração de DBO no curso d'água, para T = 1 ano e TP = 6 horas.*

Fonte: adaptada de Foundation for Water Researches (1994).

Esse procedimento, portanto, é mais vantajoso porque define “padrões intermitentes” de tempo chuvoso com base nos limites de tolerância para a vida ictiológica do curso d’água receptor dos poluentes transitórios, provocados pelos despejos intermitentes em tempo de chuva. Os padrões intermitentes, portanto, têm uma lógica completamente diferente com relação a qual se baseiam os limites de admissibilidade dos despejos contínuos no tempo. Isso também indica que é incorreto, seja conceitualmente ou para fins práticos, a adoção de normas de despejos de tempo chuvoso com base na utilização dos citados limites de admissibilidade relativos aos despejos contínuos.

5 . CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE CONTROLE NA FONTE

Essas técnicas podem ser classificadas de vários modos. Uma das classificações mais difundidas baseia-se na distinção entre os esquemas de controle na fonte (*source control*) e os de controle centralizado (*centralised control*). Nos primeiros, o escoamento não é imediatamente despejado no sistema de drenagem, mas é armazenado, tratado e, às vezes, usado localmente para fins de irrigação; nos segundos, contudo, as providências com relação aos fluxos são tomadas dentro do próprio sistema de drenagem, inclusive a uma grande distância das áreas onde os fluxos são gerados.

Uma outra classificação baseia-se na sua localização com respeito ao sistema de drenagem. Ela distingue, portanto, intervenções em linha (*in-line measures*), que são aplicadas a todo o volume do escoamento, e intervenções fora de linha (*off-line measures*), que desviam apenas uma parte do volume do escoamento, isolando-o do sistema drenante e não influenciando a parte restante do evento de cheia. Em tempo seco, nos primeiros, no caso em que são inseridos em um sistema drenante unitário, afluem por vazões de esgoto sanitário. Nos segundos, no entanto, permanecem secos na maior parte do tempo e recebem afluxos apenas durante os eventos de chuva.

Por fim, uma classificação mais recente distingue entre intervenções estruturais, que compreendem a construção de estruturas para a gestão das águas urbanas – como valas de infiltração, tanques de retenção etc. –, e intervenções não estruturais, que incluem procedimentos, atividades e regulamentos que não requerem a construção direta de obras na bacia. As intervenções estruturais se dividem-se principalmente em três tipos de estruturas (Figura 5):

- estruturas de infiltração;
- estruturas de armazenamento;
- sistemas vege



Figura 5: Exemplo de intervenções estruturais de BMP em um condomínio em Oxfordshire, Reino Unido³

Fonte: acervo pessoal.

5.1 Estruturas de infiltração

As estruturas de infiltração demonstraram ser as mais eficazes entre todas as intervenções de BMP, na remoção dos poluentes contidos nas águas de chuva e na redução das vazões máximas e dos volumes afluentes. São frequentemente associadas a intervenções de infiltração do escoamento, com a finalidade de reduzir posteriormente os agentes poluentes presentes principalmente nas águas de primeira chuva. Entre as medidas de infiltração mais utilizadas, temos:

³ As figuras apresentam pavimentação permeável (estruturas de infiltração), reservatório de retenção (armazenamento) e trincheira de infiltração (sistemas vegetais).

- valas de infiltração;
- poços de drenagem;
- bacias de infiltração;
- pavimentos permeáveis;
- bueiros filtrantes.

O efeito de mitigação dessas estruturas está ligado ao acúmulo temporário do volume do escoamento e à sua dispersão no terreno durante e após o evento de chuva. O fator principal que influencia as capacidades, o projeto e a execução dessas estruturas é a capacidade de infiltração do terreno. Por exemplo, uma estrutura de infiltração construída sobre um solo muito permeável (areia) requer espaços limitados e desempenha um papel muito importante na redução dos picos de vazão, principalmente durante eventos de chuva de baixa frequência. Ao contrário, se o terreno for pouco permeável – argila ou areia compactada –, a infiltração pode ser desprezível e tais estruturas terão a única função de retenção de parte dos volumes de escoamento, relançando-os no terreno em intervalos de tempo mais longos.



Figura 6: Exemplo de bacia de infiltração localizado no MIT, Estados Unidos.

Fonte: adaptada de Echols e demais autores (2015).

As vantagens da infiltração incluem:

- a redução das vazões máxima e dos volumes de escoamento superficial;
- a recarga no lençol subterrâneo, que permite o reabastecimento de rios, lagos e estuários;
- a remoção dos poluentes presentes nas águas urbanas;
- a diminuição da probabilidade de alagamentos e fenômenos erosivos a jusante;
- a possibilidade de usar a água para outras finalidades.

Uma outra vantagem das estruturas de infiltração é a sua capacidade de ser útil para múltiplos usos. Áreas recreativas, parques e estacionamentos são excelentes locais para as estruturas de acúmulo temporário.

As principais desvantagens das estruturas de infiltração podem ser resumidas como segue:

- elevado custo de implantação, principalmente nas áreas residenciais de mais valor ou nas áreas de interesse turístico;
- quando não corretamente dimensionadas, essas estruturas apresentam uma forte tendência ao entupimento que reduz bastante a sua eficiência e vida útil;
- não sendo normalmente ligadas ao sistema drenante, essas estruturas podem aumentar a probabilidade de fenômenos locais de alagamento;
- possível poluição das águas do lençol freático;
- a recuperação e o tratamento dos sedimentos coletados nas estruturas de infiltração podem ter custos elevados.

A possibilidade de poluição do lençol deve ser atentamente considerada, principalmente se as águas do lençol são utilizadas para consumo humano ou para finalidades agrícolas. É, portanto, oportuno a condução de pesquisas geológicas para estabilização se o local for adequado para a instalação das estruturas de infiltração. O mau funcionamento destas é, de fato, frequentemente associado a uma estimativa incorreta da velocidade de infiltração ou a uma remoção insuficiente de sedimentos, que provoca a sua obstrução.

Com relação ao clima, na presença de baixas temperaturas, o terreno pode congelar, reduzindo, assim, a infiltração. Em geral, o funcionamento desses sistemas pode ser garantido mantendo-se livre a abertura da estrutura da neve e do gelo.

Por fim, são levantadas preocupações com relação à eficácia de longo prazo dessas estruturas. Numerosos estudos têm demonstrado uma vida breve dos sistemas de infiltração, com mais de 50% de probabilidade de desgaste parcial ou total após cinco anos.

A vida útil dessas estruturas pode ser aumentada efetuando-se uma cuidadosa avaliação geológica, a ser realizada antes da construção, e elaborando-se um plano de inspeção e de manutenção. Particularmente, é necessário verificar se o tipo de terreno e a posição do lençol são adequados para a instalação de uma estrutura de infiltração. A introdução de pré-tratamentos e uma manutenção regular – por exemplo, a remoção e a substituição do material de preenchimento obstruído – aumentam a eficiência e a vida dos sistemas de infiltração.

Com relação ao dimensionamento dos sistemas de infiltração, não existe atualmente um procedimento universalmente aceito; teoricamente, isso deve ser efetuado comparando-se as vazões que chegam ao sistema – portanto, o hidrograma de cheia do projeto – com a capacidade de infiltração do terreno e com um eventual volume armazenado no sistema. Essa comparação é usualmente realizada utilizando a equação da continuidade, que representa o balanço das vazões que entram e saem para o meio filtrante, na qual, por simplicidade, é desprezada a evaporação.

5.2 Estruturas de armazenamento

As estruturas de armazenamento representam a família mais numerosa de técnicas de mitigação de alagamentos. Esses dispositivos têm a função de represar provisoriamente uma parte dos volumes hídricos originados pelos eventos chuvosos, para depois enviá-los para tratamento ou para retorná-los para a rede de jusante e para o receptor final, com vazão reduzida e compatível com este.

As principais funções dessas estruturas são de acúmulo de água, equalização da onda de cheia, tratamento e, às vezes, disponibilização do volume d'água infiltrado.

Uma classificação básica permite a identificação de dois tipos de estrutura:

- estruturas de detenção,
- estruturas de retenção.

Nas primeiras, todo o fluxo, ou apenas uma parte dele, é temporariamente armazenado e gradualmente liberado para o sistema de drenagem. Esse tipo de abordagem permite o abatimento das vazões máximas do hidrograma de cheia, mas não intervém na redução dos volumes totais das águas. As estruturas de detenção, restituindo ao sistema de esgoto uma vazão inferior àquela que entra, têm a capacidade de mitigar a insuficiência hidráulica da rede de drenagem urbana. Desse modo, a rede de drenagem é capaz de conduzir a água recebida de aglomerações urbanas sem a necessidade de redimensionar os coletores de esgoto.

Nas segundas, contudo, todo o volume do fluxo proveniente da área servida, ou uma parte dele, é retido por um período mais longo, o qual não é liberado para o sistema de drenagem, mas é disperso – por evaporação ou infiltração –, ou reutilizado, por exemplo, para

fins de irrigação. O longo tempo de residência hidráulica permite a remoção dos poluentes.

As estruturas de armazenamento são projetadas para desempenhar mais de uma função: retenção de eventos com elevada frequência – melhoramento da qualidade da água – e detenção para os eventos com baixa frequência – proteção contra o alagamento –, controlando os despejos com a finalidade de regular o fluxo.

Essas estruturas podem ser colocadas em linha ou fora de linha com respeito ao sistema drenante: no primeiro caso, elas recebem as vazões do período seco e as de cheia, desviando-as para o corpo hídrico receptor quando foi superada a capacidade do simples de acúmulo; no segundo, elas acolhem as vazões que são desviadas pela rede de esgoto para o sistema de acúmulo por meio de uma estrutura de desvio, por exemplo, um extravasor.

As estruturas de armazenamento agem tanto sobre a qualidade como sobre a quantidade das águas de chuva: elas favorecem, de fato, a remoção de sólidos em suspensão, metais e nutrientes dissolvidos e, ao contrário das estruturas de infiltração, não apresentam inconvenientes devidos à obstrução.

Um problema dessas estruturas é o elevado custo de construção e manutenção, a qual consiste na frequente remoção de folhas e detritos que se acumulam na bacia. Além disso, elas requerem amplos espaços para a sua instalação e podem ser a causa de odores persistentes se a sua utilização estiver associada a uma manutenção insuficiente. Por esses motivos, a sua inserção em áreas já densamente urbanizadas não é aconselhável.

A construção dessas extensas bacias de detenção pode também provocar a destruição do *habitat* sensível para a vida aquática e terrestre. Por esse motivo, são necessárias avaliações ambientais com a finalidade de escolher o local onde se acredita que ocorrerá o menor impacto sobre o ambiente. Em alguns casos, são também necessárias obras de mitigação dos inevitáveis impactos ambientais.

Assim como para as estruturas de infiltração, também para essas estruturas há necessidade de considerar a possibilidade de poluição do lençol, especialmente se ele for utilizado para finalidades potáveis ou agrícolas.

Para analisar a eficiência na remoção de poluentes, é necessário separar os dois sistemas diferentes. Nas estruturas de retenção, a eficiência depende do volume do fluxo que é desviado e conduzido para elas. Em geral isso varia entre 70% e o 90% sem diferença entre os vários poluentes. Nas estruturas de detenção, existe a presença de água em movimento e nelas a eficiência de remoção de poluentes é inferior aos sistemas de retenção. Particularmente:

- sólidos em suspensão: 40% - 80%;
- DBO: 30%/60%;
- substâncias em suspensão: menos que 10%;
- metais dissolvidos e micropoluentes: menos que 20 %;

A remoção das substâncias em suspensão pode ser incrementada mantendo-se uma camada d'água na base da estrutura de detenção. Dessa maneira, forma-se uma colônia biológica que filtra a primeira parte do fluxo, reduzindo a concentração de substâncias em suspensão por meio da absorção.

A remoção dos resíduos gerados na bacia é fundamental para o correto funcionamento dos reservatórios de detenção e de retenção.

A remoção de sedimentos, detritos e de águas altamente poluídas traz notáveis benefícios para a estética e para a qualidade das águas, entre as quais a redução de odores desagradáveis, de sólidos em suspensão e de substâncias biodegradáveis que alcançam as águas receptoras. Em geral, os reservatórios requerem pelo menos uma inspeção anual para avaliação das suas condições: uma bacia deve ser limpa apenas se a profundidade dos depósitos for maior ou igual a um terço da profundidade média. A limpeza pode ser realizada manualmente ou por meio de equipamentos apropriados.

No caso de reservatórios de concreto fechados, diversos estudos têm demonstrado que os sistemas mais eficazes e de menor custo para a remoção dos rejeitos são os que utilizam o fluxo d'água a alta velocidade: os aparelhos mais difundidos com base nesse procedimento são as comportas de expurgo e as descargas basculantes.

As primeiras águas a serem despejadas são retidas como reserva na bacia de acúmulo e liberadas por um mecanismo apropriado, dando origem a uma onda de elevada velocidade, que remove energicamente os detritos acumulados nos aparelhos presentes ao longo de todo o percurso do despejo. O mecanismo opera despejando a água por meio de uma comporta de expurgo acionada hidraulicamente, a qual cria jatos d'água que removem os sólidos e os detritos do fundo da bacia.

As descargas basculantes, usadas na América do Norte no início dos anos 1990, são recipientes cilíndricos posicionados sobre a parede posterior do tanque em correspondência com a máxima altura d'água no projeto: o recipiente é preenchido até uma dada profundidade e portanto gira em torno de um eixo central extravasando a água no tanque e produzindo a corrente de despejo.

Existem no comércio outras tecnologias com base na criação de um jato que lava os sedimentos do fundo do reservatório, a principal diferença está na maneira como é acumulada a água necessária para a lavagem dentro do reservatório.

5.3 Sistemas vegetais

Os sistemas vegetais são constituídos de áreas cobertas de vegetação e têm o objetivo principal de interceptar e infiltrar as águas pluviais. Fazem parte dessa categoria os canais plantados e os filtros vegetais. São também comumente chamados de “infraestruturas verdes”.

Os canais plantados são valas pouco profundas, geralmente com seção trapezoidal

ou parabólica, cuja superfície é revestida por uma borda de vegetação. As águas pluviais fluem com baixa velocidade, favorecendo assim a sedimentação dos sólidos em suspensão, enquanto as espécies vegetais utilizadas têm a função de estabilizar as margens do canal – para proteção contra erosão –, de facilitar a infiltração de parte dos fluxos – produzindo também um certo efeito de equalização – e de efetuar o tratamento das águas, reduzindo a carga de sólidos em suspensão e de nutrientes.

Os canais plantados são comumente usados como técnica de mitigação autônoma para a drenagem dos fluxos gerados ao longo de estradas e de grandes artérias de rodovias, podendo substituir os tradicionais canais de estradas. A alimentação dos canais plantados é feita diretamente das áreas contíguas impermeáveis.

Os resultados que podem ser alcançados com a introdução dos canais plantados são:

- remoção dos poluentes na forma suspensa mediante a filtração através da superfície plantada;
- redução da velocidade do fluxo superficial da água de chuva e o consequente abatimento dos picos de vazão;
- redução do volume do fluxo graças à infiltração (apenas para canais a seco).

Podem ser combinados com outras técnicas de melhores práticas de gestão, reunindo geralmente o pré-tratamento e/ou a condução: colocadas, por exemplo, a montante de uma estrutura de infiltração, removem boa parte dos sólidos em suspensão, de modo a preservar de obstrução os sistemas de infiltração.

Além disso, pode-se distinguir canais a seco e canais úmidos.

Nos canais a seco, é colocada na base uma camada de material filtrante composta por 50% de areia e 50% de argila lodoso e, embaixo disso, uma camada de cascalho com 15 cm, dentro da qual é montado um tubo drenante de PVC de diâmetro 10 cm, longitudinal ao canal, para retirar o líquido infiltrado. Essas estruturas fornecem benefícios qualitativos e quantitativos associados respectivamente aos fenômenos de filtração e infiltração da água de chuva. São frequentemente inseridos em pequenas áreas residenciais, em áreas com pouca permeabilidade do solo e nas bordas das estradas. Neste último caso, é necessário estudar o controle de possíveis fenômenos de inundação, com a finalidade de respeitar as normas de segurança para proteção dos usuários das estruturas viárias.

Os canais úmidos apresentam trechos permanentemente submersos, nos quais está presente a vegetação. Para garantir o represamento permanente, são previstas travessias fluviais de concreto equipadas com aberturas de drenagem. Essas estruturas são aplicáveis apenas em pequenas áreas residenciais, porque as detenções frequentes podem provocar problemas como a presença de insetos e odores persistentes.

Com relação à remoção dos poluentes, o canal a seco fornece um bom tratamento para a água de chuva graças à filtragem dos poluentes suspensos e à absorção dos materiais dissolvidos. Nos canais úmidos, contudo, a lâmina d'água permanente permite a remoção dos contaminantes na forma dissolvida, através de mecanismos biológicos, e dos que estão na forma suspensa, por sedimentação.

As principais vantagens da utilização dessas técnicas são:

- melhoria da qualidade das águas lançadas no sistema drenante (particularmente no caso de eventos chuvosos frequentes);
- redução do volume do escoamento (se as características do terreno permitirem a infiltração);
- redução da vazão de pico.
- As principais desvantagens dos canais plantados são:
 - não são aplicáveis a áreas de encosta, úmidas ou com tendência à erosão;
 - difícil implantação em zonas densamente urbanizadas;
 - a cobertura vegetal deve ser apropriada às características climáticas da área;
 - possíveis riscos para a saúde pública que podem ser gerados pela retenção das águas.

A vida útil dos sistemas plantados é diretamente proporcional à frequência de manutenção. Se forem corretamente dimensionados e controlados, eles terão uma duração indefinida.

A manutenção dos sistemas consiste na inspeção anual das rampas laterais para o controle da área plantada e a conservação das áreas lavadas.

É necessário prever operações periódicas de corte das plantas para a manutenção de uma altura inferior a 15 cm. Se o volume ocupado pelos sedimentos superar 25% do volume de projeto, é necessário prever a remoção. Além disso, é oportuno arar ou cultivar o fundo arenoso se ele drenar em menos de 48 horas e prever a rega nos períodos secos.

O uso de fertilizantes deve ser reduzido ao mínimo.

Os filtros vegetais têm um funcionamento similar aos canais plantados, com exceção do fato de que eles são normalmente caracterizados por declividades muito baixas e que distribuem os fluxos sobre superfícies muito extensas, promovendo assim o movimento laminar através do tapete de plantas de modo a ampliar a capacidade filtrante da vegetação. Para incrementar essa função, a vegetação utilizada nos filtros vegetais é selecionada de modo a melhorar a absorção de nutrientes e de metais pesados.

Eles se tornam muito eficazes quando são executados em combinação com outras técnicas como, por exemplo, as estruturas de infiltração. Os filtros vegetais, de fato, reduzem parte dos poluentes suspensos, que são um dos maiores responsáveis pela obstrução dos poros nos tanques de infiltração.

Essas práticas vegetais necessitam de uma grande disponibilidade de espaço, porque ocupam uma área em planta igual a 5-10% da superfície da bacia a ser tratada. Servem apenas áreas com extensão da ordem de 5 hectares ou menos e com declividade média de 2-6%, declives maiores são desaconselhados porque induzem à formação de um fluxo concentrado não desejado e uma erosão mais acentuada na área a ser drenada.

Como nos sistemas de infiltração, é necessário localizar a estrutura a pelo menos 0,70-1,5 m do lençol, para evitar a poluição.

Os filtros vegetais são adequados para gerir a água de chuva proveniente de estradas, tetos e estacionamentos muito pequenos.

O clima também pode influenciar o desempenho dos filtros: em zonas áridas são necessários maiores custos de gestão, entre os quais podemos citar a irrigação mais frequente; em climas frios, deve-se utilizar espécies vegetais resistentes ao sal, devido à técnica de espalhar esse produto sobre as estradas para evitar a formação de gelo.

Os filtros vegetais podem ser densamente plantados com uma variedade de espécies resistentes à erosão. Geralmente, prefere-se gramas, arbustos e árvores autóctones, que não requerem o uso de fertilizantes e são, além disso, mais resistentes aos climas áridos. Abaixo dos filtros, pode ser inserido um tubo de drenagem. Para garantir um tratamento adequado da água que entra no sistema, pode-se fazer a largura do filtro maior ou igual a 20% do comprimento, ou pode-se fixá-lo acima ou igual a 2.7 m. O tempo de residência hidráulica está, também nesse caso, compreendido entre 5 e 9 minutos; a inclinação da superfície do filtro vegetal não deve superar 10%, a altura da lâmina d'água não deve exceder 12 mm e a velocidade do escoamento através da superfície plantada não deve superar 0,5 m/s, para garantir uma sedimentação adequada durante os eventos chuvosos regulares.

Além do melhoramento estético da área de implementação, essas estruturas constituem uma técnica eficaz de tratamento qualitativo das águas urbanas originadas de superfícies impermeáveis. A construção e a manutenção são simples e econômicas.

Os filtros vegetais não são apropriados para receber o fluxo de água de chuva proveniente de áreas extensas, porque não são eficazes para volumes e/ou velocidades de fluxo elevadas, podendo, por isso, dar origem a fenômenos de erosão.

Não são aplicáveis em zonas particularmente sujeitas à erosão ou onde o crescimento da vegetação é de difícil gestão. Além disso, requerem superfícies em planta de grandes dimensões, proporcionalmente à área a ser drenada.

A manutenção consiste na inspeção do sistema duas vezes ao ano para controlar a

possível presença de fenômenos de erosão e danos à vegetação.

É necessário prever intervenções periódicas de remoção de detritos e rejeitos, que se acumulam principalmente ao longo das estradas.

Estudos conduzidos por Colwell e demais autores em 2000 concluíram que a altura da vegetação não influí no desempenho da remoção de poluentes, portanto, a poda é executada uma ou duas vezes ao ano. Ela é necessária principalmente para a remoção de grama e da vegetação tipo bosque.

6 . CONCLUSÕES

A água é essencial para vida humana sendo consumida diretamente, utilizada na preparação dos alimentos, na higienização, na agricultura e uma série de atividades industriais e outros usos. A presença de água na forma de rios e lagos impulsionou o crescimento de inteiras civilizações, enquanto a tecnologia em construir canais e aquedutos permitiu o crescimento de impérios como o Império Romano. A chuva, parte do ciclo hidrológico, é essencial na agricultura e o aproveitamento da água da chuva utilizando acúmulo em cisternas é conhecido desde a antiguidade fazendo exemplo ao uso no sul da Itália e na China, por exemplo. No ambiente urbano, a chuva ajuda a limpar as superfícies do acúmulo de sedimentos carregados de contaminantes, permite a sobrevivência da vegetação urbana e a recarga do aquífero. Porém, a água da chuva é relacionada em frequência ao risco hidrológico principalmente considerando as inundações e todos os transtornos e prejuízos humanos e econômicos de consequência. Dessa forma, o conceito do manejo das águas pluviais fica limitado a drenar a água da chuva afastando-a do centro urbano o mais rapidamente possível, evitando danos às pessoas e às propriedades. A alta concentração de poluentes devido à lavagem das superfícies, principalmente estradais, somada às ligações ilegais da rede de esgoto na rede de drenagem e a baixa qualidade de águas de grande parte dos rios urbanos tornam a água da chuva um risco para a saúde pública justificando o conceito de afastamento de águas da gestão denominado higienista.

Essa filosofia, porém, é considerada atualmente obsoleta sendo incentivada uma gestão sustentável, em que se atua na redução da vazão e volume do escoamento superficial gerados de um evento de precipitação através de medidas compensatórias da fonte, atuando também na redução da carga de poluentes. Esse conceito se fortalece em transformar a água da chuva de resíduo a recurso agregando uma série de benefícios no seu manejo, seja para o meio ambiente, promovendo a biodiversidade, a resiliência climática e a melhor gestão dos recursos hídricos seja para a comunidade com benefícios estéticos, oportunidades de recreação, educação ambiental. Muitos desses sistemas também atuam no tratamento das águas pluviais através de processos físicos e químicos. Classificados neste capítulo em sistemas de infiltração, de armazenamento ou vegetais, os

sistemas compensatórios já são uma realidade no Brasil e no mundo mencionados em plano diretores e legislações de meio ambiente e saneamento e normativas. Dessa forma, em fase de consolidação, se torna necessário incentivar as melhores práticas na implantação desses sistemas, a aplicabilidade das legislações existentes e promover incentivos para a adoção de tais sistemas para atingir o objetivo da gestão integrada da água no ambiente urbano melhorando a qualidade do território e da comunidade que nele reside.

REFERÊNCIAS

- BECCIU, G.; PAOLETTI, A. **Fondamenti di costruzioni idrauliche**. Torino: Wolters Kluwer Italia, 2010.
- CRABTREE, P. *et al.* UPM application methodology: final report. **Foundation of Water Research**, London, 1993.
- ECHOLS, S.; PENNYPACKER, E. **Artful rainwater design**: creative ways to manage stormwater. Washington, D.C.: Island Press, 2015.
- FOUNDATION FOR WATER RESEARCHES. **Urban Pollution Management Manual**. Marlow: FWR, 1994.
- FOUNDATION FOR WATER RESEARCHES. **Urban Pollution Management Manual**. 2. ed. Marlow: FWR, 1998.
- PETER, F. *et al.* The effect of group homes on neighborhood property values. **Land Economics**, Madison, v. 76, n. 4, p. 615-637, 2000.
- SANSALONE, J. *et al.* Event-based stormwater quality and quantity loadings from elevated urban infrastructure affected by transportation. **Water Environment Research**, Alexandria, v. 77, n. 4, p. 348-365, 2005.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília, DF: SNIS, 2019.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Página Inicial**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 1 fev. 2020.
- URBONAS B.; STAHLRE P. **Stormwater**: best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
- WILSON, S.; BRAY, R.; COOPER, P. **Sustainable drainage systems**: hydraulic, structural and water quality advice. London: Ciria, 2004.
- WOODS-BALLARD, B. *et al.* **The SUDS manual**. London: Ciria, 2007. v. 697.

DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS EM GRANDES CIDADES BRASILEIRAS: O CASO DO MUNICÍPIO DE SALVADOR (BRASIL)

Lafayette Dantas da Luz

Patrícia Campos Borja

1. CONTEXTO GERAL DA DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS URBANAS NO BRASIL

O ciclo das águas acontece em toda e qualquer cidade, independentemente de sua localização, da sua configuração e do seu porte. Esses aspectos, no entanto, trazem particularidades a cada caso. A posição geográfica interfere na característica climática a que está sujeita a cidade, além das condições geológicas e de relevo que irão influenciar no comportamento de suas águas. A configuração das cidades, em termos de sua distribuição espacial e forma, de sua infraestrutura e do modo de ocupação e uso do solo, determinam o escoamento das águas, os alagamentos e as inundações. Por sua vez, à medida que o processo de ocupação do solo urbano se amplia, com desmatamento, exposição do solo e impermeabilização, maiores serão os volumes de escoamento em superfície e mais significativas serão as alterações dos volumes de água infiltrados, retidos, acumulados e drenados em comparação com as condições pré-urbanização.

Mesmo localidades de pequeno porte, com menores índices pluviométricos, estão

sujeitas a eventos extremos de chuvas intensas. Essa situação se verifica nas regiões semiáridas e subúmidas do Brasil. Um exemplo nesse sentido refere-se à cidade de Lajedinho, na Bahia, a qual sofreu uma devastação de toda sua zona central devido à enxurrada provocada por chuva intensa no ano de 2013 (7 e 8 de dezembro de 2013). Seu posicionamento no vale de um pequeno curso d'água (Rio Saracura, bacia de drenagem de 23,65 km²) agravou sua exposição ao evento. Numa região com pluviometria total anual média de 641mm, o povoado sofreu o desastre (Figura 1), como resultado de uma precipitação de 120mm em cerca de 2 horas, provocando inundações que deixou o saldo de 17 mortos, em uma população de cerca de 2 mil habitantes.

Esse caso ilustra o problema das águas pluviais escoando torrencialmente e causando o desastre mencionado, mas não pelo impacto da urbanização propriamente, que no caso é modesto, mas pelo posicionamento e ocupação inadequada de áreas marginais ao curso d'água.

As grandes cidades, de forma geral, independente da concentração ou distribuição temporal da sua pluviosidade, têm na sua infraestrutura, nos padrões urbanísticos e construtivos, as condições propícias para o agravamento do ciclo urbano das águas, que se ampliam com ocupações inadequadas de áreas naturalmente inundáveis.



Figura 1: Desastre devido à enxurrada na cidade de Lajedinho, Bahia, dezembro/2013.

Fonte: elaborada pelos autores.

Agregam-se às águas pluviais ocasionais os despejos de águas servidas provenientes dos domicílios, ou ainda os esgotos primários de estabelecimentos comerciais

ou industriais. Com isso, não apenas os volumes escoantes sofrem acréscimos, como há o problema da piora da qualidade das águas ao transportarem uma gama de contaminantes e poluentes, além de resíduos sólidos que são arrastados quando da ocorrência das chuvas.

Os efeitos da impermeabilização das superfícies pelas construções, na medida que reduzem as condições de infiltração, diminuem as reservas subsuperficiais e aumentam os volumes hídricos em superfície. A consequência é a potencialização das inundações e alagamentos, o que é cena comum nas cidades brasileiras. Esses são resultados de uma concepção e padrão de planejamento urbanístico que negligencia os fluxos naturais das águas na condição pré-urbana, não valoriza os cursos e corpos d'água naturais e, assim, não ajusta o processo de ocupação do solo urbano a essas feições da paisagem e ao relevo.

O desenho urbano tradicionalmente realizado posiciona as vias, as quadras e os lotes desconsiderando tais aspectos, alterando as superfícies não apenas com a impermeabilização, mas com grandes volumes de cortes e aterros dos terrenos. A microdrenagem, ou seja, o escoamento em escalas mais restritas, vai sendo alterada de tal forma que se torna imprescindível uma infraestrutura artificializada para comportar os escoamentos pluviais superficiais, e mesmo os fluviais, a fim de drenar as áreas ocupadas. Alguns problemas são assim criados a partir desta “solução”: o custo de implantação dessa infraestrutura artificial e, muitas vezes, complexa; a necessidade de manutenção da mesma e seus custos associados; a perda de funções ambientais que o escoamento das águas proporciona devido à menor infiltração e armazenamento; transferência de maiores volumes em menor tempo para localidades a jusante. Nesse tipo de urbanização e infraestruturação, o adensamento das cidades afeta também a macrodrenagem e sofre com os seus eventos inevitáveis, o caso das cheias dos córregos e rios, que acabam por inundar suas margens ocupadas.

Um convívio seguro e saudável com as águas urbanas deveria ser resultado das ações da administração pública, a quem cabe tratar da questão, orientada por um planejamento urbanístico sensível às condições morfológicas do território (relevo) e às condições hidrológicas (bacias de drenagem/hidrográficas e sua rede de drenagem). A inexistência de instâncias institucionais explicitamente dedicadas e capacitadas a essas questões é a marca da quase totalidade dos municípios brasileiros, sendo as atividades referentes a elas relegadas a órgãos ou empresas que as tratam como atribuição secundária.

A Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, inseriu o manejo e drenagem de águas pluviais como um dos componentes do saneamento básico, ao lado do abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, os quais deveriam ser tratados de forma integrada. De acordo com o mencionado anteriormente, em geral, os componentes do saneamento básico que são mais priorizados quanto à sua

gestão e, como consequência, a estruturação institucional e viabilização financeira, são o abastecimento de água e o esgotamento sanitário.

O manejo relacionado às águas pluviais e fluviais é normalmente restrito a ações pontuais e emergenciais pelas administrações públicas, ocorrendo a partir de casos de inundações e alagamentos que provocam transtornos e danos à cidade e seus cidadãos. Investimentos nesse setor são frequentemente orientados a obras destinadas a sanar tais transtornos, via aumento da infraestrutura física para a drenagem de águas que se acumulam, como a implantação de redes de galerias, canalização de rios e córregos, diques, barragens e sistemas de recalque. As medidas estruturais são a forma mais comum com que se lida com a questão e, ainda, normalmente na forma reativa e mitigadora. Observa-se nesses casos, além dos altos custos de implantação e manutenção, a recorrência dos problemas, muitas vezes apenas transpostos para trechos a jusante, revelando a ineficácia da ação pública.

Medidas não estruturais, como legislações, normas que disciplinem a ocupação e uso do solo, padrões e requisitos construtivos que atuem na redução do escoamento superficial, “manuals de drenagem” com critérios de planejamento, projeto, operação e manutenção de obras de drenagem, previsão de cheias e sistemas de alerta, seguros de inundações, capacitação de técnicos, e preparação da sociedade, são negligenciadas ou tratadas sem efetividade.

Em contraste com o contexto geral exposto brevemente acima, algumas iniciativas importantes no sentido da alteração de condutas quanto ao manejo das águas pluviais e fluviais urbanas têm sido encetadas, como em Porto Alegre, São Paulo, Curitiba e Recife, dentre outras. Algumas destas são abordadas a seguir.

2 . INICIATIVAS PARA UMA ABORDAGEM MAIS SUSTENTÁVEL PARA O MANEJO E DRENAGEM DAS ÁGUAS URBANAS NO BRASIL

Iniciativas em São Paulo (SP)

A cidade de São Paulo, após muito tempo apostando na solução das inundações via a canalização de rios e a construção de reservatórios de detenção temporária das águas de chuvas (piscinões), iniciou um processo de revisão conceitual de suas ações. Numa colaboração entre Prefeitura Municipal, Universidade de São Paulo (USP) e Secretaria de Meio Ambiente estadual, foi elaborado o Atlas Ambiental do Município de São Paulo, em 2002. Esse projeto, em sua primeira fase, teve como principais objetivos o diagnóstico e bases de definição de políticas públicas para áreas verdes do município, bem como a alimentação de dados faunísticos e florísticos no Sistema de Informação Ambiental (Sinbiota), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Dentre outras aplicações, o Atlas

permitiu instrumentalizar a formulação de Planos Diretores e da Política Municipal de Meio Ambiente da cidade. Com vistas a buscar amenizar os frequentes dilemas relacionados às inundações do Rio Tietê, a proposta de proteção ambiental dos trechos iniciais do Córrego Aricanduva, um dos seus afluentes, teve base no referido Atlas. Dessa forma, a abordagem sobre a questão das inundações vem mudando o foco para a origem do problema, buscando garantir condições de infiltração e absorção das águas pluviais, ao invés de se atuar no “final do processo”, caso das obras contra inundações. Iniciativas de cunho mais local também têm sido adotadas pela prefeitura, como conversão de vagas de estacionamento nas ruas em jardins de chuva, e a recuperação de praças no sentido de aumentar a sua permeabilidade, dentre outras técnicas de caráter compensatório. Iniciativas como o cultivo em hortas urbanas têm acontecido, também causando um impacto bastante positivo em vários aspectos para além do hidrológico, mas requerem apoio institucional para um efetivo ganho de escala.

O município de São Paulo não teve, até o presente (2022), o seu Plano de Drenagem Urbana aprovado, conforme informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de São Paulo. No entanto, dispõe de *Manual de Drenagem* (2012), o qual orienta tecnicamente os projetos, mas não chega a avançar com relação a concepções de drenagem sustentável ou de baixo impacto, embora apresente algumas medidas compensatórias de controle da geração de escoamentos na fonte (SÃO PAULO, 2014a).

Iniciativas em Porto Alegre (RS)

Porto Alegre tem apresentado um histórico, até o momento, de maior enfoque, de iniciativas e de ações quanto às águas pluviais, comparativamente a outras cidades brasileiras. Essa capital teve por muito tempo, desde os anos 1970, em sua estrutura administrativa, um setor dedicado à questão, o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), desativado em anos recentes, tendo suas atribuições sido repassadas ao Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE). No ano 2000, teve aprovado o seu Plano de Drenagem Urbana, o primeiro no Brasil, passando a condicionar a liberação dos projetos de novos loteamentos e outros empreendimentos a estratégias para a contenção das águas de chuva. Por meio de reservatórios de lote e adoção/manutenção de áreas infiltrantes – gramados, pavimentos permeáveis, dentre outras medidas, a ocupação e construção em nível de lote não poderiam gerar mais volumes de água para os terrenos vizinhos e vias públicas em relação aos que geravam anteriormente à sua implantação. Estratégias visando à minimização de enchentes passaram a constar nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, assim também dando mais atenção às áreas verdes e ao relevo. Tais planos, anteriormente, enfatizavam basicamente o zoneamento e definição de áreas para ocupação residencial, comercial e industrial.

Iniciativas em Recife (PE)

Em 2002, após ordem do Ministério Público para a aplicação do Código Florestal na sua área urbana, a Prefeitura Municipal de Recife acatou a recomendação, identificando que 70 km² dos 217 km² da cidade estariam sob influência daquela lei, já que a capital se situa na foz de três grandes rios – Capibaribe, Beberibe e Tejipió, completado por partes das bacias hidrográficas dos rios Paratibe e Jaboatão – e com a presença de extensos manguezais. Em função de metade daqueles 70 km² encontrarem-se já ocupados por residências, conflitos emergiram e intensos debates foram necessários. Desse movimento, a Câmara Legislativa Municipal aprovou, ao final de 2003, norma conciliatória na qual faixas de preservação vegetal acima dos limites indicados pelo Código foram indicados, visando compensar áreas já estabelecidas ao longo das margens de rios e que violavam a lei. Foi também agregado um mecanismo de compensação para quem construísse na beira dos rios, exigindo a recuperação de área verde equivalente ao dobro de sua área. Compensação ainda polêmica, em função de que a área recuperada poderia situar-se em outra localidade, com características e funções ambientais distintas da ocupada, a exemplo da criação de praças afastadas do rio. O município de Recife conta ainda com lei municipal de 2015, indicando a obrigatoriedade, para certos tipos de edificações e de impermeabilização de terrenos, da adoção de telhados verdes e de reservatórios para acúmulo e retardo dos escoamentos pluviais para a rede de drenagem (RECIFE, 2015). No entanto, o Plano de Drenagem para o município encontra-se ainda em elaboração (2021).

Iniciativas em Belo Horizonte (MG)

A administração municipal de Belo Horizonte, cidade frequentemente tomada pelas inundações decorrentes de suas condições fisiográficas e do alto grau de urbanização e, logo, impermeabilização, vem investindo em diversas ações e atividades visando mitigar tal situação. Das iniciativas já praticadas, constam a elaboração do Plano Diretor de Drenagem e do Programa Drenurbs, o qual é aqui destacado. No entanto, outras medidas vêm sendo tomadas, como a elaboração de estudos de Modelagem Matemática Hidrológica e Hidráulica do Sistema de Macrodrrenagem da cidade, a elaboração da carta de inundações, a criação dos núcleos de alerta de chuvas, a instalação de placas educativas e de alerta à população e a implantação do Sistema de Monitoramento Hidrológico e Alerta contra Inundações de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 2020).

O Programa Drenurbs, ou com seu nome completo, Programa de Recuperação Ambiental dos Fundos de Vales e Córregos em Leito Natural do Município de Belo Horizonte, conforme Medeiros (2009, p. 28), é “...fruto de uma evolução conceitual, jurídica e institucional no tratamento dado pela Prefeitura de Belo Horizonte – PBH às questões relativas ao saneamento e à salubridade ambiental no município”.

O programa, visando o objetivo de contribuir para o aumento da qualidade de vida da população, explicita a sua concepção e a forma para alcançá-lo, ou seja, "...através do tratamento integral dos fundos de vale e da recuperação dos córregos que ainda correm em leito natural buscando a valorização das águas existentes no meio urbano" (MEDEIROS, 2009, p. 7). Assim, valoriza a recuperação dos córregos, numa abordagem declarada de ser integral, e ainda tem como referência as suas formas naturais e a qualidade de suas águas. Entretanto, o termo "tratamento de fundo de vale" vem sendo utilizado de forma abrangente, podendo traduzir desde ações de recuperação fluvial e de suas margens e planícies de inundação, associadas a funções urbanas, até o intuito de canalização dos leitos e implantação de infraestruturas acopladas, como vias de tráfego (PINHEIRO, 2019).

Adicionalmente à recuperação dos cursos d'água, o programa pretendeu ainda "reduzir os riscos de inundação; [...] e, garantir a sustentabilidade das intervenções urbanas com a consolidação de um sistema de gestão de drenagem e do meio ambiente urbano" (MEDEIROS, 2009, p. 30). Não apenas visa sanar o problema que normalmente justifica obras de canalização nas abordagens tradicionais, as inundações, como valoriza o que é normalmente negligenciado, que são as medidas e práticas de gestão e fortalecimento institucional.

No entanto, ao passo que concepções mais modernas e de cunho mais ambiental vinham sendo incorporadas, paralelamente, as formas tradicionais de tratamento da drenagem persistiam e até predominaram. Pinheiro (2019) enfatiza que por razões diversas, as "velhas práticas" – reducionistas, higienistas, tecnocêntricas e desenvolvimentistas – constituíam a hegemonia das iniciativas, em comparação com a busca de novos caminhos (ambientais, de ações compensatórias difusas ao lado de ações pontuais, de participação e controle social, dentre outros).

Uma abordagem mais integrada foi realmente observada em vários projetos do Programa Drenurbs, não se atendo somente à questão da inundação e, tampouco, à solução reducionista da infraestrutura para drenar as águas. Com diferenças entre as iniciativas propostas para cada localidade ou bairros, elas englobaram desde a proteção de nascentes, recuperação de focos erosivos e restauração das margens e leitos fluviais, plantio de árvores, até estruturas e obras para acomodação das águas – bacias de detenção, pequenos canais, bueiros etc. –, melhorias de residências existentes, novas moradias, estruturas de lazer, dentre outras.

Outras municipalidades do país têm apresentado esforços diversos, ainda difusos. Por exemplo, a integração entre componentes do saneamento básico, considerando em conjunto as redes de drenagem, de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, normalmente tratadas em separado, teve espaço em iniciativas nas cidades de Curitiba e região metropolitana, Santo André (SP), Caxias do Sul (RS) e Penápolis (SP). São atitudes promissoras que buscam evitar erros do passado, reorientar ações sinergicamente, além

de minimizar custos.

Em que pesem as iniciativas bastante positivas apontadas nos casos destacados anteriormente, observa-se que se trata de esforços que visam alterar abordagens tradicionalmente utilizadas e que estão, assim, enraizadas nos meios técnicos, da administração pública e mesmo na compreensão da questão pela sociedade.

Os profissionais, projetistas e construtores, podem apresentar formação restrita e não atualizada, mas, adicionalmente, estão inseridos e submetem-se a uma lógica política, tecnológica, de mercado, utilitarista e de fazer a cidade, na qual não cabem questionamentos e redirecionamentos. Isso ocorre mesmo em municipalidades que proclamam desejos de inovação, sustentabilidade, resiliência, de tornarem-se “cidades inteligentes”. Por outro lado, realmente há espaço e urgência de concepções mais criativas e eficazes. A formação e atualização profissional é a parte mais fácil de ser resolvida, havendo na academia iniciativas neste sentido há muito tempo. Porém, a lógica reducionista é mantida no modo de fazer a cidade, que é subjugada ao imediatismo do fazer a política. Gestores públicos, em geral, têm o horizonte de seus mandatos como prazo para ações, projetos e obras, negligenciando iniciativas que requerem um horizonte de mais longo prazo para sua execução devido à sua natureza e complexidade. Por sua vez, a compreensão da sociedade sobre a questão das águas urbanas e possíveis soluções, requer informação pública e debate amplo, com a divulgação de elementos formativos que possibilitem compreender as alternativas possíveis e viáveis, além da criação e aperfeiçoamento dos espaços de atuação e participação pública. Assim, ações educativas, que provoquem reflexão e experiências concretas, devem ser realizadas, e que contemplam o aspecto da educação e cultura, e não o da mera propaganda, como tem sido a prática.

3 . CARACTERÍSTICAS GERAIS E DA DRENAGEM NO MUNICÍPIO DE SALVADOR

O município de Salvador ocupa uma área de 693,45 km², incluindo a área insular e uma área de 308,86 km² do continente, abrigando, em 2020, uma população de aproximadamente 2.886.698 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021). A sua área urbana abrange praticamente toda a área do município, dispondo de uma densa rede hidrográfica, que drena suas águas para a vertente da Baía de Todos os Santos e para a vertente oceânica (Figura 2).

Salvador é uma cidade de clima úmido a subúmido (BAHIA, 2021), com chuvas mais concentradas entre os meses de abril e julho, com precipitação total anual média de 2.015 mm/ano e tendência de redução de cerca de 3,8 mm/ano (SANTOS et al., 2016).

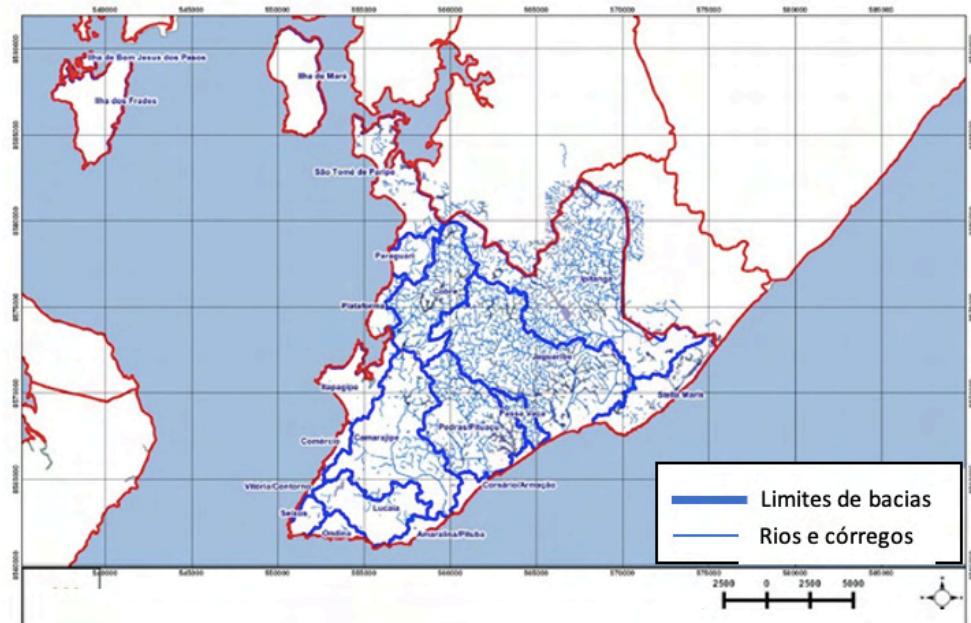


Figura 2: Hidrografia do município de Salvador.

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2010, p. 18).

No total, a cidade conta com 12 bacias hidrográficas e nove bacias de drenagem natural,¹ abrangendo a área continental (SALVADOR, 2016c). As maiores bacias do município são referentes aos rios Ipitanga (60,28 km²), Jaguaribe (52,76 km²), Camarajipe (35,88 km²), Pedras/Pituaçu (27,05 km²) e Cobre (20,65 km²).

As bacias com maior densidade populacional são, na ordem, Camarajipe, Barra/Centenário, Lucaia, Amaralina/Pituba, seguidas de Itapagipe, Plataforma e Paraguari. Ressalte-se que as três últimas mencionadas referem-se a bairros de população com pior condição socioeconômica e de infraestrutura urbana, onde são reportadas grandes incidências de inundações e alagamentos.

A deficiência na infraestrutura para drenagem pluvial urbana pode levar uma população a se confrontar com inundações e alagamentos, eventos que são caracterizados como riscos naturais hidrológicos pela Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). Inundações se configuram pela submersão de áreas externas aos limites normais de um corpo d'água em situação de cheia; alagamentos se referem ao acúmulo de água de chuva na infraestrutura urbana, decorrente da extrapolacão da capacidade de escoamento dos

¹ Álvares e demais autores (2012) conceitam a distinção entre bacias hidrográficas e bacias de drenagem natural. A bacia hidrográfica representa uma unidade territorial delimitada, na qual todas as contribuições de águas superficiais que ocorrem na sua área escoam por gravidade para as partes mais baixas, dando origem a corpos d'água que afluem para o rio principal da bacia e desembocam em um único exutório. Uma bacia de drenagem natural, por sua vez, representa uma região que pode apresentar veios d'água, mas não ocorre a convergência para um único exutório.

sistemas de drenagem (BRASIL, 2012).

Segundo Santos (2008) e Santos e demais autores (2016), os altos índices pluviométricos registrados no período do outono/inverno em Salvador, aliados ao relevo da cidade, com encostas íngremes e vales profundos, e à ocupação desordenada do solo, características que reduzem a capacidade de infiltração da água no solo e propiciam condições favoráveis ao escoamento superficial, conduzem a um cenário de risco que atinge principalmente a população pauperizada, moradora das áreas mais vulneráveis a acidentes.

De acordo com o levantamento do Projeto QUALISalvador (SANTOS et al., 2021), nos 160 bairros da cidade, foi evidenciado que 28,67% dos domicílios estão localizados em vias sem drenagem apropriada das águas de chuva. Percebe-se, ainda, que em 15,24% o sistema de drenagem apresenta ao menos uma de suas estruturas danificada ou obstruída (Tabela 1).

Tabela 1: Condição do sistema de drenagem pluvial das vias dos domicílios investigados*
Situação da rede de drenagem.

Situação da rede de drenagem	Nº de domicílios	%
Em aparente bom estado	7.988	52,35
Uma estrutura com problemas	2.062	13,51
Duas estruturas com problemas	264	1,73
Sistema de drenagem comprometido	571	3,74
Não tem sistema de drenagem	4.374	28,67

(*): Período do levantamento 2018-2020, amostra N = 15.260 domicílios.

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

Os domicílios localizados em vias sem infraestrutura de rede de drenagem pluvial se distribuem espacialmente no município de Salvador, conforme mostra a Figura 3. Os cinco tons de cor mostrados na escala do mapa da Figura 3 correspondem a faixas de proporção (%) de domicílios sem acesso à drenagem, por bairro.

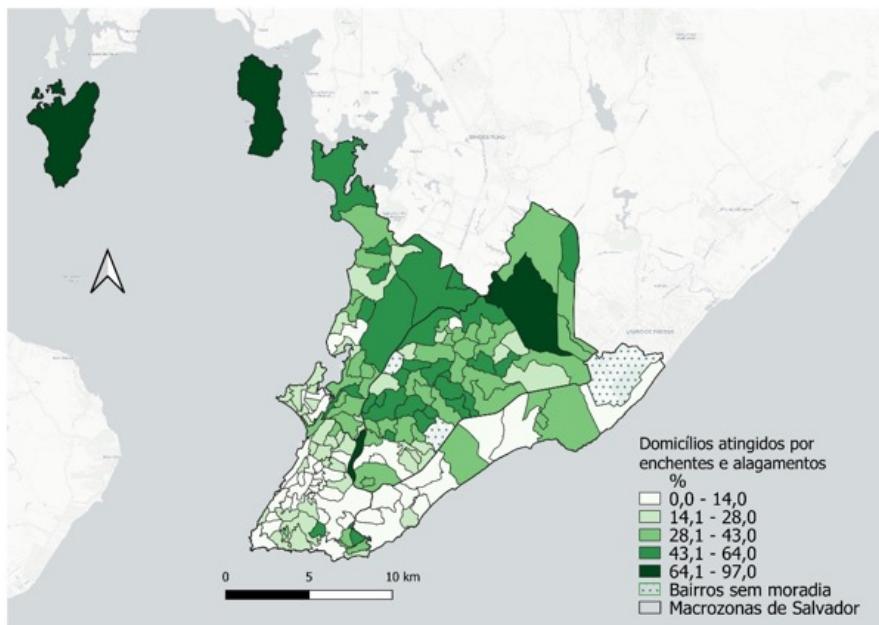


Figura 3: Proporção de domicílios (%) cujas vias não têm rede de drenagem das águas pluviais, por bairros* (*) Período do levantamento 2018-2020, amostra N = 15.260 domicílios.

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

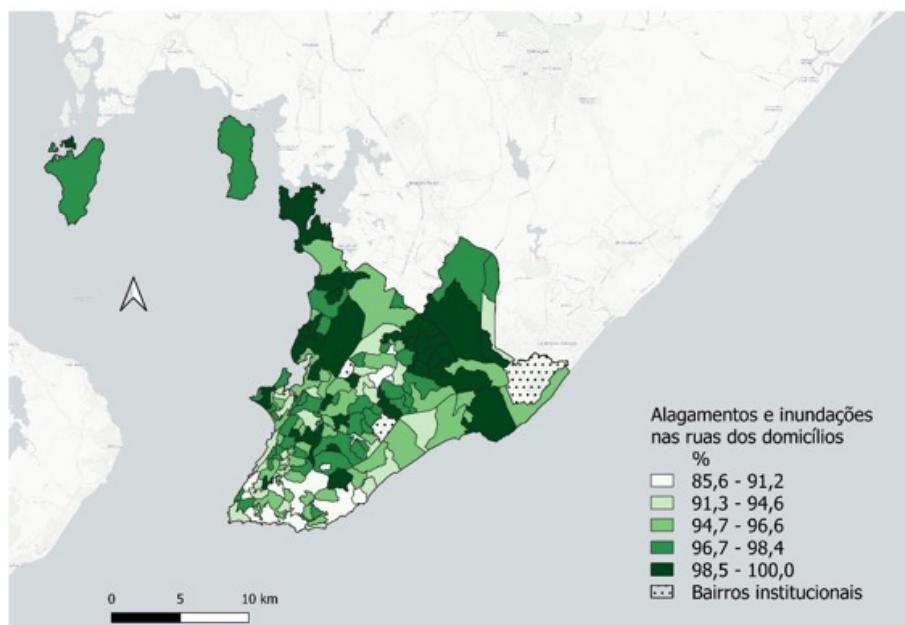


Figura 4: Percepção da população da ocorrência de alagamentos e inundações por bairros (em proporção de domicílios). (*) Período da pesquisa: 2018-2020; amostra N = 15.260 domicílios.

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

A pesquisa desenvolvida pelo Projeto QUALISalvador (SANTOS et al., 2021) buscou obter a percepção da população sobre situações de risco de alagamentos e inundações e, por outro lado, confrontou esses dados com os registros da Defesa Civil de Salvador (Codesal) em 2020 (Figura 5). Foi percebido não haver correspondência entre tais dados. Essa constatação revela a dimensão subjetiva da percepção de risco, que nem sempre dialoga com os eventos de alagamento e inundações notificados. Se por um lado faz-se necessária a ampliação do debate sobre as situações de risco junto à população, por outro cabe verificar o sistema de registro da defesa civil, que muitas vezes não se traduz na realidade vivenciada pela população, voltando-se para os registros de maior gravidade. Tais questões são relevantes para a formulação de políticas públicas apropriadas para mitigação de risco.

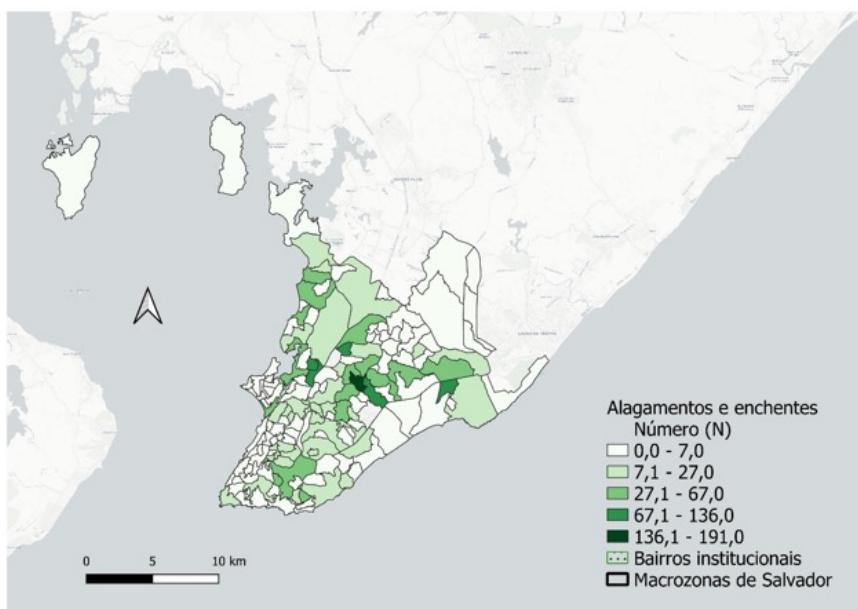


Figura 5: Número de ocorrências de inundações e alagamentos por bairros em Salvador, 2020*. (*) Período da pesquisa: 2018-2020; amostra N = 15.260 domicílios.

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

3.1 A prestação dos serviços de drenagem urbana na cidade de Salvador

Em cidades com urbanização acelerada e com processos de degradação da qualidade ambiental intensos, a exemplo de Salvador, as infraestruturas implantadas podem não responder e acompanhar as transformações urbanas, especialmente as mudanças de uso e ocupação do solo, alterando as condições de escoamento das águas de chuvas e corpos d'água e, também, as condições de funcionamento das infraestruturas de drenagem

das águas em face de parâmetros adotados quando dos projetos. Adicionalmente, a expansão da cidade ocorre mais rapidamente do que o aumento da cobertura das redes dos serviços públicos de saneamento básico. Somados a isso, a precariedade das ações de conservação e manutenção das estruturas de drenagem pluvial implantadas pela prefeitura municipal, as deficiências do manejo dos resíduos sólidos e os processos de erosão e assoreamento implicam na redução da capacidade de transporte daquelas estruturas, levando a alagamentos e inundações, cada vez mais frequentes no cotidiano da cidade.

A falta de planejamento para o manejo das águas pluviais e a drenagem urbana também implica ações fragmentadas e ineficazes, expondo a população a riscos já tão conhecidos pelos moradores de Salvador, dadas as seguidas tragédias de deslizamentos de encostas e inundações. A cidade, a despeito da sua rica rede hidrográfica e regime de chuvas e, ainda, dos recorrentes desastres relacionados às cheias e aos deslizamentos, não dispõe de um plano de manejo das águas pluviais e drenagem urbana.

Do ponto de vista do marco legal disponível, existem instrumentos capazes de promover a gestão das águas urbanas de Salvador de forma mais satisfatória se devidamente aplicados. Tanto com relação ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), no âmbito estadual, que tem a competência legal de promover a gestão das águas nas bacias no estado da Bahia, junto com a Prefeitura Municipal de Salvador, que tem a responsabilidade de disciplinar o uso e a ocupação do solo, não se observam ações sendo realizadas de forma satisfatória. Com isso, observa-se, em realidade, uma grande distância entre os aspectos legais, os projetos previstos para a cidade e as demandas da população e necessidades do espaço urbano densamente ocupado.

Tanto a Lei nº 9.148/2016, Lei de Ordenamento, Uso e Ocupação do Solo (LOUOS) do município de Salvador, como a Lei nº 9.069/2016, que dispõe sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) (2016), contam com uma série de dispositivos que visam instituir uma nova abordagem para o manejo das águas pluviais. Entretanto, os referidos marcos legais, de fato, estão longe de ser instituídos, a exemplo do impedimento de parcelamentos e urbanização em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações² (artigo 43, da Lei nº 9.148/2016), do controle e fiscalização da ocupação e da impermeabilização do solo, monitoração e controle das atividades com potencial de degradação, e da implementação do sistema de monitoração dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (artigo 20, da Lei nº 9.069/2016) (SALVADOR, 2016a, 2016c).

Quanto à prestação dos serviços públicos de drenagem urbana, atualmente, a Secretaria Municipal de Manutenção da Cidade do Salvador (Seman) tem a responsabilidade de realizar ações de manutenção, recuperação e conservação, planejamento, supervisão,

² Esse dispositivo, inclusive, é ambíguo ao condicionar o impedimento da intervenção “antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas, se compatíveis com as condições de resiliência da cidade” (SALVADOR, 2016c, p. 7).

acompanhamento e fiscalização dos projetos e obras de manutenção. Tais atribuições dizem respeito a toda a imensa gama de equipamentos da infraestrutura urbana, sendo os de drenagem pluvial apenas um tipo dentre tantos outros. Essas atribuições envolvem a infraestrutura de drenagem pluvial – micro e macrodrenagem – quanto a: desobstrução e recuperação da rede de microdrenagem, substituição de grelhas e tampões de caixas e poços de visitas, macrodrenagem envolvendo a operação de limpeza dos canais, córregos e rios, e requalificação de escadarias, no caso, as escadarias drenantes (SALVADOR, 2021). Dessa forma, as ações da Seman acabam restringindo-se, na prática, a obras e sua manutenção, não atuando efetivamente num planejamento do manejo das águas na cidade.

Infelizmente, a inexistência de setor da administração municipal dedicado à análise, planejamento, concepção e orientação das ações relativas ao manejo das águas também é observada na quase totalidade dos municípios brasileiros, assim também resultando na generalizada ineficiência do aproveitamento das tantas fontes hídricas, como também nos riscos e consequências desastrosas de um convívio não amigável com seus corpos d'água.

3.2 Situação referente aos rios urbanos em Salvador

O processo de ocupação do solo urbano da cidade de forma desordenada e a deficiência dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e controle da poluição de outras fontes, têm resultado na expressiva degradação dos rios urbanos em Salvador. Uma forte tensão entre as ocupações formais/legais e as ocupações informais faz parte de tal processo. Ambos os tipos de ocupação contribuem para que os rios da cidade se transformem em espaços degradados, insalubres e fétidos, assim refletindo o abandono e descaso pelas instituições públicas, que têm o dever de proteger o bem comum, bem como pela sociedade que deveria defendê-los. Assim, empreendimentos públicos e privados legalmente aprovados, bem como as ocupações informais realizadas pela população alijada do direito à moradia, operam à margem da valorização e proteção da rede hidrográfica da cidade. Promovem intensos movimentos de terra, aterros e ocupação das margens e áreas inundáveis dos rios e córregos, com consequentes lançamentos de esgotos sanitários e resíduos sólidos.

Tais práticas e a degradação subsequente acabam por ser normalizadas, produzindo uma percepção e discurso quase unâimes em defesa do sepultamento dos rios de Salvador. Por falta de interesse ou conhecimento de soluções alternativas possíveis, é comum a opinião de que é preciso canalizar e tamponar os rios da cidade a fim de suprimir os maus odores, os insetos e a paisagem urbana degradada. Essa opinião, compartilhada dentre setores da população, infelizmente é assumida até mesmo entre gestores públicos dos quais se esperaria maior grau de conhecimentos e visão mais ampliada e atualizada.

Essas práticas e posturas têm fomentado projetos urbanos inadequados, elaborados com base em concepções tecnicistas, sem debate com a sociedade, assim como voltados

a atender interesses imediatistas dos setores imobiliário e do turismo, levando à execução de projetos de canalização e cobertura de vários rios da cidade (SEMINÁRIO..., 2017). Normalmente, sob o argumento do controle de inundações e alagamentos, dentre os casos mais emblemáticos pode-se destacar: Rio Camarajipe, que teve sua foz alterada quando da sua canalização, e lhe sendo imposta a função de transportar enorme carga de esgotos para o emissário submarino; o Rio dos Seixos na Avenida Centenário, onde uma área de lazer foi implantada sobre o mesmo; o Rio das Pedras, sobre o qual também se instalou uma área de lazer e restaurantes, em região do bairro Imbuí; o Rio Lucaia, ao longo da Avenida Vasco da Gama, para instalação de uma linha exclusiva para ônibus; diversas intervenções no Rio Jaguaribe e afluentes desse rio, alegadamente para conter inundações; Rio Paraguay, no subúrbio ferroviário da cidade, onde inundações atingem moradias que foram estabelecidas às suas margens, dentre outros. A Figura 6 ilustra alguns desses casos.



Figura: 6: Intervenções de canalização e outras alterações do leito de rios em Salvador.

Fonte: adaptada de Rios de Salvador ([20--]).

Todas essas intervenções ocorreram com reação por parte de segmentos da sociedade civil organizada, especialmente os vinculados às causas socioambientais,

como também por pesquisadores de universidades e pelo Ministério Pùblico do Estado da Bahia, que contestaram os projetos, promoveram debates pùblicos e impetraram ações, apresentando alternativas ao poder pùblico (AMORIM; LUZ, 2020; GOMES; SERRA; NUNES, 2019; LUZ et al., 2010; SEMINÁRIO..., 2017).

4 . O CASO DO RIO JAGUARIBE – UM EXEMPLO DE COMO NÃO SE DEVE PROCEDER

A bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe situa-se integralmente no município de Salvador, com uma área de 52,76 km², o que corresponde a 17,08 % do seu território. Com uma população de 348.591 habitantes e densidade populacional de 6.607 habitantes/km², é a segunda bacia mais populosa do município embora não seja a mais densa (SANTOS et al., 2010).

Apresenta vários afluentes de grande vazão, entre eles, os Rios Trobogy, Cambunas, Mocambo, Águas Claras, Cabo Verde, Coroado, Leprosário, Córrego do Bispo, entre outros, que atravessam diversos bairros da cidade. Há presenças de diversas lagoas e fontes de água, dentre elas, a fonte do Terreiro Onzo Nguzo Za Nkisi Dandalunda Ye Tempo, no bairro Trobogy, e a fonte do Terreiro Ilê Omo Ketá Passu Detá, no bairro São Marcos.

Ao longo desses afluentes e do seu curso principal de 15,2 km de extensão, drena várias áreas urbanas densamente povoadas, grande parte com infraestrutura urbana precária, inclusive de esgotamento sanitário. Além desse fator de risco para a qualidade das suas águas, soma-se a presença de antigo “lixão”, enorme área de deposição de resíduos sólidos, posteriormente convertido em “aterro controlado” no bairro de Canabrava, que mesmo desativado, ainda ameaça os mananciais superficiais e subterrâneos com a drenagem do seu lixiviado para os rios Mocambo e Trobogy.

A localização da bacia do Rio Jaguaribe no município de Salvador é destacada na Figura 7. Na sequência, Figura 8, são ilustradas condições por bairros que se inserem nos limites da bacia no que se refere: à densidade demográfica, à cobertura vegetal, ao percentual de domicílios em locais com infraestrutura apropriada de drenagem pluvial, e a riscos de alagamentos. A ocupação da bacia é mais densa nas suas cabeceiras e em algumas porções média-baixa. Estas maiores densidades (> 6.148,7 habitantes/km²), via de regra, estão associadas a populações de mais baixa renda, normalmente com moradias mais precárias, bem como com carências na infraestrutura urbana e de saneamento. A porção média da bacia, estendendo-se até áreas mais baixas da bacia do Rio Trobogy, apresenta maiores coberturas de vegetação, acima de 44%. No que se refere à infraestrutura de drenagem pluvial, a melhor situação encontra-se nas áreas da porção baixa e média-baixa da bacia, com algumas manchas na sua porção alta, em bairros que foram mais planejados e mais bem estruturados. Os riscos de alagamento – em termos de

eventos/habitante – encontram-se espalhados em alguns bairros posicionados tanto nas porções alta como baixa da bacia.

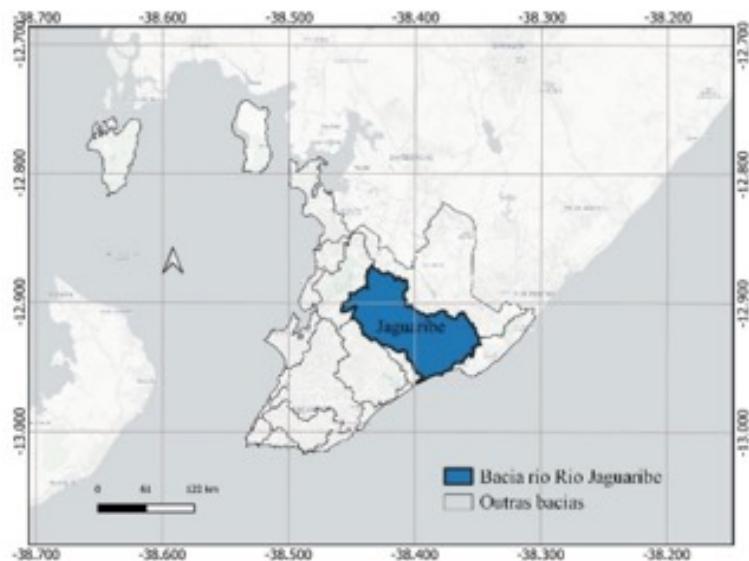


Figura 7: Localização da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

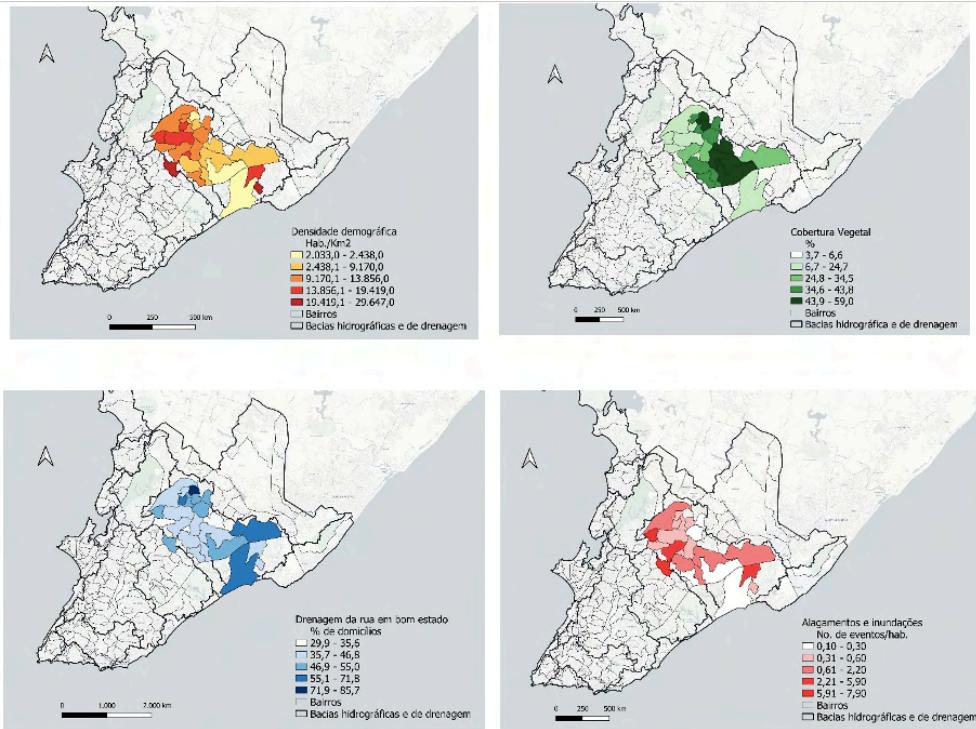


Figura 8: Densidade demográfica, cobertura vegetal, condições de drenagem urbana e riscos de alagamentos nos bairros da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, 2019-2020

Fonte: adaptada de Santos e demais autores (2021).

Em que pese a falta de serviços de saneamento, a bacia ainda ostenta importantes remanescentes de vegetação nativa, característicos do bioma Mata Atlântica, os quais encontram-se fortemente ameaçados pela expansão imobiliária desenfreada, assim como por iniciativas do próprio poder público com diversas obras viárias e de infraestrutura. No trecho médio da bacia, existiam cerca de 641 hectares de Floresta Ombrófila (referência ano 2010), em estágios médios e iniciais de regeneração. Esses remanescentes de áreas verdes servem, dentre outros benefícios ambientais, como refúgio para muitas espécies animais e recarga hídrica.

O Rio Jaguaribe e seus afluentes há muito apresentam trechos assoreados e com grande concentração de macrófitas, principalmente em sua foz, o que reflete uma alta carga de material orgânico, além da presença de resíduos sólidos em várias partes da sua extensão. Suas águas afetam diretamente a balneabilidade de algumas praias importantes de Salvador – Patamares, Jaguaribe e Piatã.

Grandes áreas livres dessa bacia integram porção do território da cidade de Salvador com potencial para expansão urbana, portanto, mostrando rápido processo de ocupação. A ocupação vem sendo viabilizada e acelerada, infelizmente sem plano claro

de uso do solo e muito menos controle, por obras de infraestrutura viária pelos governos municipal e estadual. Agrava-se o fato dessas obras ocorrerem de forma desintegrada, sem base em plano claro de expansão urbana disponibilizado para a sociedade, em que pese existência de zoneamento vinculado ao PDDU. Ou seja, os marcos legais são na prática ignorados pelos próprios governantes, ou são reformulados de acordo com o atendimento aos interesses para os quais estes atuam.

A consideração da bacia hidrográfica como unidade territorial integradora de planejamento e gestão é embasada sob o aspecto técnico e legislativo na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a qual trata da política nacional de recursos hídricos. Tal integração visa associar o planejamento ambiental ao planejamento territorial, contribuindo para o ordenamento do uso e ocupação do solo que, segundo Rodriguez, Silva e Leal (2011), tal estratégia vai além do planejamento econômico regional, do planejamento do desenvolvimento urbano e ambiental, representa um esforço de política pública integral. Entende-se que para haver uma melhor gestão dos espaços naturais é fundamental a integração das políticas, assim como dos programas e projetos. Não basta criar diversas políticas públicas, muitas vezes desconexas, assim como programas e projetos. É preciso que haja articulação, sendo assim capazes de produzir resultados positivos em conjunto, com ganhos sinérgicos e maior eficiência.

Num caminho diametralmente oposto ao acima defendido, a cidade de Salvador apresenta inúmeras iniciativas desconexas, sendo a bacia do Rio Jaguaribe um caso emblemático. Nos últimos anos, tem-se observado “pacotes de obras” que intervém de forma segmentada em trechos desse rio e de seus afluentes, inclusive quanto a obras de macrodrenagem. Aqui, leia-se macrodrenagem como canalização dos leitos fluviais, o que com clara obviedade necessitaria de planejamento e projetos fortemente integrados, já que se trata de proporcionar escoamentos das águas que inevitavelmente irão se encontrar em certas posições. Quanto à integração hidráulico-hidrológica, isso seria óbvio, embora a abrangência da abordagem deveria espraiar-se para outros aspectos: ambientais, socioculturais e mesmo econômicos.

Algumas dessas intervenções são aqui enumeradas e ilustradas na Figura 9:

Intervenção 1 - Retificação e canalização do Rio Trobogy, trecho da Av. Paralela-Orla. Responsável: Prefeitura Municipal de Salvador / Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Urbanismo (Sedur). Ano conclusão: 2018 (1^a etapa), 2020 (2^a etapa). Valor: R\$ 94.400.000 (18.538 USD, 14/06/2021) (PREFEITURA..., 2018).

Intervenção 2 - Retificação e canalização do Rio Passa-Vaca. Responsável: Prefeitura Municipal de Salvador/Sedur. Ano conclusão: em andamento em 2021. Valor: R\$ 101.494.966,22 (20.015.968 USD, 14/06/2021) (CGU/BA, 2012; OBRA..., 2018).

Intervenção 3 - Retificação e canalização Rio Jaguaribe, baixo trecho (trecho Av.

Paralela-Orla). Responsável: Governo do Estado da Bahia / Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (Conder). Ano conclusão: em andamento em 2021. Valor: R\$ 274.000.000 (54.035.932 USD, 14/06/2021) (CONCLUÍDA..., 2020; OAB - SECCIONAL BAHIA, [2016]).

Intervenção 4 - Construção Avenida 29 de março (Linha Vermelha) com retificação e canalização rio Jaguaribe, trecho BR-324/Águas Claras - Av. Paralela. Responsável: Governo do Estado da Bahia/Conder. Ano conclusão: 2019. Valor: R\$ 78.000.000,00 (15.382.492 USD, 14/06/2021) (ENTREGUE..., 2020).

Intervenção 5 - Construção Avenida Mário Sérgio (via Barradão) com desvio do Rio Mocambo. Responsável: Governo do Estado da Bahia/Conder. Ano conclusão: 2018. Valor: R\$ 40.000.000 (7.888.457 USD, 14/06/2021) (AVENIDA..., 2018).

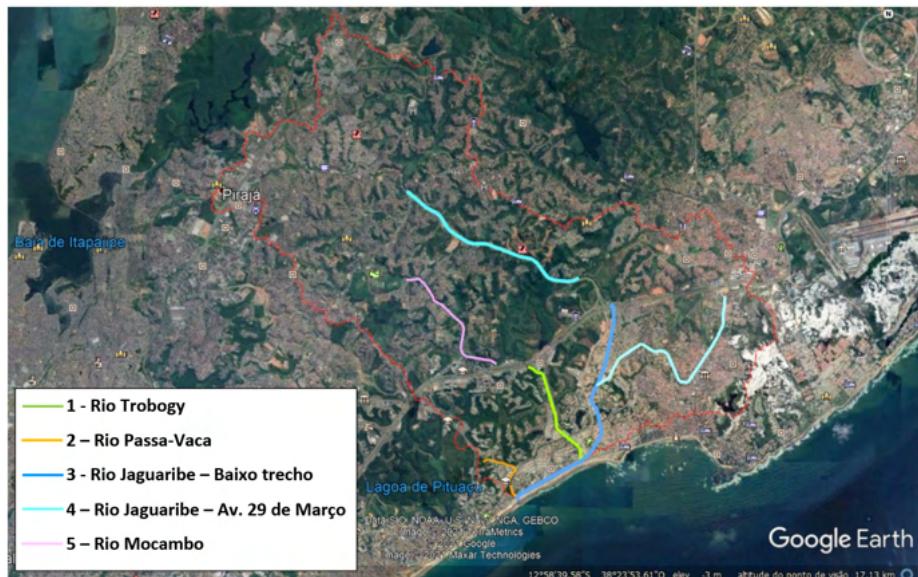


Figura 9: Intervenções não integradas no Rio Jaguaribe e afluentes (Salvador, Bahia).

Fonte: elaborada pelos autores.

As diversas intervenções, anteriormente mencionadas e ilustradas nas Figuras 10 e 11, relativas à macrodrenagem diretamente ou que indiretamente a afeta, têm sido motivo de questionamento por diversos setores da sociedade. Associações de moradores, pesquisadores e organizações da sociedade civil têm provocado a realização de audiências públicas e reuniões com tomadores de decisão, promovido manifestações, seminários, encontros, produção de conteúdo para mídia e imprensa, e acompanhado os processos judicializados. Essas iniciativas têm em geral o objetivo de promover o diálogo e

a reflexão sobre toda a degradação imposta pelos projetos de intervenção urbana, os riscos climáticos associados, vulnerabilidades e consequências para a saúde e para a vida na cidade. Também busca pautar a discussão sobre a incorporação de soluções de adaptação baseada em ecossistemas, conceitos e ações de restauração ambiental como medidas essenciais para a qualidade de vida urbana (MANIFESTO RIO JAGUARIBE, 2017).



Figura 10: Trechos das intervenções em afluentes do Rio Jaguaribe (Salvador, Bahia).

Fonte: adaptada de Gambá ([20-]).

As intervenções e obras normalmente vêm acompanhadas de uma carência evidente de informações e esclarecimentos ao público sobre diversos aspectos de sua realização, denotando a falta de transparência pelas administrações públicas municipal e estadual. A apresentação de estudos prévios, cotizando diferentes concepções e alternativas, nunca foi acessível para os casos mencionados referentes ao Rio Jaguaribe, caso que se repete em outras intervenções na cidade. Os projetos executivos, e mesmo básicos, só são disponibilizados após movimentação de ações junto ao Ministério Público ou via

judicial, mesmo assim normalmente incompletos. A participação da sociedade inexiste, normalmente ocorrendo iniciativas de propaganda e convencimento sobre as intervenções já definidas e, não raramente, já em curso de implantação. Tais práticas evidenciam as posturas tecnocráticas e centralizadas das administrações públicas, incompatíveis com uma, não só desejável, como necessária, participação e comunitária. Essa participação deveria proporcionar envolvimento e comprometimento, melhor expressando os anseios das comunidades envolvidas.



Figura 11: Trechos das intervenções no curso principal do Rio Jaguaribe (Salvador, Bahia).

Fonte: Entrega da Etapa 3 da duplicação da Avenida Orlando Gomes e implantação da Avenida 29 de março ([20-]) e Gambá ([20-]).

Tecnicamente, organizações, pesquisadores e mesmo órgãos de controle têm expressado questionamentos diversos sobre a forma como tais intervenções na bacia do Rio Jaguaribe vêm sendo definidas e conduzidas (AGRA FILHO et al., 2017; BARBOSA et al., 2018; CGU/BA, 2012; MANIFESTO RIO JAGUARIBE, 2017). A seguir se apresenta um resumo de algumas considerações feitas por esses autores.

- **O processo de concepção e projeto não contemplou um prévio diálogo com a sociedade**

Poucos momentos momentâneos de diálogo, abertos pelo governo do estado, somente se efetivou após o tema da canalização dos rios Jaguaribe e seus afluentes surgir

nas mídias e encetar manifestações diversas pela sociedade civil. Foi por meio dessas expressões que se tornou público o teor do Projeto em questão.

A qualificação e sustentabilidade das ações para intervenção em macrodrenagem nas cidades devem apoiar-se no diálogo entre o Poder Público e a sociedade, sua efetiva participação e controle social, como preveem o Estatuto das Cidades e o PDDU (2016) do Município de Salvador (SALVADOR, 2016a), dentre outros marcos legais.

- **A solução apresentada baseia-se única e exclusivamente no conceito de eficiência hidráulica**

As obras de canalização e revestimento visam acelerar o escoamento das águas drenando os terrenos rapidamente, tendo foco único no aumento da eficiência hidráulica, o que frequentemente apenas transfere o problema dos alagamentos para jusante. O projeto desconsiderou a retenção das águas ao longo da bacia, ou junto a trechos do rio, à montante.

Tal reducionismo tecnicista é limitante, não proporcionando solução efetiva, e muito menos possibilita uma cidade que conviva com as águas. Essa concepção tem sido superada em muitos lugares, avançando para uma abordagem mais integrada e holística.

- **O projeto de canalização do Rio Jaguaribe e seus afluentes não considerou a adoção de bacias de detenção ou outras soluções atenuadoras de cheias**

A concepção de técnicas compensatórias, de baixo impacto, ou sustentáveis, prevê, dentre outras estruturas infiltrantes ou de armazenamento, a construção de bacias de detenção – para acúmulo temporário das águas das cheias – ou de retenção (acúmulos mais permanentes). Tais alternativas deveriam ter sido examinadas nos projetos para a bacia do Rio Jaguaribe, o que não foi minimamente considerado.

Em que pese o adensamento urbano que já ocorre em certos trechos dos cursos de água e da bacia, essas opções compensatórias deveriam ser avaliadas prioritariamente, efetuando-se análises de alternativas e de seus custos. Somente em decorrência de tais análises e conclusão pela falta de alternativas, é que se deveria assumir necessidades de canalização.

- **Resultados de simulações hidráulicas apresentadas nos estudos não identificavam as zonas inundadas de forma a nortear as necessidades de obras**

Nos materiais referentes aos estudos hidráulicos do projeto, disponibilizados ao Ministério Público na ocasião, não constavam quaisquer referências às áreas de inundação, sua abrangência espacial, os pontos críticos de alagamento, como resultado de tais levantamentos e simulações. Tampouco a caracterização das áreas atingidas, tipo de ocupação, número de imóveis e pessoas atingidas, e os riscos (exposição e vulnerabilidade).

Essa caracterização de áreas inundáveis e as respectivas afetações é que deveriam nortear as intervenções necessárias e as alternativas possíveis. Sem esses elementos

claramente expostos e as alternativas tecnológicas, entre outras a serem analisadas, não seria cabível se assumir que toda a problemática deveria ser solucionada exclusivamente com as canalizações previstas.

- **Destrução estrutural e funcional das várzeas, áreas ripárias, lagoas marginais e/ou brejos associados ao rio e seus afluentes**

A ocupação e uso desordenado do solo da bacia hidrográfica, bem como as obras e projetos previstos e em andamento, considerados sem qualquer integração, têm destruído essas áreas de grande importância ecológica e ambiental, não havendo qualquer iniciativa que contemple a valorização das mesmas e a adaptação da expansão urbana a tais condições, visando minimizar impactos negativos.

Várzeas, áreas ripárias, lagoas marginais e/ou brejos associados aos rios são estruturas naturais moldadas pelo fluxo das águas e contribuem para a retenção e infiltração das águas nos solos e aquíferos, atuando como ambientes de amortecimento – retenção e desaceleração das águas – de enchentes, dentre outras funções ecológicas e benefícios para o ecossistema aquático.

- **Opção única de revestimento com concreto, não se cogitando outras opções possíveis**

O Rio Jaguaribe, pelo menos no trecho de estuário, mesmo com a retificação prevista, poderia comportar alternativas tecnológicas de contenção de erosão das laterais mais leves e menos agressivas que o concreto, uma vez que as velocidades nesse trecho não exigem o nível de resistência a tensões de cisalhamento pelo fluxo das águas.

Se outras opções fossem consideradas, poderia se ter uma intervenção mais permeável às águas e mais compatível ao ecossistema e à paisagem urbana, além de certamente ser menos onerosa. Tal tipo de abordagem é apresentada e incentivada na publicação da Organização das Nações Unidas, “Soluções Baseadas na Natureza” (UNITED NATIONS, 2018).

- **As obras propostas não contemplam efetivas soluções para o esgotamento sanitário na bacia**

O projeto restringe-se exclusivamente a proporcionar a rápida drenagem das águas do rio via canalização, sendo que o enorme déficit nos serviços de esgotamento sanitário não é considerado de forma integrada com a macrodrenagem. Dessa forma, tal intervenção não contribui para o enfrentamento da contaminação das águas do rio, que continuarão a fluir nessa condição mais rapidamente para o trecho final e, em consequência, para a praia e o mar. Também os resíduos sólidos podem ser arrastados com a corrente, o que reforça a urgência de integração desses componentes do saneamento em um projeto realmente efetivo ambientalmente.

- **O estudo de viabilidade ambiental não considerou os efeitos da dinâmica marinha e com relação ao balanço de sedimentos no trecho estuarino**

As obras no trecho de estuário do Rio Jaguaribe promoveram alterações profundas nas seções fluviais, sua canalização e alteração da cota de fundo desse trecho de canal com relação às cotas naturais.

A condição natural foi moldada pela interação entre a dinâmica marítima e os fluxos do rio, envolvendo um balanço de sedimentos que resulta no leito fluvial que ora se observava. Havendo alteração e mudança das condições desse balanço, desconhece-se o resultado dessa nova dinâmica, o que deveria ser simulado e analisado. No entanto, tal estudo, não foi desenvolvido, o que traduz uma fragilidade técnica significativa que pode comprometer o patrimônio ambiental da cidade, além de poder provocar perdas econômicas pelas consequências da obra assim realizada.

- **A viabilidade técnica e ambiental do projeto, assim como a outorga concedida, não foi realizada com o rigor e metodologias devidas**

O Estudo de Viabilidade Ambiental foi considerado desprovido de elementos essenciais de mensuração (monitoramentos), caracterização das condições existentes e dos impactos potenciais. Agra Filho e demais autores (2017) expõem a fragilidade e falta de sustentação dos argumentos contidos nesse estudo, assim como no Termo de Outorga que nele se baseou. Tais argumentos, em suma, sustentaram a tese de que o Rio Jaguaribe já era um rio “morto e degradado” e, dessa forma, “a canalização proposta no projeto em nada pioraria tal quadro”. Essa retórica, além de anacrônica e anticientífica, não considera, portanto, a alternativa possível e socialmente desejável de recuperação das condições degradadas desse rio urbano.

Ações pelos agentes públicos não abordam, em geral, as possibilidades de sanar ou minimizar as causas dos problemas identificados como degradação. Ou seja, apenas conduzem à ação tradicional, higienista e desintegrada, que aborda de forma inadequada uma única dimensão do problema, as enchentes e alagamentos. Assim, desprezam as chances de real requalificação ambiental e ecológica – nos máximos limites possíveis do ambiente urbano –, como tem sido a tendência atual em países mais desenvolvidos.

- **O projeto encontra-se em desacordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador (PDDU-2016)**

O PDDU-2016 (SALVADOR, 2016a), dentre outras questões, estabelece que a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas devem orientar-se:

- pela sustentabilidade e a adoção prioritária de medidas estruturantes, considerando as especificidades morfológicas, pluviométricas, ambientais, socioculturais e econômicas (inciso II do artigo 96); e

- pela preservação das áreas livres, definindo índices de permeabilidade para as zonas e normas para o emprego de materiais que permitam a permeabilidade e implantação de dispositivos de retenção e reuso de águas pluviais nos empreendimentos (inciso IV, artigo 96).

Assim, o projeto não atende às Diretrizes do Plano que prevê a implantação de medidas estruturantes de prevenção de inundações (inciso I, artigo 97); o controle da ocupação das encostas, dos fundos de vale, talvegues, várzeas e áreas de preservação permanente ao longo dos cursos e espelhos d'água, preservando a vegetação existente e visando a sua recuperação (inciso II, artigo 97); a análise de alternativas e medidas integradas, estruturais e estruturantes de natureza preventiva e institucional (inciso III, artigo 97) (SALVADOR, 2016a). Maiores detalhes quanto essa não conformidade são apresentados em Agra Filho e demais autores (2017) e Barbosa e demais autores (2018).

- **O projeto encontra-se em desacordo com o *Manual para Apresentação de Propostas Programa – 1138. Drenagem Urbana e Controle de Erosão Marítima e Fluvial*, do Ministério das Cidades**

O projeto não atende também às diretrizes do governo federal para a efetivação de financiamento de projetos e constantes no referido *Manual para Apresentação de Propostas* (BRASIL, 2009), que prevê a gestão sustentável da drenagem urbana com ações estruturais e não estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas.

Segundo esse manual, as intervenções estruturais consistem em obras que devem preferencialmente privilegiar a redução, o retardamento e o amortecimento do escoamento das águas pluviais (BRASIL, 2009). Essas intervenções incluem: reservatórios de amortecimento de cheias, adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento, sistemas de drenagem por infiltração, implantação de parques lineares, recuperação de várzeas e a renaturalização de cursos de água. Obras convencionais de galerias de águas pluviais e de canalização, que aceleram o escoamento, serão admitidas somente nos casos em que as soluções preferenciais se mostrarem inviáveis, quando for comprovado que os impactos gerados pela intervenção são de baixa magnitude e serão mitigados (BRASIL, 2009). Maiores detalhes quanto a essas não conformidades são apresentados em Agra Filho e demais autores (2017).

- **A vulnerabilidade e adaptação da zona costeira a potenciais mudanças climáticas não teve qualquer consideração no projeto**

Relatório apresentado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) indica a cidade de Salvador entre as cinco cidades costeiras do Brasil mais vulneráveis (MARENGO; SCARANO, 2016).

É real a necessidade de abordagens baseadas em estudos de vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas. Para as cidades litorâneas, na ocorrência de aumento do nível do mar, existe a necessidade de conservar e criar zonas de amortecimento naturais, aumentando a permeabilidade e retenção hídrica, bem como a estabilidade dos terrenos. Tais questões não foram sequer mencionadas no projeto de macrodrenagem que alcança o trecho de estuário do Rio Jaguaribe até a costa.

- **A licença ambiental unificada obtida desconsidera a política municipal de meio ambiente e desenvolvimento sustentável**

Agra Filho e demais autores (2017) argumentam que o Licenciamento Ambiental Unificado (LAU) concedido pela administração municipal teria sido eivado de irregularidades, por conta de não regulamentações legais e de impropriedade na sua aplicação. A LAU deveria ser restrita aos empreendimentos ditos simplificados, conforme suas características, o que não seria o caso desse projeto de macrodrenagem. Ressalte-se que os autores se referem a um dos projetos de macrodrenagem da bacia – trecho baixo do Rio Jaguaribe e um dos afluentes –, separada e sem qualquer integração com os demais empreendimentos similares realizados nessa mesma bacia hidrográfica, como comentado neste texto anteriormente.

Os elementos anteriormente elencados, parte da Nota Técnica pelo Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA) da Escola Politécnica (EP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) (AGRA FILHO et al., 2017) ao governador do estado da Bahia, assim como outras tantas questões argumentadas por outras instituições e organizações sociais (BAHIA, 2020; BARBOSA et al., 2018; BONSUCESSO et al., 2019; MANIFESTO RIO JAGUARIBE, 2018; SEMINÁRIO..., 2017) forçaram a realização de reuniões entre seus representantes e prepostos do governo do estado, sendo que, infelizmente, estes últimos insistiram na manutenção da concepção do referido projeto e na continuidade da construção das estruturas na forma que foram concebidas.

Salvador tem na sua Lei nº 9.069/2016 (PDDU 2016 de Salvador) diretrizes que devem ser urgentemente regulamentadas e implementadas: o artigo 20, o qual trata das “Águas Urbanas”, e os artigos 96 a 98, os quais tratam da “Drenagem e do Manejo de Águas Pluviais Urbanas”, estes inseridos no Capítulo II referente ao “Saneamento”. Para tal, deve ter ainda formulada e instituída sua Política Municipal de Saneamento Básico – como estabelecido no artigo 89 desta Lei –, ainda avançando para o seu Plano de Manejo e Drenagem de Águas urbanas, de forma sistêmica, e articulada com outras políticas, como as de saúde, meio ambiente, e desenvolvimento urbano/habitação. E, ainda mais, como sustenta Moraes (2019, p. 295), “...o grande desafio que se coloca para o Poder Público e os diversos segmentos da sociedade soteropolitana é a construção de uma nova ordem socioambiental pautada na ética, justiça social, justiça ambiental, solidariedade, transparência, tecnologias apropriadas e participação social”.

5 . CONCLUSÕES

O presente capítulo explorou aspectos do contexto geral da drenagem e manejo de águas pluviais urbanas no Brasil. Identificou a defasagem desta componente do saneamento básico com relação à governança, estruturação institucional e investimentos, enfatizando o anacronismo de como as abordagens do problema têm sido conduzidas, especialmente quanto à concepção de projetos e à forma das intervenções que buscam mitigar problemas como alagamentos e inundações. Por outro lado, apresentou iniciativas positivas já adotadas em municípios brasileiros, embora ainda parciais e não efetivamente assumidas pelas administrações públicas como de referência. A fim de ilustrar esse contexto e padrão das práticas correntes que não dialogam com os requisitos do manejo mais sustentável das águas pluviais urbanas, o capítulo trouxe o caso-exemplo da cidade de Salvador, Bahia, e, com mais detalhe, a situação da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. A partir deste exemplo, explicitou as condutas atuais para a prestação dos serviços de drenagem urbana e a forma como os rios urbanos têm sido considerados neste município, o que é usual no contexto brasileiro. Ao apontar as fragilidades e inconsistências de tais condutas, o texto pontua o que se faz necessário para reconfigurar o modo de conceber e lidar com as águas urbanas pluviais e fluviais. Assim, o capítulo busca evidenciar a urgente necessidade de modificações profundas na concepção de projetos e nos mecanismos de gestão das águas urbanas, de forma a rever a costumeira priorização de intervenções voltadas para o escoamento superficial e seu transporte, em prol das que dialoguem e busquem preservar o sistema natural e valorizam a relação entre o ambiente construído e suas águas.

REFERÊNCIAS

AGRA FILHO, S. S. *et al.* Considerações do programa de mestrado de meio ambiente, águas e saneamento – MAASA, da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, em relação ao Projeto de Macrodrenagem dos rios Jaguaribe e Mangabeira. Salvador, [s. n.], 2017. (Nota técnica).

ÁLVARES, Maria Lúcia Politano; ÁLVARES, Diego; ÁLVARES, Helena Spinelli; MORAES, Luiz Roberto Santos; SANTOS, Maria Elisabete Pereira dos. Delimitação das Bacias Hidrográficas e de Drenagem Natural da Cidade de Salvador. RIGS- Revista Interdisciplinar de Gestão Social v.1, n.1 , jan./abr. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rigs/article/view/10192/7268>. Acesso em: 08 abr. 2021

AMORIM, N. C. R.; LUZ, L. D. Rios urbanos: problemas ou oportunidades para Salvador?. In: SALVADOR. **Painel Salvador de mudança do clima Salvador**. Salvador: Prefeitura Municipal de Salvador, 2020. p. 236-247. (Cadernos Temáticos, v. 1).

AVENIDA Mário Sérgio transforma mobilidade urbana no entorno do Barradão. **Conder**, Salvador, 17 fev. 2018. Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/noticias/2018-02-17/avenida-mario-sergio-transforma-mobilidade-urbana-no-entorno-do-barradao>. Acesso em: 25 nov. 2021.

BAHIA. Relatório nº 201600145. Relatório de Fiscalização do Termo de Compromisso nº 0402.488-

92/2012, de 19/12/2012, firmado entre o Município de Salvador e a Caixa Econômica Federal, do Programa 2040 – Gestão de Riscos e Respostas a Desastres – Ação 10SG. **Controladoria Geral da União do Estado da Bahia**, Salvador, 2012.

BAHIA. Sistema de Informações Municipais. **Identificação da tabela**. Salvador, [2021]. Disponível em: http://sim.sei.ba.gov.br/metaside/consulta/frame_metadados.wsp?tmp.tabela=t128. Acesso em: 21 mar. 2021.

BARBOSA, F. M. F. *et al.* Carta aberta à sociedade soteropolitana o que o projeto de canalização e revestimento dos rios jaguaribe e mangabeira nos diz sobre a gestão pública dos rios urbanos em Salvador?. [S. I.: s. n.], 2018. Disponível em: https://3d17fbf7-6869-4e06-aec3-2e24d2fe8e02.filesusr.com/ugd/83d53d_b286fff2182d4ca7ad53de85b4962278.pdf. Acesso em: 17 maio 2012.

BELO HORIZONTE. **Drenurbs**. Prefeitura de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/diretoria-de-gestao-de-aguas-urbanas/drenurbs>. Acesso em: 15 maio 2021.

BONSUCESSO, L. A. S. *et al.* Por uma nova concepção de tratamento dos rios em ambientes urbanos: o estudo de caso do rio Jaguaribe. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 30., 2019, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABES, 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1993.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 6 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Anuário brasileiro de desastres naturais**: 2012. Brasília, DF: CENAD, 2012.

CONCLUÍDA macrodrenagem do Rio Jaguaribe na Orla Marítima de Salvador. **Conder**, Salvador, 20 out. 2020. Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/noticias/2020-10-20/concluida-macrodrenagem-do-rio-jaguaribe-na-orla-maritima-de-salvador>. Acesso em: 07 jul. 2021

ENTREGA da Etapa 3 da duplicação da Avenida Orlando Gomes e implantação da Avenida 29 de março. **SEDUR**, Salvador, [20-]. Disponível em: 07 jul. 2021. <http://www.sedur.ba.gov.br/galeria/768/3913/Entrega-da-Etapa-3-da-duplicacao-da-Avenida-Orlando-Gomes-e-implantacao-da-Avenida-29-de-Marco.html>. Acesso em:

ENTREGUE trecho da Avenida 29 de Março que liga Av. Paralela à Estrada Velha do Aeroporto. **Departamento Estadual de Trânsito da Bahia**, Salvador, 21 nov. 2020. Disponível em: <http://www.sedur.ba.gov.br/2018/11/1397/Entregue-trecho-da-Avenida-29-de-Marco-que-liga-Paralela-a-Estrada-Velha.html>. Acesso em: 07 jul. 2021.

FIORAVANTI, C. Enchentes: as águas encontram saídas. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/enchentes-as-aguas-encontram-saidas/>. Acesso em: 25 nov. 2021

GAMBÁ - Visita a rios urbanos... **Flickr**, [s. I.], [20--]. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/gambapix/>

tos/132312431@N04/albums/72157678121628873/with/33475083105/. Acesso em: 25 nov. 2021.

GOMES, H.; SERRA, O.; NUNES, D. (org.). **Salvador e os descaminhos do plano diretor de desenvolvimento urbano**: construindo novas possibilidades. Salvador: Edufba, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). Estados e municípios. **IBGE**, Brasília, DF, [20-]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/salvador.html>. Acesso em: 30 maio 2021.

LUZ, L. D. *et al.* Descaminhos dos rios (ou da gestão da cidade) de Salvador: o caso do rio dos Seixos e outros. In: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., 2010, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: UFBA, 2010.

MANIFESTO Rio Jaguaribe: por uma nova concepção de tratamento dos rios urbanos. Salvador: AMA Jaguaribe, 2017. Disponível em: http://www.gamba.org.br/wpcontent/uploads/2017/06/Manifesto_Rio_Jaguaribe.pdf. Acesso em: 21 abr. 2018.

MARENGO, J. A.; SCARANO, F. R. (ed.). **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas**: relatório especial do painel brasileiro de mudanças climáticas. Rio de Janeiro: PBMC: COPPE-UFRJ, 2016. Disponível em: http://ppgoceano.paginas.ufsc.br/files/2017/06/Relatorio_DOIS_v1_04.06.17.pdf. Acesso em: 1 jun. 2021.

MEDEIROS, I. H. **Programa Drenurbs/nascentes e fundos de vale**: potencialidades e desafios da gestão sócio-ambiental do território de Belo Horizonte a partir de suas águas. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia: Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MORAES, L. R. S. Águas urbanas e saneamento básico no PDDU 2016: da letra da Lei à necessidade de efetiva implementação. In: PINHO, H. G.; SERRA, O.; NUNES, D. (org.). **Salvador e os descaminhos do PDDU**. Salvador: Edufba, 2019. p. 257-302.

OAB - SECCIONAL BAHIA. OAB-BA ingressa como Amicus Curiae em ação de defesa do Rio Jaguaribe. **Jusbrasil**, [s. l.], [2016]. Disponível em: <https://oab-ba.jusbrasil.com.br/noticias/521822008/oab-ba-ingressa-como-amicus-curiae-em-acao-de-defesa-do-rio-jaguaribe>. Acesso em: 25 nov. 2021

OBRA de macrodrenagem no canal do Trobogy será concluída em dezembro. **COGEL**, Salvador, 19 nov. 2018. Disponível em: <http://www.comunicacao.salvador.ba.gov.br/index.php/todas-as-noticias-4/52971-obra-de-macrodrenagem-no-canal-do-trobogy-sera-concluida-em-dezembro>. Acesso em: 25 nov. 2021.

PINHEIRO, C. B. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte**: novos caminhos em meio a velhas. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

PREFEITURA de Salvador vai entregar obra no canal do Trobogy nesta sexta. **NEWS BA**, [Salvador], 13 dez. 2018. Disponível em: <https://newsba.com.br/2018/12/13/prefeitura-de-salvador-vai-entregar-obra-no-canal-do-trobogy-nesta-sexta/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

RECIFE. Lei Municipal nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Recife, 12 jan. 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalação-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 25 maio 2021.

RIOS de Salvador. Salvador, [20--]. Disponível em: <https://riosdesalvador.blogspot.com/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia da paisagem. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (org.). **Diálogos em geografia física**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2011. p.

SALVADOR. Câmara Municipal. Lei nº 9.069, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o plano diretor de desenvolvimento urbano do município de Salvador – PDDU 2016 e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Salvador, 30 jun. 2016a. Disponível em: <http://www.cms.ba.gov.br/updiv/pddu-2016/files/assets/basic-html/page-1.html#>. Acesso em: 14 jun. 2017

SALVADOR. Decreto nº 27.111, de 22 de março de 2016. Dispõe sobre a delimitação das bacias hidrográficas e das bacias de drenagem natural existentes no município do Salvador e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Salvador, 23 mar. 2016b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/ab/a/s/salvador/decreto/2016/2712/27111/decreto-n-27111-2016-dispoe-sobre-a-delimitacao-das-bacias-hidrograficas-e-das-bacias-dedrenagem-natural-existentes-no-municipio-do-salvador-e-da-outrasprovidencias>. Acesso em: 14 maio 2021.

SALVADOR. Lei nº 9.148, de 8 de setembro de 2016. Dispõe sobre o ordenamento do uso e da ocupação do solo do município de Salvador e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Salvador, 9 set. 2016c. Disponível em: <http://www.sucom.ba.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/novalouossancionada.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021

SALVADOR. Secretaria de manutenção da cidade. **SEMAN**, Salvador, 2021. Disponível em: <http://seman.salvador.ba.gov.br/index.php/seman/equipe>. Acesso em: 3 mar. 2021.

SANTOS, A. H. M. **Eventos extremos de chuva em Salvador, Bahia**: condições atmosféricas e impactos ambientais. 2008. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) –Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

SANTOS, A. P. P. et al. Precipitação na cidade de salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.

SANTOS, M. E. et al. (org.). **O caminho das águas em Salvador**: bacias hidrográficas, bairros e fontes. Salvador: CIAGS/UFBA: SEMA, 2010.

SANTOS, M. E. et al. **Banco de dados do projeto qualidade do ambiente urbano**. Salvador: UFBA: UNEB: UEFS, 2021.

SÃO PAULO. **Atlas ambiental do município de São Paulo. fase I: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo.** São Paulo: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2002. (Relatório final).

SÃO PAULO. Biblioteca digital. **Prefeitura Municipal de São Paulo**, São Paulo, 2014a. (Manual de drenagem, v. 3). Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/bibliotecaDigital/. Acesso em: 19 maio 2021.

SÃO PAULO. **Plano diretor de drenagem**. Prefeitura Municipal de São Paulo, São Paulo, 2014b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/plano_diretor_de_drenagem/. Acesso em: 19 maio 2021.

SEMINÁRIO rios urbanos e o direito à cidade sustentável. Salvador: ABES-BA, 2017. (Documento final). Disponível em: http://abesba.org.br/uploaded-files/cursos_e_eventos/Documento_Final_Seminario_Rios_Urbanos.pdf. Acesso em: 31 maio 2017.

UNITED NATIONS. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water. Paris: Unesco: WWAP, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO NOS ESTADOS UNIDOS: A ESTRUTURA REGULATÓRIA E SERVIÇO PÚBLICO/PRIVADO

David W. Schnare

1. HISTÓRIA DAS INDÚSTRIAS DOS EUA

O assentamento do que hoje são os Estados Unidos começou em 1600, sendo declarado nação em 1776. Os fundadores ratificaram sua primeira constituição em 1781, formando assim o primeiro governo federal. Achando essa formulação ineficiente, os fundadores escreveram uma nova constituição que os estados adotaram em 1789. A primeira estrutura regulatória federal para águas residuais surgiu 181 anos depois, em 1970. A estrutura federal de água potável surgiu quatro anos depois, muito tempo após o primeiro abastecimento de água nos Estados Unidos da América (EUA).

2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Vinte anos antes de os Estados Unidos declararem sua independência e 34 anos antes da nação ter um governo federal ativo, Hans Christopher Christians construiu o primeiro sistema de água dos EUA na cidade de Bethlehem, Pensilvânia, na época com menos de 500 casas. Cem anos depois (1850), apenas 83 sistemas de abastecimento forneciam água

potável ao público, 50 dos quais eram de propriedade privada e poucos deles tratavam a água captada. Só no início de 1800 começou a utilizar a filtragem com coagulação química para remover contaminantes, introduzida no final de 1800. A desinfecção com cloro passou a ser utilizada em 1908.

Entre 1880 e 1900, a indústria de abastecimento de água se expandiu rapidamente, de cerca de 600 sistemas de abastecimento para cerca de 3 mil com sistemas privados representando quase metade desse total. Em 1974, quando o primeiro programa regulatório federal começou sob os auspícios da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Usepa), o Congresso estimava que havia cerca de 19.236 sistemas públicos de água (contando entidades públicas e privadas). Com base em uma nova avaliação do setor exigida pelo Congresso, a Usepa estimou que havia 34.631 em 1977. A estrutura regulatória, entretanto, obrigou os estados a fazerem sua própria avaliação, a ser relatada à Usepa. Essas avaliações identificaram aproximadamente 180 mil sistemas sujeitos à regulamentação, 58.768 dos quais eram sistemas comunitários de água que eram obrigados a cumprir as normativas vigentes. Destes, 39.253 atendiam a menos de 500 residentes, dos quais 21.585 atendiam a menos de 100 residentes.

3 . ESGOTO E ÁGUA

O tratamento de efluentes seguiu uma trajetória diferente. No início de 1800, as casas rurais tinham um banheiro externo sobre uma fossa séptica. Nas cidades, o lixo era levado para valas e sarjetas abertas. Em meados de 1800, as cidades enterraram esgotos sem nenhum tipo de tratamento. O esgoto fluía para rios e córregos ou era despejado em terras de cultivo como fertilizante. O regime de tratamento mais antigo consistia em tanques de sedimentação extravasando novamente nos cursos d'água. Este foi denominado tratamento “primário” e continua a ser a primeira fase do tratamento hoje.

A primeira extensão além disso foi o tratamento biológico, consistindo em um filtro de areia no qual as bactérias consumiriam parte da carga orgânica. Medford, Massachusetts, instalou essa técnica em 1887. Considerada ineficiente, a areia foi substituída por rocha na qual cresceram bactérias. Madison, Wisconsin, instalou o primeiro filtro gotejante em 1901. Em 1909, os tanques Imhoff entraram em uso, consistindo em uma câmara superior que permitia que os sólidos se assentassem e uma câmara inferior na qual os sólidos eram digeridos. Eles removeram de 30 a 60% da matéria suspensa e reduziram a demanda biológica de oxigênio das águas residuais de 24 a 40%. Eles passaram a ser amplamente utilizados nas décadas de 1930 e 1940, mas foram substituídos por processos semelhantes depois disso. Essa combinação de processos agora é chamada de tratamento “secundário”.

Pós-tratamento, as estações de tratamento de efluentes tratavam os efluentes com cloro a partir de 1914, mas esse processo não se expandiu significativamente até que os regulamentos federais entrassem em vigor cerca de 60 anos depois. Na mesma medida, em 1916, o tratamento com lodo ativado entrou em uso, conforme discutiremos a seguir. Nos 50 anos seguintes, a engenharia de tratamento avançou, fornecendo tratamentos primários, secundários e terciários que produziam um efluente suficientemente puro para ser usado como água potável.

4 . EVOLUÇÃO DO MARCO REGULATÓRIO

Tanto o abastecimento de água quanto o tratamento de águas residuais começaram, e continuam sendo, responsabilidades locais supervisionadas pelos órgãos estaduais de saúde pública. Hoje, os estados atuam como os principais reguladores, mas adotam padrões federais ou permitem que o governo federal administre os programas em seus estados. Todos os estados adotaram o programa de água potável e todos os estados adotaram os elementos de descarga de águas residuais da Lei da Água Limpa.

Os programas regulatórios federais surgiram da crescente atenção às questões ambientais na década de 1960. Até 1970, a única responsabilidade federal era a pesquisa sobre água potável e tratamento de águas residuais. Em 1970, o Congresso dos EUA reconheceu que os programas regulatórios estaduais não eram adequados para proteger as

águas “nacionais”, pertencentes à nação, em vez das águas pertencentes exclusivamente aos estados. Ele promulgou a Lei da Água Limpa para proteger essas águas “nacionais” e estabelecer um programa regulatório comum em todo o país. Em 1974, o Congresso promulgou a Lei de Água Potável Segura por motivos semelhantes, estabelecendo um programa regulatório que garantiu água potável segura para uma nação com uma alta proporção de seus cidadãos viajando de cidade em cidade e em todo o país.

5 . REGULAMENTO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A regulamentação federal da qualidade da água potável começou em 1914, quando o Serviço de Saúde Pública dos EUA estabeleceu padrões para a qualidade bacteriológica da água potável servida ao público em viagem. Os padrões se aplicavam apenas a sistemas de abastecimento de água que forneciam água potável para transportadoras interestaduais, como navios e trens, e apenas a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas. O Serviço de Saúde Pública revisou e expandiu esses padrões em 1925, 1946 e 1962. Os padrões de 1962, regulando 28 substâncias, eram os padrões federais de água potável mais abrangentes dos EUA antes da Lei de Água Potável Segura de 1974. Com pequenas modificações, todos 50 estados adotaram os padrões do Serviço de Saúde Pública como regulamentos ou como diretrizes para todos os sistemas públicos de água em sua jurisdição.

A eficácia dessa abordagem regulatória foi dramática. Em 1983, houve 30 surtos de doenças transmitidas pela água em sistemas de água comunitários, a maioria dos quais resultado de desinfecção inadequada. Em 1996, os surtos caíram para três e praticamente nenhum causado por causas bacterianas, virais ou parasitárias. O problema recente mais significativo tem sido o envelhecimento dos sistemas de água, por exemplo em Flint, Michigan. Os desafios em Flint surgiram não por causa da idade do sistema, mas porque a população de Flint caiu significativamente. A água em seu sistema de distribuição não se moveu tão rapidamente quanto planejado por falta de demanda. A cidade vinha comprando água de uma fonte cara. Optou por encerrar essa relação e reabrir sua antiga estação de tratamento de água, deixando de fazer a engenharia adequada dessa reabertura e provocando o esvaziamento de suas adutoras de distribuição, resultando em um descarte maciço de lodo acumulado e material biológico que ficava estável nos revestimentos da distribuição do sistema.

Esses tipos de problemas de qualidade da água continuarão a surgir nos Estados Unidos se a condição econômica de suas cidades de médio e grande porte não puder suportar o reparo e a substituição de infraestrutura de rotina. Os sistemas de distribuição de água têm sido rotineiramente projetados para uma expectativa de vida de 50 anos, mas muitos estão próximos dos 100 anos e o custo de sua substituição ou atualização é enorme.

6 . REGULAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Em 1800, a população dos EUA cresceu de 5 milhões para 75 milhões de pessoas. A coleta de águas residuais serviu de 1 milhão em 1860 para 25 milhões em 1900. Em 1886, os primeiros padrões para carregamento e tratamento de descarga foram desenvolvidos na estação experimental de Lawrence, Mass, e para Chicago, Illinois. Não até 1899 o governo federal dos Estados Unidos emitiu sua primeira regulamentação federal de esgoto, por meio do Rivers and Harbors Appropriations (“Refuse Act”). Isso não fez mais do que proibir a descarga de sólidos em águas de navegação sem uma licença do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.

No início dos anos 1900, 1 milhão de pessoas eram servidas por 60 estações de tratamento de esgoto para remoção de sólidos flutuantes e sedimentados. No início dessa década, a população de esgoto aumentou na mesma proporção que a população total.

Em 1944, um modelo de previsão da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) em riachos permitiu estimar a capacidade assimilativa de riachos, fornecendo assim uma base para regular as descargas por meio de um sistema de autorização. Isso resultou em um uso mais amplo de processos de tratamento secundário para remover DBO, mas também resultou no aumento de resíduos (lodo).

Embora as licenças do Corpo de Engenheiros fossem necessárias para descargas diretas, esse requisito não fornecia meios para as cidades atenderem aos limites de descarga emergentes. Em 1948, o Congresso aprovou a Lei Federal de Controle da Poluição da Água (FWPCA), cujo objetivo principal era fornecer fundos federais para pesquisas de qualidade da água e construção de estações de coleta e tratamento. Esse financiamento foi estendido em 1952 e 1966. Em 1960, metade da população dos Estados Unidos tinha acesso a alguma forma de tratamento de águas residuais, embora 70% da população vivesse em centros urbanos.

O aumento na pesquisa sobre processos de tratamento de águas residuais em 1960 abordou a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo), (controle de eutrofização), uso de condicionadores químicos (polímeros, polieletrolitos), flotação por ar dissolvido para separação e espessamento aprimorados de sólidos. Novas configurações de processo incluem processos de lodo ativado de alta taxa, oxigênio de alta pureza, reatores de lote de sequenciamento, filtros de gotejamento de alta taxa e processos de lodo ativado por filtro de gotejamento híbrido, biorreatores de membrana e digestores de lodo aprimorados usando processos de alta temperatura, bem como desinfecção de efluentes.

A Lei da Água Limpa de 1970 foi o primeiro programa regulatório que estabeleceu critérios de qualidade da água que deveriam ser incorporados às licenças de descarte. Também transferiu a autoridade regulatória para a recém-formada Agência de Proteção Ambiental dos EUA, a ser compartilhada com os estados. Outras emendas ao programa

regulatório federal resultaram das Emendas da Lei Federal de Controle da Poluição da Água de 1972 (PL 92-500), as emendas da Lei de Água Limpa de 1977 e as subsequentes emendas em menor escala.

O principal elemento da Lei da Água Limpa é o desenvolvimento de Padrões de Qualidade da Água para águas receptoras (com base em usos designados e critérios relacionados à saúde humana e à vida aquática). O programa regulatório também incorporou uma política de antidegradação com monitoramento ambiental. Onde os padrões de qualidade da água não foram atendidos, as localidades e estados foram obrigados a criar um plano de estratégias e controles para melhorar as águas prejudicadas usando a abordagem de Carga Diária Máxima Total (TMDL) que refletisse a capacidade assimilativa das águas receptoras. Isso foi implementado por meio do programa de licenças do Sistema Nacional de Eliminação de Descargas de Poluentes (NPDES). Aplicou-se apenas a fontes “pontuais” de descarte e incluiu controle de tóxicos, pré-tratamento industrial de resíduos e descarte adequado de lodo (biossólidos).

Fontes não pontuais também foram regulamentadas por meio de um programa de licenciamento administrado pelos estados, mas não eram receptivas a padrões quantitativos de fiscalização. As emendas da Lei da Água Limpa também abordaram a proteção das zonas úmidas.

O aspecto fundamental das ações, no entanto, continuou fornecendo capital para construir tratamento e destinação adequados. Para isso, o Congresso criou fundos rotativos estaduais, um meio de conceder empréstimos e, em alguns casos, doações, para subscrever benfeitorias de capital. Os fundos reembolsados pelas localidades são devolvidos ao fundo para uso posterior.

7 . TRATAMENTO DE ÁGUA

Não é intenção desta seção descrever em detalhes a evolução ou o *status* do tratamento de abastecimento de água nos EUA. As figuras a seguir fornecem uma descrição dos esquemas básicos de tratamento atualmente em uso. Dependem muito das fontes de água. O aspecto mais importante do tratamento da água é sua fonte. As águas subterrâneas requerem muito pouco tratamento, se retiradas de aquíferos bem protegidos, normalmente necessitando apenas de desinfecção. Em contraste, as águas superficiais, sendo as águas receptoras tanto do escoamento quanto da descarga de esgoto, requerem uma engenharia muito mais sofisticada.

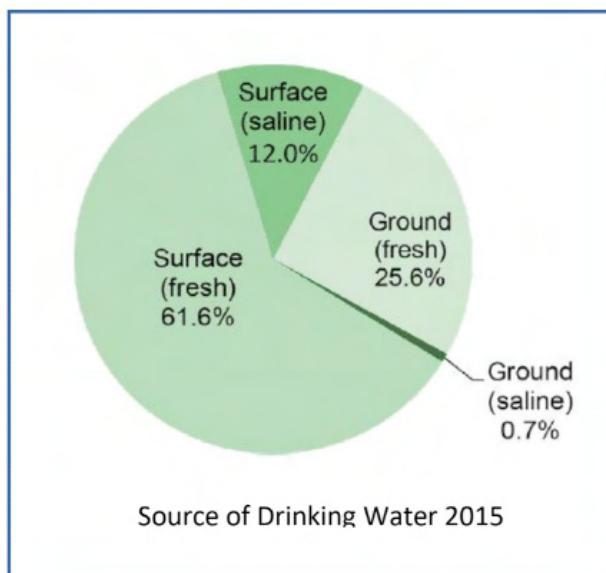


Figura 1: Fontes de água potável 2015.

Fonte: adaptada de Dieter e demais autores (2018).

A Figura 2 fornece um esquema simples das práticas atuais. Não são mostrados os tratamentos de acabamento, como carvão ativado e tratamento residual de desinfecção pós-tratamento (usado quando a desinfecção é por ozônio).

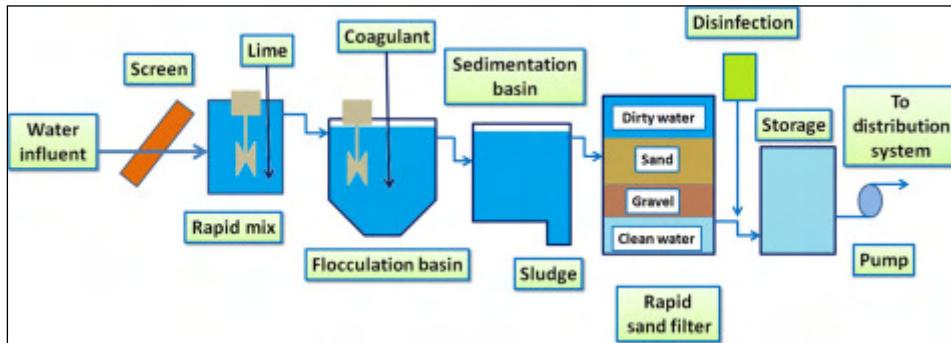


Figura 2: Instalação típica de tratamento de abastecimento de água.

Fonte: adaptada de Avlon (2020).

8 . TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Em medida semelhante à discussão do tratamento de abastecimento de água, esta seção não pretende discutir em detalhes a evolução do tratamento de águas residuais nos EUA. Em resumo, o tratamento dessas águas evoluiu do uso do tratamento primário para o secundário e, nas últimas duas décadas, o tratamento terciário, para remover alguns nutrientes que prejudicam as águas receptoras, aumentando a níveis inaceitáveis o crescimento de algas. A Figura 3 fornece um diagrama simples do tratamento atual de águas residuais dos EUA.

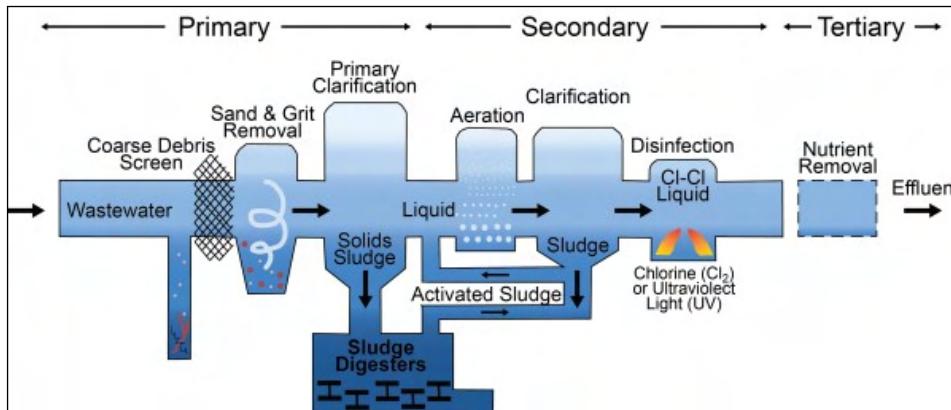


Figura 3: Tratamento de águas residuais.

Fonte: adaptada de Pecker (2020).

9 . REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Ostensivamente, a reutilização de água pode ser colocada dentro do assunto geral de tratamento de água, quando a reutilização é para abastecimento de água e como um método de descarte para águas residuais tratadas, quando distribuído de outra forma para uso não humano. A importância de reutilizar águas residuais tratadas, no entanto, cresceu significativamente e merece discussão em seus próprios méritos. Com o crescimento populacional e em linha com os limites do abastecimento de água doce, o reuso da água tornou-se essencial. A reutilização de água – também conhecida como reciclagem de água ou recuperação de água – recupera a água de uma variedade de fontes e a trata e reutiliza para fins benéficos, como agricultura e irrigação, abastecimento de água potável, reposição de lençóis freáticos, processos industriais e restauração ambiental. O reuso da água pode fornecer alternativas ao abastecimento de água existente e ser usado para aumentar a segurança, sustentabilidade e resiliência da água.

O reuso da água pode ser definido como planejado ou não planejado. O reuso não planejado de água refere-se a situações em que uma fonte de água é substancialmente composta por água utilizada anteriormente. Um exemplo comum de reutilização não planejada de água ocorre quando as comunidades obtêm seus suprimentos de água de rios, como o Rio Colorado e o Rio Mississippi, que recebem descargas de águas residuais tratadas das comunidades rio acima.

Reutilização planejada de água refere-se a sistemas de água projetados com o objetivo de reutilizar de forma benéfica um abastecimento de água reciclada. Frequentemente, as comunidades procuram otimizar o uso geral da água, reutilizando a água na medida do possível dentro da comunidade, antes que a água seja reintroduzida no meio ambiente. Exemplos de reutilização planejada incluem irrigação agrícola e paisagística, água de processo industrial, abastecimento de água potável e gestão de abastecimento de água subterrânea.

A Usepa não exige nem restringe qualquer tipo de reutilização. Geralmente, os estados mantêm autoridade regulatória primária, ou seja, primazia, na alocação e desenvolvimento de recursos hídricos. Alguns estados estabeleceram programas para abordar especificamente o reuso, e alguns incorporaram o reuso de água aos programas existentes. Environmental Protection Agency (EPA), estados, tribos e governos locais confiam na Lei da Água Potável Segura e na Lei da Água Limpa para proteger a qualidade das fontes de água potável, água potável da comunidade e corpos d'água como rios e lagos.



Figura 4: Uma instalação de tratamento de águas residuais terciária.

Fonte: adaptada de Upper Occoquan Service Authority (2021).

Algumas formas de reutilização planejada de água estão em vigor nos últimos 50 anos. Um exemplo importante de tratamento de águas residuais produzindo produção de qualidade de água potável é a Autoridade de Serviço do Alto Occoquan (UOSA). Em 1971, o Virginia Water Control Board, em acordo com o Departamento de Saúde da Virgínia, adotou uma política ousada e inovadora. A Política Occoquan determinou a criação da UOSA, uma agência regional, para fornecer tratamento de última geração para todas as águas residuais geradas na bacia hidrográfica do Occoquan e uma organização independente, o Laboratório de Monitoramento de Bacias Hidrográficas do Occoquan (OWML), para monitorar continuamente a bacia hidrográfica e aconselhar sobre medidas de proteção para o reservatório.

Em 1978, a UOSA Regional Water Reclamation Plant, localizada em 470 acres no oeste de Fairfax County e atendendo a quatro jurisdições – Fairfax County, Prince William County, City of Manassas e City of Manassas Park –, iniciou as operações e substituiu 11 pequenas estações de tratamento secundário na região. Ele descarrega seus efluentes no reservatório de Occoquan, uma das duas principais fontes de água potável para mais de 1,5 milhão de pessoas. O efluente é tão bem tratado que atende aos padrões de água potável e poderia ser canalizado diretamente para os clientes, mas em vez disso é usado para melhorar a qualidade da água bruta no reservatório. Desde 1978, a qualidade da água no Reservatório Occoquan tem melhorado constantemente e o efluente confiável e de alta qualidade produzido pela UOSA tem aumentado o rendimento seguro do reservatório.

Através de várias expansões, a capacidade inicial de 10 milhões de galões por dia (mgd) de UOSA foi aumentada para 32 mgd, e uma grande expansão para 54 mgd foi concluída. Após 40 anos de operações de grande sucesso, a água recuperada da UOSA é

um componente cada vez mais importante da estratégia de abastecimento de água potável para a área metropolitana de Washington.

Outras formas de reutilização planejada de água incluem:

- o sistema de reutilização de águas pluviais de 2 milhões de galões da Fundação Gates em Seattle, Washington, que coleta e trata a água de sua praça central e telhado não vegetativo para descarga de vasos sanitários, irrigação e reabastecimento de lagoas na praça central;
- irrigação com água reciclada na área do Projeto de Intrusão de Água Marinha de Castroville – 12 mil acres de terras férteis localizadas no Salad Bowl of the World, cerca de 10 milhas a leste de Monterey, Califórnia;
- condensado de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) capturado do edifício BioScience Research Collaborative da Rice University, que é descarregado na torre de resfriamento da South Power Plant da Universidade por meio do sistema de coleta de condensado HVAC;
- Eastern Municipal Water District, entregas de água reciclada para mais de 575 clientes para uso na agricultura, irrigação e processos industriais;
- purificação de água residual da Denver Water para uso como bebida por meio do Projeto de Demonstração PureWater Colorado em 2018;
- a Escola Bertschi em Seattle, Washington, filtros de mícron montados na parede e desinfecção UV que trata a água reutilizada com um padrão potável. A escola também usa sua água servida para irrigar e fertilizar uma “parede verde” de plantas.

Por meio de parcerias públicas e privadas, os EUA desenvolveram um *National Water Reuse Action Plan* que se destina a estender a disponibilidade de recursos hídricos e reduzir o custo do tratamento da água em todo o país.

10 . DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

A história da distribuição de água potável é longa e de forma alguma começou nos Estados Unidos. Ele refletia a história da urbanização e provavelmente pode ser datado de, no máximo, a era romana clássica. A fundição de ferro para tubo tornou-se prática em 1455 e a primeira instalação de tubo de ferro fundido, fabricado em Siegerland, Alemanha, ocorreu no Castelo de Dillenburg. O uso de água encanada nos EUA começou em 1652. Os primeiros tubos de água nos EUA foram colocados em Boston para trazer água de nascentes para o que hoje é a área do Quincy Market. Alguns desses tubos eram de ferro

fundido e outros de madeira.

Os primeiros sistemas de distribuição de água dos EUA construídos em conjunto com o projeto e construção de estações de tratamento de água começaram em 1754. Os primeiros sistemas de distribuição de água nos Estados Unidos foram construídos na Pensilvânia. A comunidade da Morávia em Bethlehem, Pensilvânia, afirma ter o primeiro sistema de água, seguido rapidamente por sistemas em Schaefferstown e Filadélfia, Pensilvânia. Cavalos moviam as bombas do sistema da Filadélfia e os canos eram feitos de toras perfuradas. Posteriormente, foram substituídos por tubos de aduelas de madeira feitos com aros de ferro para suportar altas pressões. As primeiras bombas movidas a vapor usadas para pressurizar o sistema foram instaladas em Belém dez anos depois. Ainda em 1980, a substituição da tubulação de distribuição na Filadélfia envolvia a substituição dos tubos de madeira por ferro fundido moderno.

O compartilhamento de conhecimento e *know-how* de engenharia entre os operadores de plantas de abastecimento de água começou em 1881 com a formação da American Water Works Association com 22 membros originais.

Somente na década de 1920 a indústria dos Estados Unidos começou a revestir as adutoras com argamassa de cimento. O revestimento de argamassa de cimento de adutoras de água é usado para minimizar a corrosão e a tuberculização. Os procedimentos de limpeza e revestimento de tubos existentes foram desenvolvidos na década de 1930.

Notavelmente, em 1921, a primeira edição dos *Padrões Comerciais na Indústria de Bombas* foi publicada como um panfleto de 19 páginas. Esses padrões se tornaram a principal referência para nomenclatura, teste e classificação de bombas e constituíram os primeiros padrões do Hydraulic Institute.

Somente em 1956 as articulações *push-on* foram desenvolvidas. A junta de tubo *push-on* usa uma junta de borracha. Esse tipo de montagem ajudou a agilizar a construção da tubulação. Nas décadas de 1960 e 1970, os engenheiros das escolas de engenharia dos EUA criaram modelos digitais de rede de tubos, com o advento dos computadores digitais e o estabelecimento da programação Fortran.

Pesquisadores em universidades começam a desenvolver modelos de redes de dutos e a disponibilizá-los para engenheiros em atividade. Don Wood da University of Kentucky, Al Fowler da University of British Columbia, Roland Jeppson da Utah State University, Chuck Howard e Uri Shamir do MIT e Simsek Sarikelle da University of Akron escreveram modelos de rede de tubos.

Em 1963, o Escritório Nacional de Padrões dos EUA aceitou o CS256-63 “Padrão Comercial para Tubos de Plástico PVC (SDR-PR e Classe T)”, o primeiro padrão dos EUA para tubos de água de cloreto de polivinila.

Depois que os ataques terroristas se tornaram comuns nos EUA, os esforços federais

aumentaram drasticamente a conscientização sobre a segurança. Em 2001, os sistemas de abastecimento de água foram obrigados a avaliar a sua segurança e perceberam o valor da modelagem da qualidade da água como uma ferramenta para proteger um sistema de água. O *software* de modelagem de água e Sistemas de Informação Geográfica (GIS) tornou-se altamente integrado com o lançamento do WaterGEMS, *software* que combina a funcionalidade de ambas as ferramentas.

11 . COLETA DE ÁGUAS RESIDUAIS

A coleta e a drenagem de águas residuais também são antigas, provavelmente iniciadas pela primeira vez no projeto de rua em áreas urbanas onde os resíduos eram despejados em canais construídos nas ruas e drenados para cursos de água, novamente visíveis em projetos de ruas romanos antigos.

Antes de 1700, muitas casas eram canalizadas para os riachos mais próximos por meio de toras vazadas. Em 1647, o primeiro regulamento – estado dos EUA – de “controle de poluição da água” foi colocado em vigor na colônia britânica de Massachusetts. No início até meados de 1700, a necessidade de um sistema de coleta de esgoto foi reconhecida e instalada. Na década de 1870, os esgotos eram muito pequenos; um interceptor era necessário. O primeiro interceptor “combinado” (nos EUA) foi autorizado em 1876, drenando água da chuva e esgoto. Os materiais eram principalmente tijolos. O novo sistema de “dreno principal” – esgoto combinado – foi projetado por Joseph P. Davis e se assemelhava – até certo ponto – ao plano de interceptação de esgoto de Londres. Um projeto de esgoto utilizou madeira para o invertido, tijolo para paredes laterais verticais e ardósia para a copa.

Um dos primeiros sistemas de bombeamento de esgoto – movido a vapor – foi colocado em serviço nas “principais obras de drenagem” de Boston em 1884. Boston usou um sistema de tubos de toras de madeira de 1652 a 1786; a cidade então substituiu esses tubos por outro conjunto de tubos de toras de madeira que permaneceram em serviço até 1848. A primeira cidade nos Estados Unidos a instalar canos de esgoto de concreto – como o material principal para as paredes dos esgotos – foi Washington, DC em 1885.

A descarga de esgoto doméstico em sistemas de esgoto começou por volta de 1857 sob a autoridade do Departamento de Esgoto da Filadélfia. Assim nasceu a versão americana de “lateral da casa”, “esgoto de conexão da casa” (HCS) ou “lateral do edifício”.

Os esgotos foram projetados e usados para transportar esgotos e águas pluviais por muitas décadas. Algumas cidades, entretanto, perceberam a utilidade de sistemas separados de coleta de água pluvial e sanitária. San Diego foi uma das poucas comunidades nos Estados Unidos que instalou esgotos – um sistema de esgoto sanitário “separado”; diâmetro de 6 “por diâmetro de 30” – desde o início, enquanto um *layout* de cidade planejado era implementado. Os primeiros esgotos foram iniciados em 1885,

quando a população da cidade era de cerca de 11 mil. Após a conclusão da primeira fase de melhorias de rua/infraestrutura, a cidade tinha 38,67 milhas de ruas, 38,1 milhas de esgoto e 14,7 milhas de “galhos residenciais”.

Em Cambridge, Massachusetts, o sistema de esgoto tem apenas cerca de um décimo do tamanho da rede de São Francisco, mas os desafios e custos de substituição são aproximadamente proporcionais. A cidade começou a construir sistemas separados na década de 1930, mas a essa altura a maior parte de sua infraestrutura já estava instalada. Ele substituiu oportunisticamente pequenas porções do sistema nas décadas subsequentes, mas começou a fazê-lo de forma mais sistemática há cerca de 20 anos. Na última década, em particular, tem usado sua crescente base tributária para financiar projetos de infraestrutura em geral, e o esquema de separação de esgoto em particular. Em algum momento nos próximos dez anos, Cambridge provavelmente fará uma entrevista coletiva para anunciar que se tornou a primeira cidade americana a separar totalmente um antigo sistema combinado.

A separação de sistemas combinados é um problema urgente, principalmente devido ao custo. Rotineiramente, quando desafiados por chuvas fortes, esses sistemas sobrecarregam as instalações de tratamento de águas residuais e causam o despejo de águas não tratadas em córregos e rios. O custo de reengenharia dos sistemas de coleta é extremamente caro. Por esse motivo, alguns estados se recusaram a aceitar a responsabilidade por essa parte do programa regulatório federal. O custo de atender às necessidades combinadas de esgoto é evidentemente inacessível, a menos que seja feito ao longo de um século. Por exemplo, St. Louis Missouri teria que gastar mais de US \$ 4,5 bilhões para dividir seus sistemas de coleta. Para cumprir os mandatos federais em 5 anos, ela precisaria aumentar seu programa de melhoria de capital em 300% e aumentar sua dívida em 3.000%, um nível de dívida impossível de financiar para qualquer cidade dos Estados Unidos.

12 . PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS

Austill Stuart é o diretor de privatização e reforma do governo da Reason Foundation e editor do *Annual Privatization Report* da Reason. Ele resume a utilidade e a experiência dos EUA na formação de parcerias público-privadas para lidar com o abastecimento de água e o tratamento e distribuição de águas residuais, que é parcialmente reproduzido aqui.

Muitos governos locais veem as Parcerias Público-Privadas (PPPs) como uma forma viável de atender às necessidades urgentes de investimento em infraestrutura de água e esgoto, dadas as contínuas pressões fiscais em todos os níveis de governo. Os mercados de água nos EUA permaneceram fragmentados em comparação com outros serviços públicos; de acordo com dados combinados da American Water Works Association e da National

Association of Water Companies, mais de 55 mil sistemas municipais de água atendem a 300 milhões de clientes, dos quais cerca de um quarto são de propriedade e/ou gestão privada.

Acordos de longo prazo para gerenciar sistemas de água, incluindo acordos abrangentes de PPP, podem incluir projeto, construção e financiamento de nova infraestrutura. Essas transações geralmente fornecem uma maneira de evitar atingir os clientes com o que, de outra forma, seriam aumentos de taxas mais acentuados. Os municípios não vendem ou alugam seus sistemas, nem normalmente assinam contratos de longo prazo, sem fazer alguma avaliação de que o acordo seria melhor do que fornecer esses serviços e cumprir essas funções internamente. Em junho de 2017, o Financiamento de Obras Públicas relatou que os governos locais de todo o condado estavam obtendo economia de custos ao firmar contratos de longo prazo e PPPs para sistemas de água e esgoto, incluindo grandes municípios como Atlanta, Honolulu, Phoenix, Seattle e Tampa Bay, como bem como pequenos municípios como Bessemer (Alabama), Franklin (Ohio), Lynn (Massachusetts) e Naugatuck (Connecticut).

“Nosso objetivo número um ao longo deste processo era encontrar um parceiro que pudesse nos ajudar a estabilizar as taxas de nossos contribuintes”, disse Bob Willert, diretor executivo da Autoridade Regional de Água do Condado de Delaware (Delcora), após tomar a decisão de vender seu sistema de águas residuais para uma empresa privada. “Em parceria com a Aqua Pennsylvania, a DELCORA conseguiu desenvolver um plano de estabilização de taxas com um operador experiente com conhecimento da comunidade local, ao mesmo tempo que preservou todos os empregos da DELCORA.”.

E esse é um ponto importante: se o sistema fosse reparado ou atualizado, aumentos nas taxas eram inevitáveis. E os aumentos das taxas teriam sido maiores na ausência de investimentos do setor privado. Jim Zucal, diretor de serviços da cidade de St. Clairsville, Ohio, diz que a cidade está considerando privatizar o sistema, “Eu quero que eles tenham água potável limpa e segura a um preço justo e a Aqua está nos mostrando que eles podem fazer isso de uma forma limpa, maneira segura com um aumento mínimo e limitado.”.

Para muitos governos, uma PPP ou privatização pode ser a melhor maneira de fazer as melhorias necessárias na infraestrutura, mantendo as taxas sob controle. Considere, por exemplo, que o cano mediano da canalização principal de água no distrito de Columbia tem mais de 80 anos e a substituição de seu sistema, no ritmo atual, levaria um século. No entanto, as taxas ainda estão subindo, de uma média de \$ 80,62 em 2015 para uma estimativa de \$ 114,48 no próximo ano – um aumento de 30% em cinco anos.

Os municípios estão enfrentando US \$ 1,7 trilhão em necessidades de infraestrutura de água. É improvável que os governos locais consigam obter esse financiamento sem aumentar maciçamente as taxas ou impostos sobre os cidadãos. Assim, a experiência do setor privado será necessária para desempenhar um papel fundamental na substituição e expansão da infraestrutura hídrica da América, mantendo as taxas acessíveis para os clientes.

Stuart e Desimone fornece um resumo das renovações de contratos público-privados de 2007 a 2016:

Tabela 1: Contratos público-privados de 2007 a 2016.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total (2007-2016)
Número de contratos contestados	788	117	127	151	147	103	86	98	79	105	18101
Renovados	741	105	96	111	83	85	72	86	61	91	1531
% Renovados	94.04%	89.74%	75.59%	73.51%	56.46%	82.52%	83.72%	87.76%	77.22%	860.67%	85.01%
Não renovados, mantidos privados	22	6	12	5	12	7	2	6	10	7	89
Total remanescentes privados	763	111	108	116	95	92	74	92	71	98	1620
% total remanescentes privados	96.8%	94.9%	85.0%	76.8%	64.6%	89.3%	86.0%	93.9%	89.9%	93.3%	90.0%
Total mantidos públicos	15	6	10	12	27	6	4	6	7	4	97
% total mantidos públicos	1.90%	5.13%	7.87%	7.95%	18.37%	5.83%	4.65%	6.12%	8.96%	3.81%	5.39%
Outros	1.27%	0.00	7.09%	15.23%	17.01%	4.85%	9.30%	-	1.27%	2.86%	4.66%

Fonte: adaptada de Stuart e Desimone (2017).

A Usepa estabeleceu um Centro de Financiamento da Água que fornece informações às comunidades interessadas em estabelecer PPP para financiamento inovador. O Water Finance Center colaborou com o Centro de Finanças Ambientais (EFC) da Universidade da Carolina do Norte (UNC) para desenvolver um relatório de PPP e Público-Públicas (P3s). O relatório da UNC fornece uma análise aprofundada de nove projetos nos quais as comunidades usaram P3s no setor de água, o UNC EFC Alternative Water Project Delivery Models Report. Esse Centro também desenvolveu um documento de perspectiva complementar para ampliar a compreensão deste método de aquisição alternativo, Perspective: "The Financial Impact of Alternative Water Project Delivery Models" in the Water Sector.

13 . PEQUENOS SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTO A PREÇOS ACESSÍVEIS

O maior desafio para garantir o abastecimento de água potável e o descarte de

água residuais em pequenas comunidades não é a tecnologia, é o custo. O Congresso dos Estados Unidos reconheceu isso em 1974, e as soluções para abordar esse problema não têm sido universalmente bem-sucedidas. A natureza dos problemas reside em todo o mundo, onde famílias em pequenas comunidades não têm recursos para雇用 operadores de estação de tratamento em tempo integral ou mesmo o custo de construção e manutenção de instalações de tratamento. A experiência dos Estados Unidos demonstra esse problema.

Os 21.585 sistemas de abastecimento de água que atendem a menos de 100 pessoas são predominantemente parques de *trailers* e pequenas áreas residenciais semelhantes que fornecem água aos residentes. Eles não se veem como “fornecedores de água”, quase nunca faturam pela água e, portanto, nunca precisam buscar aprovação para tarifas de água de qualquer órgão governamental.

Embora a Usepa ignorasse relativamente a situação econômica de sistemas de água muito pequenos quando tratou pela primeira vez da questão da acessibilidade, isso não é verdade hoje. Aproximadamente 5,2 milhões de pessoas vivem em 59.200 comunidades muito pequenas, das quais cerca de 50 mil foram identificadas como sistemas de água muito pequenos. A renda familiar média antes dos impostos de 2018 nessas comunidades muito pequenas é de \$ 31.500 e o patrimônio líquido médio dessas famílias é de \$ 15.300. Após os impostos, essa renda média cai para \$ 30.835. Seus ativos são predominantemente automóveis e residências. Eles atendem à descrição de comunidades não minoritárias (76,5% brancos, 13,2% negros). Eles gastam cerca de metade da média nacional em necessidades básicas, como moradia, alimentação, roupas, transporte, saúde, educação e pensões/contribuições para a segurança social.

As famílias nessas comunidades estão à beira da pobreza constante, e uma grande porcentagem delas está bem nessa situação. O limite de pobreza é uma quantia em dólares especificada, considerada o nível mínimo de recursos necessários para atender às necessidades básicas de uma unidade familiar, e era igual a \$ 24.858 em 2017. A renda familiar média após os impostos nessas comunidades muito pequenas é quase igual a seus gastos, e apenas cerca de US \$ 6 mil acima do limite de pobreza, embora algumas famílias também recebam benefícios não monetários, como Medicaid, vale-refeição e Programa Nacional de Merenda Escolar. Em todo o país, em 2016, cerca de 22% da renda das famílias ficaram abaixo desse limiar de pobreza.

Existem poucas análises de renda em comunidades muito pequenas, ou seja, aquelas com menos de 500 ou menos de 100 residentes. O Censo dos EUA oferece informações sobre pequenos distritos escolares que ajudam a explicar a economia dessas comunidades. Na Virgínia, dos 137 distritos escolares, 22 atendem comunidades com menos de 5 mil famílias. A taxa média de pobreza domiciliar nessas comunidades é de 21,5%, 22% mais alta do que a média estadual. Quase um quarto dessas pequenas

comunidades têm taxas de pobreza familiar superiores a 30%.

À luz dessas restrições severas, a Usepa, a Associação de Qualidade da Água e a Associação de Administradores de Água Potável do Estado se engajaram em um projeto de demonstração, fornecendo dez pequenas plantas de pacotes de sistemas de água operadas por ciclistas que de outra forma mantinham sistemas de água industriais, comerciais e residenciais.

A tecnologia de embalagem oferece uma alternativa aos sistemas de tratamento convencionais no solo. Os processos de embalagem não são totalmente diferentes de outros processos de tratamento, embora vários modelos de planta de embalagem possam conter elementos de tratamento inovadores, quando úteis. A principal distinção técnica, entretanto, entre plantas embaladas e plantas projetadas sob medida é que as plantas embaladas são unidades de tratamento montadas em uma fábrica, montadas em *skid* e transportadas para o local. A diferença mais significativa, porém, é o custo. O uso de um pacote de planta e piloto de circuito – normalmente operado por gerenciamento remoto telemetrado – é totalmente um centésimo do custo de projetar e construir uma instalação no solo e operá-la usando um operador em tempo integral.

Várias grandes corporações, operando através de franquias de propriedade local, fornecem água e tratamento de águas residuais de baixo custo para instalações industriais. A qualidade da água acabada e as quantidades produzidas são semelhantes em tamanho às de pequenas comunidades. A Usepa operou o National Small Flows Clearinghouse (NSFC) para ajudar as pequenas comunidades e indivíduos da América a resolver seus problemas de águas residuais por meio de informações objetivas sobre os sistemas locais e descentralizados de coleta e tratamento de águas residuais. Os produtos e informações da NSFC eram o único recurso nacional desse tipo, lidando com pequenas infraestruturas de águas residuais comunitárias. O National Drinking Water Clearinghouse (NDWC) era uma organização de serviço público dedicada a ajudar pequenas comunidades coletando, desenvolvendo e fornecendo informações oportunas relevantes para questões de água potável. NDWC forneceu publicações, produtos, bancos de dados, referências e muito mais gratuitos e de baixo custo.

O NDWC foi patrocinado pelo Rural Utilities Service, uma divisão do Programa de Desenvolvimento Rural do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. O programa serviu como uma extensão de seu compromisso de fornecer assistência técnica às pequenas estações rurais de tratamento de água potável da América.

A Usepa falhou em continuar seus esforços para fornecer apoio aos estados e localidades com relação ao uso de tecnologia de pequenos fluxos. O Centro Nacional de Serviços Ambientais da West Virginia University tornou-se o repositório do trabalho realizado pelos programas de assistência a pequenos fluxos de água e esgoto. As pequenas comunidades podem, no entanto, continuar a trabalhar com empresas de plantas

de embalagem comercial e suas agências reguladoras estaduais para empregar soluções de água e esgoto acessíveis.

A disponibilidade de tecnologia de pacote, em conjunto com a operação remota da planta – até mesmo a operação internacional por telemetria –, pode fornecer soluções acessíveis para pequenas comunidades rurais e suburbanas.

14 . CONCLUSÕES

Os Estados Unidos, como todas as nações, enfrentaram desafios únicos, alguns culturais, alguns econômicos, alguns políticos. O que os EUA têm a oferecer a seus amigos internacionais são tecnologias bem projetadas e oportunidades para educação de pós-graduação em engenharia de saúde pública em suas principais escolas universitárias de saúde pública. O sistema regulatório dos EUA não é fácil ou necessariamente exportável para outras nações. As responsabilidades do governo cívico e local controlarão a aplicação de tecnologias de água e esgoto. A experiência dos EUA pode fornecer uma visão sobre a melhor forma de adaptar a tecnologia às condições terrestres, hidrológicas, de infraestrutura e políticas locais.

REFERÊNCIAS

- AVLON. Water TREATMENT Suppliers in the Philippines and their water screening equipment. **Avlon**, [s. l.], 2020.
- DIETER, C. *et al.* Estimated use of water in the United States in 2015. **U.S. Geological Survey Circular 1441**, United States, 2018.
- PECKER, H. Waste water treatment – ultimate guide. **ConstructionHow**, [s. l.], 2020.
- SCHNARE, D. W. Safe drinking water act affordability' principles – the historical context, economic validity and legal viability of proposed alternatives. **Southern Economics Association**, [s. l.], 2019.
- STUART, A.; DESIMONE, N. Annual privatization report 2017 local government privatization. **Reason Foundation**, [s. l.], 2017.
- U.S. EPA. National water reuse action plan. **U.S. EPA**, United States, 2020.
- U.S. EPA. Perspective: the financial impact of alternative water project delivery models in the water sector. **U.S. EPA**, United States, 2017.
- UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA. The financial impacts of alternative water project delivery models: a closer look at nine communities. **University of North Carolina**, Chapel Hill, 2017.
- UPPER OCCOQUAN SERVICE AUTHORITY. [s. l.], 2021.

O MARCO REGULATÓRIO E SISTEMA DE GESTÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANA E ÁGUAS RESIDUAIS NA ITÁLIA

Alessandro de Carli

Sara Zanini

1 . ABASTECIMENTO DE ÁGUA URBANO E ÁGUAS RESIDUAIS NA ITÁLIA

Na Itália, o Serviço Integrado de Água – Servizio Idrico Integrato (SII) – cobre a coleta, transporte e distribuição de água para uso urbano, bem como esgoto e tratamento de águas residuais. O SII atende usuários domésticos, comerciais, industriais e da administração pública. O uso doméstico, que representa de 80 a 85% do total, é coberto pelo serviço em quase 100%, com as exceções residuais sendo pequenas áreas rurais isoladas e habitações que dependem dos sistemas tradicionais locais¹ (SIEG) (MASSARUTTO, 2021).

1.1 Desafios de regulação e gestão

A regulação e gestão do serviço público de água italiano enfrentaram e ainda enfrentam muitos desafios sensíveis, levantados pela complexidade e singularidade dos serviços de água e dos próprios recursos hídricos. Como Fracchia e Pantalone destacaram em sua publicação de 2018, os obstáculos foram enfrentados e, em parte, foram superados pelo

sistema italiano ao longo de um período muito longo até os avanços mais recentes.

Um dos problemas é que a prestação do serviço requer uma infraestrutura cara e única que qualifica o fornecimento de água como um monopólio natural (FRACCHIA; PANTALONE, 2018). Sua gestão, entretanto, é desenvolvida localmente. A parte 2 deste capítulo explica a evolução de uma das principais questões do desenvolvimento do serviço público italiano de água, a necessidade de se mudar de um sistema descentralizado e administrado por municípios para uma estrutura de área territorial menos fragmentada, cuja gestão pode ser atribuída a operadores públicos, bem como privados.

Além disso, a implantação de uma infraestrutura eficiente necessita de investimentos contínuos e de grande capital inicial, que não é facilmente disponível por meio de financiamento bancário tradicional e poderia ser inviável com financiamento público (FRACCHIA; PANTALONE, 2018).

O projeto de tarifas de água – percebido como a solução dentro de uma nova estrutura de desenvolvimento de uma indústria de água financeiramente autossuficiente (MASSARUTTO, 2021) – por muito tempo não foi apoiado por uma política de preços válida (BOSCOLO, 2021). A criação de um

1 A Comissão Europeia afirma no seu Quadro de Qualidade (COM-2011, 900 final de 20 de dezembro de 2011) que os SIEG são atividades económicas que não seriam fornecidas pelo mercado sem intervenção pública (ou seriam fornecidas em condições diferentes em termos de qualidade objetiva, segurança, acessibilidade, igualdade de tratamento e acesso universal).

sistema competitivo tornou-se praticamente impossível também pela falta de um regulador verdadeiramente independente (NAPOLITANO, 2017) – uma entidade capaz de coletar informações mantendo uma posição neutra (BOSCOLO, 2021). Um destaque nesta faceta é dado na parte 3 do capítulo.

Outras questões muito importantes, realçadas na parte 4, são as boas características ambientais da água. Na verdade, embora a água seja um bem não excludente, ela é rival no consumo. As implicações ambientais da variabilidade e escassez de água, agravadas pelas mudanças climáticas, exigem que sua alocação seja devidamente regulamentada, levando em consideração a proteção dos ecossistemas hídricos, bem como um uso sustentável para as gerações presentes e futuras (BOSCOLO, 2012).

Este capítulo, portanto, visa dar base aos avanços alcançados por cada fase do regime hídrico italiano, dando uma olhada na gestão, regulamentação e os valores econômicos associados aos recursos e serviços hídricos.

2 . A EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DO SERVIÇO DE ÁGUA URBANA NA ITÁLIA

O sistema regulatório do Serviço de Águas italiano mudou muito ao longo dos anos, devido à necessidade de se adaptar tanto ao desenvolvimento tecnológico quanto ao desenvolvimento da rede de água que cresceu no século passado até a atual extensão, e finalmente à crescente consciência ambiental.

2.1 Uma primeira fase fragmentada da gestão da água: de 1933 a 1994

O Marco Regulatório e, consequentemente, o Sistema de Gestão do Abastecimento de Água Urbana e Esgoto na Itália tem se caracterizado por um vasto programa de modernização. No último século, passou por diferentes fases de reforma que afetaram o abastecimento público de água e saneamento – outra forma de se referir ao SII – revolucionando todo o sistema (BOSCOLO, 2021; MASSARUTTO, 2021; MASSARUTTO; ERMANO, 2013).

Durante a sua primeira fase legislativa, a água foi percebida como um recurso sem necessidade de ser reconhecido nos termos legais; o modelo de governança, portanto, estava atendendo à demanda e facilitando a exploração ilimitada das águas (BOSCOLO, 2012). O único interesse pela água era o seu potencial de navegação e a necessidade de proteger a população em caso de instabilidade hidrogeológica. Naquela época, eram os municípios os responsáveis pela disseminação da rede, que foi construída com recursos próprios (MASSARUTTO, 2011).

Em 1933², houve uma revisão orgânica de todas as intervenções legislativas

2 Testo Unico delle leggi sulle acque ed impianti elettrici, Decreto Real de 11 de dezembro de 1933, n° 1775.

anteriores, associando aos recursos o potencial de satisfação de um interesse percebido como interesse público geral³; a água ainda era reconhecida como um meio para o alcance de resultados econômicos e relacionados à produção (como irrigação ou energia hidrelétrica) (PASTORI, 1996).

O período descrito pode ser identificado com a primeira fase antiga da governança da água, definível como um regime simples (GORIA; LUGARESI, 2004). Um grau crescente de complexidade foi estabelecido na Itália a partir da década de 1970. Os principais elementos que caracterizaram essa segunda fase foram a elaboração de uma política nacional centralizada da água acompanhada de um maior grau de descentralização o que levou alguns autores a identificarem essa segunda fase como um modelo dualista (MASSARUTTO, 1993; MASSARUTTO, 2011).

O governo central era responsável pela infraestrutura, planejamento geral e funções de controle, enquanto a responsabilidade pela gestão dos serviços de água era atribuída a municípios com 13.503 sistemas locais administrados por 5.513 empresas gestoras (DOMORENOK, 2017) por meio de gestão direta (*gestioni dirette in economia*) ou, em alternativa, principalmente no norte do país, na forma de empresas públicas designadas por meio de cessões internas (*azienda municipalizzata*) (MASSARUTTO, 2011).

Uma primeira melhoria significativa nas políticas e governança da água italiana ocorreu entre o final da década de 1980 e os primeiros anos da década de 1990. A crescente atenção do público às questões ambientais no setor hídrico (BALZAROLO et al., 2011) motivou a introdução oficial, em 1989⁴, de conceitos inovadores relacionados à proteção e à salvaguarda dos ecossistemas fluviais. Bacias hidrográficas em escala nacional, regional e inter-regional foram criadas e agências especializadas foram estabelecidas (as Autoridades da Bacia); às quais foram atribuídas a tarefa de elaborar e implementar estratégias eficazes para garantir a renovação da bacia hidrográfica, protegendo o solo e a água doce e promovendo investimentos substanciais no setor de água (DOMORENOK, 2017).

Embora tenha ocorrido uma mudança da cultura de mera proteção para a cultura de melhoria ambiental (BALZAROLO et al., 2011), no início da década de 1990, a Indústria Italiana de Águas e Esgotos, sob muitos pontos de vista, apresentava resultados insatisfatórios.

O esforço de integração foi conflituoso na medida em que refletia, por um lado, as tensões entre o empoderamento das Regiões e, por outro, a oposição dos municípios locais à crescente responsabilidade central pelas infraestruturas. A gestão da água ainda era principalmente realizada diretamente pelas autoridades municipais ou por meio de

3 Artigo 3º do Decreto Real de 11 de dezembro de 1933, nº 1775.

4 Em 1989, uma lei revolucionária sobre proteção do solo foi adotada: *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*. Lei de 18 de maio de 1989, nº. 183.

licenças a empresas públicas e, apesar dos esforços para reduzir a fragmentação (GORIA; LUGARESI, 2004), no início dos anos 1990 ainda havia mais de 13 mil diferentes entidades envolvidas na gestão (MASSARUTTO, 2011).

Além disso, a limitação da rede existente começou a vir à tona por volta da década de 1980 (MASSARUTTO, 2011). A infraestrutura descuidada, no início dos anos 1990, carecia de consideráveis investimentos que, por não poderem ser financiados apenas pela tributação geral, eram financiados por doações públicas não reembolsáveis (MASSARUTTO, 2011). Com efeito, as tarifas aplicadas – que mais tarde serão reconhecidas como uma solução – nem sequer eram adequadas para cobrir apenas os custos operacionais de funcionamento. As perdas decorrentes foram arcadas pelo contribuinte, na forma de serviços de má qualidade (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021).

2.2 Segunda fase: visão industrial dos serviços urbanos de água em maior escala territorial

A primeira tentativa bem-sucedida de solucionar as deficiências mencionadas foi feita pela Lei nº 36 de 1994⁵ – chamada de “Lei Galli”, nome do parlamentar italiano que foi seu principal proponente – que redefiniu a estrutura organizacional e regulatória do serviço de água na perspectiva da gestão industrial (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021) ao estabelecer regras e princípios que perduraram no Código Ambiental Italiano (FRACCIA; PANTALONE, 2018).

Em primeiro lugar, essa reforma marcou o fim de um regime hídrico desatualizado, para acolher um novo com foco na alocação sustentável da água (BOSCOLO, 2012); essa mudança foi permitida pelo reconhecimento de que todas as águas superficiais e subterrâneas eram públicas e precisavam ser protegidas e utilizadas com a abordagem da solidariedade⁶ (FRACCIA; PANTALONE, 2018). Todo uso de água carecia de autorização prévia e era regulamentado por meio do instituto de concessões. Na concessão, os usuários obtinham o direito de captar água, utilizá-la e devolvê-la ao meio ambiente, obedecendo às prescrições previstas no documento de concessão e ao pagamento de uma taxa (*canone demaniale*). Até 1994, esse regime caracterizava apenas as águas superficiais, enquanto o uso das águas subterrâneas era livre e não regulamentado. A Lei Galli estendeu o domínio público também às águas subterrâneas (BOSCOLO, 2021).

Não menos importante, uma reforma abrangente da gestão dos serviços de água começou. Os objetivos da lei eram múltiplos: superar o monopólio da oferta interna de serviços, permitindo a entrada de empresas independentes no mercado (deixando a propriedade da infraestrutura para os municípios); aplicar tarifas capazes de cobrir os custos totais (DANESI; PASSARELLI; PERUZZI, 2007); ganhar eficiência de gestão por meio da introdução da visão industrial (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021); explorar ao

⁵ *Disposizioni in materia di risorse idriche*, Lei de 5 de janeiro de 1994, nº 36.

⁶ Art. 1, Lei de 5 de janeiro de 1994, nº 3.

mesmo tempo as economias de escopo e de escala (VAGLIETTI et al., 2021). O ciclo da água foi integrado verticalmente com a criação de uma entidade única como operadora dos serviços públicos de captação, captação e abastecimento de água para uso civil, bem como saneamento e tratamento de águas residuais através da criação do⁷ SII; e horizontalmente, pela gestão única do serviço nas áreas supramunicipais (FRACCIA; PANTALONE, 2018).

As Autarquias Regionais e Locais foram delegadas na identificação de Áreas Territoriais Ótimas – *Ambiti Territoriali Ottimali* (ATO) e foram convidadas a constituir as respectivas Entidades Governamentais Locais⁸ – *Ente di Governo d'Ambito* (EGA), com a responsabilidade do planeamento e controlo do local serviços de água. As EGAs são entidades participadas por todos os municípios da ATO, aos quais são delegadas todas as tarefas relacionadas com a gestão dos recursos hídricos. Entre as suas atribuições está a elaboração do Plano Regulamentar, a escolha da forma de gestão do SII e a consequente atribuição de um prestador de serviço às áreas, que podem ser também públicas ou privadas (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021), mas, segundo ao princípio da exclusividade de gestão, pode ser apenas um fornecedor (FRACCIA; PANTALONE, 2018).

Além disso, foi estabelecida uma tarifa única para o serviço integrado, calculada de forma – usando o chamado método normalizado – para garantir que os custos de investimento e operacionais do provedor, incluindo a remuneração do capital investido, fossem cobertos (PARISIO, 2013), reconhecendo, com antecedência, um Princípio de Recuperação de Custos⁹ (DOMORENOK, 2017).

Mais de dez anos após sua aprovação, esse projeto original de política de recursos hídricos não foi amplamente implementado na prática. As razões para o fracasso da implementação da reforma podem ser encontradas em vários aspectos, como a fragilidade da cultura industrial do setor, a incerteza de planos financeiros estáveis, o atraso na criação dos ATO (BOSCOLO, 2012).

Berardi, Casarico e Traini (2021) reportam os dados do reconhecimento do SII efetuado semestralmente pela Autoridade Reguladora Nacional:

- o número de ATO caiu da previsão inicial de 91 para 68 em junho de 2016, para 62 em junho de 2018, uma diminuição devida à decisão de várias regiões de aumentar os limites das ATO de um nível provincial para um regional, e através

7 Artigo 4, Lei de 5 de janeiro de 1994, nº 36.

8 Inicialmente denominadas Autoridades de Áreas Territoriais Ótimas (AATO - *Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale*), foram posteriormente substituídas por Entidades Governamentais Locais (EGA) pelo Decreto-Lei, de 12 de setembro de 2014, nº 133. *Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive.*

9 Sob o artigo 9º da Diretiva-Quadro Água, o princípio de recuperação dos custos dos serviços de água exige que se leve em consideração as previsões de longo prazo de oferta e demanda de água na região da bacia hidrográfica e, quando necessário, estimativas do volume, preços e custos associados com serviços hídricos, para além das estimativas dos investimentos relevantes, incluindo previsões desses investimentos (Anexo III da Directiva 2000/60/ CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água).

da eliminação de ATO menores que o nível provincial;

- dezoito meses após o início da reorganização da governança proposta em 2014, 20 EGAs não estavam operacionais e, em 2018, esse número reduziu para dez EGAs; em 26 casos, a adesão das autoridades locais às EGAs ainda não está totalmente concluída;
- em violação do regulamento, a atribuição a um único operador não foi realizada em 13 ATOs (ARERA, 2016).

A fragmentação da gestão, apesar de ser reduzida significativamente, continua elevada.

2.3 Introdução dos objetivos da diretiva-quadro da água da eu

Desde a década de 1990, tem havido fortes motivações da União Europeia para intervir e estabelecer metas ambientais para a água para os Estados-Membros. A cimeira desse período coincidiu com a publicação da Diretiva UE 2000/60/CE, Diretiva Quadro da Água (DQA)¹⁰ que, apesar dos seus muitos problemas e atrasos na implementação, abordou, pela primeira vez, todos os desafios enfrentados pelos recursos hídricos europeus e definiu metas ambiciosas para prevenir a degeneração qualitativa e quantitativa da qualidade da água, garantindo o uso sustentável dos recursos disponíveis em longo prazo.

A DQA fundamentou um processo que já estava em andamento na Itália. A diretiva lançou luz sobre um interesse público superior e rival aos usos humanos públicos da água, impondo ao serviço de água a responsabilidade de evitar impactos prejudiciais aos recursos naturais e salvaguardar o bom estado ecológico das águas superficiais e subterrâneas (MASSARUTTO, 2011). Na verdade, introduziu uma meta para toda a UE de tarifação de custo social total para o uso da água e a incorporação de estimativas de custos e benefícios econômicos nos planos de gestão de bacia hidrográfica (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

A DQA deixa muitas margens para interpretação e flexibilidade na forma como seus objetivos são entregues (LIEFFERINK; WIERING; LEROY, 2011). Por esse motivo, a Estratégia de Implementação Comum (CIS) da DQA – composta por documentos de orientação e relatórios técnicos produzidos para ajudar as partes interessadas – foi iniciada para garantir um entendimento comum da diretiva e dos seus requisitos e propor soluções com base na experiência e conhecimentos partilhados entre os Estados-Membros.

Os esforços do Estados-Membros enfrentam calendários desafiadores e prazos rígidos: os objetivos ambientais deviam ser cumpridos até 2015, desde que não fosse invocada qualquer extensão de prazo ou exceção. No entanto, nem todos os Estados-

¹⁰ Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

Membros conseguiram atingir os objetivos da diretiva no prazo previsto (VOULVOULIS; ARPON; GIAKOUMIS, 2017).

A Itália acabou adotando a DQA em 2006¹¹, por meio da publicação do Código Ambiental. A implementação da DQA possibilitou o estabelecimento definitivo dos distritos de bacia hidrográfica e atribuiu à Autoridade Distrital do Rio (RDA) a competência de desenvolvimento do Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica (BALZAROLO et al., 2011). Oito distritos territoriais foram formados¹² pela agregação de territórios anteriormente pertencentes a autoridades existentes (BALZAROLO et al., 2011).

No esforço de incorporar a dimensão ambiental ao procedimento de concessão, surgiu uma exigente obrigação de verificar a compatibilidade das retiradas com um indicador recém-desenvolvido¹³. (BOSCOLO, 2021)

O processo também dizia respeito à estrutura de taxas, que passa a ser obrigada a incorporar um componente que visa compensar os usos e funções ambientais da água que não são mais possíveis devido à redução das quantidades disponíveis e às externalidades produzidas pelas retiradas. Essa revisão do sistema de determinação de taxas – que será discutida posteriormente – responde à necessidade premente de um maior reconhecimento do valor total dos bens públicos (BOSCOLO 2021).

2.4 Dos anos 2000: um período debatido de liberalização

A crescente complexidade técnica da gestão do SII – bem evidenciada em seu estado atual pela Figura 1, desenvolvida por Massarutto (2021) – e as restrições orçamentárias enfrentadas pelo setor público têm estimulado a evolução para uma filosofia de negócios (MASSARUTTO; ERMANO, 2013).

Como para todos os serviços públicos, a organização do SII deve obedecer a regras gerais de enquadramento (BOSCOLO, 2021). O serviço de abastecimento de água é, como já foi referido, um serviço público local de importância económica, enquadrando-se, portanto, na definição de Serviço de Interesse Económico Geral (SIEG)¹⁴ (PARISIO, 2021).

11 A adopção foi finalizada a 3 de abril de 2006, com o Decreto-Lei, de 3 de abril de 2006, nº 152, *Norme in materia ambientale* (Código Ambiental) - e alterações posteriores.

12 Segundo o artigo 64 do Código Ambiental.

13 O balanço da bacia hidrográfica definido no artigo 145 do Código Ambiental.

14 De acordo com o artigo 106 do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE). Versão consolidada do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (C2012/326/01).

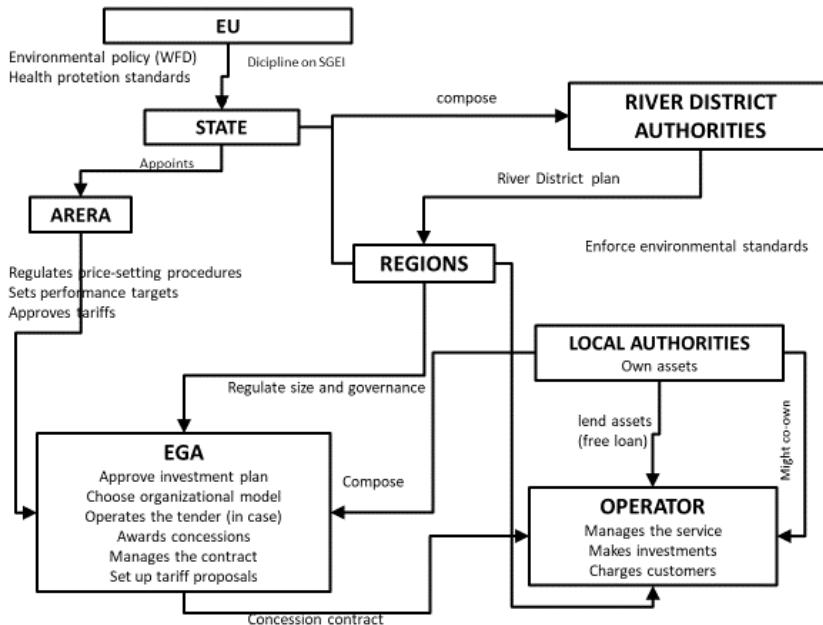


Figura 1: Estrutura do sistema de governança e regulação do abastecimento público de água.

Fonte: Massarutto (2021).

Mesmo que os serviços de água possam ser usufruídos individualmente, eles são oferecidos a uma massa indiferenciada de usuários, em conformidade com os princípios da UE de igualdade, transparência, continuidade, qualidade, segurança, não discriminação e proporcionalidade e não seriam garantidos sem as obrigações estabelecidas pela autoridade pública (PARISIO, 2021).

Além disso, devem ser fornecidos no respeito de outro princípio da UE, a concorrência; é provável que os SIEGs sejam fornecidos em um mercado, por meio de uma atividade econômica, por uma empresa pública ou privada em troca de um pagamento (PARISIO, 2021).

Entre 2008 e 2010, uma série de reformas afetou o setor de serviços de água, especialmente as regras de atribuição do SII.

Todos os processos que não seguiram uma licitação foram obrigados a ser encerrados em 2011 ou 2012.¹⁵ Eram cerca de três quartos do total. Posteriormente,¹⁶ as parcerias público-privadas foram admitidas no cabaz de possíveis gestores do SII, criando ao mesmo tempo confusão e uma margem de manobra para contornar o processo de licitação obrigatória (MASSARUTTO, 2011).

15 *Proroga di termini previsti da disposizioni legislative*, Decreto-Lei, de 30 de junho de 2008, nº113

16 Esta lei foi revista pelo Decreto-Lei, de 25 de setembro de 2009, nº 135 *Disposizioni urgi per l'attuazione di obblighi comunitari e per l'esecuzione di sentenze della Corte di giustizia delle Comunità europee*.

A diferença substancial introduzida não diz respeito à estrutura acionária dos gestores do SII, mas sim, o objeto de discussão tem sido o procedimento para a sua atribuição. Anteriormente, os municípios eram obrigados a abrir um processo de licitação apenas para o caso de a gestão do serviço ser deixada para terceiros enquanto a gestão pública pudesse ser atribuída através de procedimento interno, em consonância com o quadro da UE. Na verdade, a UE não estava proibindo a gestão pública; estava apenas impedindo, desde 1999, que as empresas públicas explorassem a posição de monopólio favorável conquistada, ao competir com as privadas (MASSARUTTO, 2011).

Apesar disso¹⁷, em 2010, com o objetivo de promover uma melhor concorrência nos serviços públicos locais, a regra geral segundo a qual a gestão do serviço público local de importância económica poderia ser efetuada por empresa selecionada por concurso público ou parceria público-privada empresa foi reforçada (FRACCHIA; PANTALONE, 2018).

A legislação italiana considerou que a manutenção da gestão do serviço sob controlo público só seria possível em casos excepcionais – existência de condições socioeconómicas particulares na área territorial que impossibilitassem o recurso ao mercado. Tal decisão levou a uma inviabilidade prática do modelo de fornecimento interno (FRACCHIA; PANTALONE, 2018; PARISIO, 2013).

Esse cenário fez com que a promoção, no ano seguinte, de uma consulta popular se desassociasse ou mesmo abandonasse o modelo de mercado recentemente estabelecido (FRACCHIA; PANTALONE, 2018). Especificamente, o objetivo dos promotores do referendo era evitar uma definida “privatização substancial da água por meio da privatização da gestão do serviço” de modo a garantir uma governança exclusivamente pública de um bem comum fundamental (FRACCHIA; PANTALONE, 2018). O referendo de 2011 sobre os serviços públicos locais demonstrou como o tema da água pode ser politizado e usado para retórica fácil (BOSCOLO, 2021). Grande parte do debate sobre a privatização derivou, segundo Massarutto (2011), de três preconceitos: em primeiro lugar, a abertura aos operadores privados não envolve o recurso hídrico em si, mas apenas o serviço que permite aos usuários se beneficiar do “ouro azul”, ou seja, o direito de propriedade sobre o último não seria prejudicado; em segundo lugar, delegar as operações do serviço de água a atores privados não os deixaria livres para abusar de uma posição de monopólio, uma vez que estão sujeitos ao regulamento central, como qualquer outro tipo de operadora; em terceiro lugar, a participação privada foi associada ao aumento da tarifa, mas a principal razão para o seu aumento não é o lucro privado, mas sim o Princípio de Recuperação de Custos permitido pela regulamentação tarifária atualizada.

No entanto, como resultado de uma série de intervenções legislativas subsequentes, o modelo interno de prestação de serviço público local de importância econômica

¹⁷ Sentença do Tribunal Constitucional, de 17 de novembro de 2010, n° 325, *Legittimità costituzionale della disciplina dei servizi pubblici locali*.

foi restaurado e poderia ser tratado da mesma forma que outras formas de gestão, particularmente no setor de serviços de água¹⁸ (FRACCHIA; PANTALONE, 2018).

Os modelos de gestão pública e privada apresentam prós e contras; por exemplo, por um lado, os entes públicos são adversos ao aumento das tarifas; por outro, os investidores privados relutam em participar do serviço de água se nenhuma remuneração de capital for concedida (MORZENTI PELLEGRINI; MONZANI, 2015).

Mais do que ser importante que a gestão do serviço de água seja de caráter privado ou não (FRACCHIA; PANTALONE, 2018), o que é fundamental é a possibilidade de permitir à EGA escolher a melhor forma de gestão do abastecimento do serviço de água, priorizando as necessidades de sua população e as reais características socioeconômicas do território (MASSARUTTO; ERMANO, 2013).

Muitos sugeriram que a competição poderia conduzir o sistema a uma maior eficiência na gestão de operações. No entanto, devido à existência de apenas uma rede, o modelo não pode ser aplicado sob a forma de concorrência no mercado; o que é permitido é a competição pelo mercado, através de processo licitatório, sempre acompanhada da garantia da concessionária de que “colocará o serviço à disposição dos usuários através da rede, que permanece pública e é neutra de acordo com as facilidades essenciais doutrina” (BOSCOLO, 2021).

Tabela 1: Atribuição de SII a prestadores de serviço.

	Municípios	População correspondente
Gestão pública por meio de atribuição interna	43,4%	40,3%
Gestão direta pelos municípios	25%	11%
Parceria público-privada	8,3%	
Cessão a terceiros por meio de concurso público	3,2%	12,3%

Fonte: adaptada de Fracchia e Pantalone (2018) e Garotta e demais autores (2017).

A gestão do serviço de água está, em grande parte, ainda sob controle público (FRACCHIA; PANTALONE, 2018) conforme mostra a Tabela 1.

A organização italiana e a regulamentação de seu serviço de água potável são muito complexas e instáveis, e tem havido relutância em promover um maior acesso de empreendedores privados à gestão do serviço (FRACCHIA; PANTALONE, 2018). No final, uma coisa é certa: independentemente do modelo, a distribuição eficiente do recurso limitado é o que é essencial (FRACCHIA; PANTALONE, 2018; PARISIO, 2021).

18 Conforme especificado pelo novo artigo 149-bis do Código Ambiental.

3 . O SISTEMA TARIFÁRIO: REGULAÇÃO ECONÔMICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA

Tendo ficado seriamente atrás da agenda traçada pela Lei Galli, a reforma acima ilustrada acaba se desenvolvendo em uma fase de crescimento acelerado da necessidade de investimentos (BOSCOLO, 2021).

A maior parte da infraestrutura do país está obsoleta há muito tempo e, como consequência, também os vazamentos gerados ao longo do sistema foram significativos (VAGLIETTI et al., 2021). A melhoria da infraestrutura hídrica e as melhorias nos serviços foram impedidas por uma capacidade limitada de financiamento (ROMANO; GUERRINI; CAMPEDELLI, 2015); era necessário aliviar a carga existente sobre o orçamento público, que mal sustentava a indústria da água (MASSARUTTO, 2021).

As tarifas de água, dentro do novo quadro de desenvolvimento de uma indústria de água financeiramente autossuficiente (MASSARUTTO, 2021), foram percebidas como a fonte efetiva para o financiamento da renovação de infraestrutura (MASSARUTTO; ERMANO, 2013). Essas tarifa foram reformados para se adequarem ao novo paradigma, mas, embora a acessibilidade para as famílias italianas ainda seja garantida pelo fato de os preços da água estarem entre os mais baixos da Europa, o processo levou a um aumento significativo nos preços da água (MASSARUTTO, 2021).

Esse súbito aumento das tarifas levantou preocupações políticas sobre a eficiência de custos da gestão da água, bem como questões de equidade e sustentabilidade ambiental e social (MASSARUTTO, 2021), todas as facetas introduzidas na agenda de políticas de serviços de água dos anos seguintes.

Desse modo, o desenho tarifário, a regulação de preços e a estrutura financeira da indústria passaram por uma transformação essencial, com efeitos significativos nos planos financeiros e operacionais das concessionárias de água (ROMANO; GUERRINI; CAMPEDELLI, 2015). As mudanças começaram a ser implementadas a partir de 2011, quando uma autoridade independente passou a ter competências regulatórias (MASSARUTTO, 2021).

3.1 Uma definição de tarifas de água

As tarifas da água foram introduzidas na Itália em 1933, foram determinadas com base na capacidade de pagamento dos diferentes setores, sem levar em conta o consumo quantitativo (FRONTUTO et al., 2021). A definição das tarifas italianas havia, por décadas, permanecido próxima aos métodos de outros países europeus (CRUZ et al., 2012) com uma forma de regulação do teto de receita que não considerava a cobertura de custos (CARROZZA, 2011).

A partir de 1994, a Lei Galli tornou-se a principal legislação relevante para a determinação dos preços do Serviço Integrado de Água (ANEA, 2008). As tarifas foram definidas¹⁹ como as compensações pelo serviço de água (*Corrispettivo del servizio idrico*); começaram a ser construídos com base na quantidade de recursos e na qualidade do serviço, custos de gestão e remuneração de capital. Esperava-se que os componentes de custo fossem determinados seguindo um método que a mesma lei deveria emitir²⁰ (ROMANO; GUERRINI; CAMPEDELLI, 2015).

Em 2006, o procedimento para fixação de tarifas no setor de água foi novamente revisado pelo Código Ambiental²¹. Reafirmou as diretrizes estabelecidas na Lei Galli, mas também tentou reorientar os objetivos com a introdução de novas especificações, obrigatoriamente exigidas pela DQA. Acrescentou que a determinação da tarifa deve respeitar o princípio da Recuperação Integral dos Custos e também o Princípio do Poluidor-Pagador, que será discutido a seguir.

Além disso, as concessionárias de água passaram a poder incluir um componente de remuneração do investimento baseado no retorno sobre o capital (ROMANO; GUERRINI; CAMPEDELLI, 2015).

No entanto, por muito tempo, o desenho das tarifas de água não tinha sido apoiado por uma política de preços válida. O sistema se baseava em um mau funcionamento do equilíbrio entre a baixa qualidade do serviço e os preços que eram mantidos baixos pela política. Além disso, apesar das intervenções legislativas – nem todas detalhadas aqui –, o sistema não foi capaz de reduzir a gestão ineficiente das operações públicas (BOSCOLO, 2021).

Desde 1996, a regulamentação do serviço estava nas mãos dos ministros italianos, através do Comitê de Recursos Hídricos (CoViRi), substituído em 2009 pela Comissão Nacional de Supervisão de Recursos Hídricos – *Commissione Nazionale per la Vigilanza sulle Risorse Idriche* (CoNViRi). A Comissão, com funções de fiscalizar a correta aplicação da reforma do abastecimento de água, para além de ser responsável pela fiscalização da qualidade do serviço e proteção dos utilizadores, era também responsável pelo regime tarifário. No entanto, CoViRi e CoNViRi tiveram um papel menor na evolução da indústria italiana de água e esgoto por serem dependentes e subordinados ao poder político (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021).

A criação de um sistema competitivo foi, de fato, também impedida pela falta de um regulador verdadeiramente independente (NAPOLITANO, 2017), com os poderes necessários para recolher as informações indispensáveis e não exposto aos riscos de falta

19 Artigo 13 – Tarifa de abastecimento de água da Lei de 5 de janeiro de 1994, nº 36

20 O Decreto Ministerial *Metodo normalizzato per la definizione delle componenti di costo e la determinazione della tariffa di riferimento del servizio idrico integrato*, de 1º de agosto de 1996, de fato implementou os requisitos da lei ao introduzir o *Metodo Tariffario Normalizzato* (MTN).

21 Artigo 154, parágrafo 1º do Código Ambiental.

de neutralidade (BOSCOLO, 2021).

O cenário mudou radicalmente em 2011, com a atribuição de funções regulatórias à independente Autoridade Italiana de Eletricidade e Gás, órgão que passou a ser também responsável pela regulação dos setores de recolha de resíduos para além da eletricidade e do gás. Assim, dois anos depois, o nome do regulador foi alterado para Autoridade Reguladora Independente de Eletricidade, Gás e Água (AEEGSI), mais recentemente renomeado como Autoridade Reguladora Italiana de Energia, Redes e Meio Ambiente – *Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente* (ARERA).

O novo quadro institucional estava em linha com as recomendações da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) sobre regulação (OECD, 2011) e promoveu a cooperação internacional no domínio da regulação da água, conduzindo também à fundação em 2014 da Rede de Reguladores do Setor da Água da Europa (WAREG) (BIANCARDI, 2016).

3.2 A autoridade reguladora italiana para energia, redes e meio ambiente (ARERA)

No setor dos serviços de água, a regulação visa conduzir os operadores para os objetivos de maior eficiência e justiça, influenciando tanto a qualidade como os preços do serviço (BOSCOLO, 2021). A regulação pretende evitar a recorrência de um cenário em que as empresas estatais, com elevado risco de politização, com dimensão inadequada e em constante deficit, não conseguem melhorar os serviços que prestam (PIOGGIA, 2011).

A ARERA foi conferida a regulação e monitoramento das funções dos serviços de água²² e foi atribuída uma lista de funções²³ (BOSCOLO, 2021). Inclui a definição de níveis mínimos de objetivos de qualidade de serviço, a regulação das relações entre autoridades e operadores através da elaboração de modelos de convénio, as revisões de planos para cada área territorial. A autoridade reguladora também é responsável por proteger os direitos dos usuários, incluindo a garantia mínima de abastecimento de água para usuários de baixa renda (BOSCOLO, 2021).

Entre as tarefas atribuídas à ARERA está a definição do modelo de precificação ao qual os vários EGAs devem se conformar (BARDELLI, 2018; BOSCOLO, 2021). Este último elabora o Plano Regulamentar²⁴ que inclui:

- Plano financeiro e econômico – *Piano Economico-Finanziario* (PEF), especificando receitas, tarifa média para usuários finais e todos os custos a serem

22 O papel fundamental confiado à ARERA é confirmado no Decreto do Presidente do Conselho de Ministros italiano, de 20 de julho de 2012, *Individuazione delle funzioni dell'Autorità per l'energia elettrica ed il gas attinenti alla regolazione e al controllo dei servizi idrici, ai sensi dell'articolo 21, comma 19 del decreto-legge del 6 dicembre 2011, n° 201, convertito, con modificazioni, dalla legge 22 dicembre 2011, n° 214*.

23 O artigo 3º do Decreto-Lei, de 6 de dezembro de 2011, n° 201, *Disposizioni urgi per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici*, descreve a lista de funções

24 Artigo 149 do Código Ambiental.

- reembolsados ao fornecedor;
- Programa de investimentos (*Programma degli Investimenti*), desemaranhando todas as medidas relevantes a serem implementadas a fim de atingir os objetivos de qualidade predefinidos;
 - Plano de Gestão (*Modello gestionale ed organizzativo*), clarificando responsabilidades da EGA e do prestador de serviços de acordo com o quadro padrão definido pela ARERA.

A elaboração do Plano Regulamentar representa a oportunidade de avaliar a adequação das iniciativas empreendidas por cada EGA ao nível das intervenções estruturais e técnicas (BOSCOLO, 2021). Uma vez que o esquema seja concluído, geralmente dentro do período de tempo definido pela ARERA, ele é formalmente aprovado pela EGA e proposto à ARERA para deliberação final. A ARERA verifica o regime, pede esclarecimentos ou integração e, por fim, aprova-o com ou sem modificações e com possibilidade de aplicação de penalidades caso a EGA ou os prestadores de serviço não cumpram as suas obrigações (BARDELLI, 2018).

3.3 Do MTN ao MTI-3: evolução da recuperação de custos ao longo dos períodos regulamentares

Apesar da falta de investimento privado no setor ser uma das principais preocupações (FRACCHIA; PANTALONE, 2018), conforme destacado por Massarutto (2011), não é propriamente o tipo de gestão do serviço de água – privado ou público – a chave fator para a efetividade dos investimentos realizados, mas o determinante são os critérios nos quais se baseia o sistema tarifário.

O preço da água continua a agir como “o ‘prisma’ através do qual os valores envolvidos podem assumir uma forma tangível” (TRAVI, 2014). A aprovação do método de apreçamento, que a autoridade transformou em um meio para direcionar as escolhas e comportamentos dos atores do sistema para os resultados desejados, é a atividade mais importante desenvolvida pela ARERA (VACCARI, 2014).

A precificação deve, antes de mais nada, garantir a recuperação total das despesas, em última análise, implementando os princípios confirmados primeiramente pela DQA (MASSARUTTO, 2021).

O início das atividades da autoridade em 2012 viu a substituição do *Metodo Tariffario Normalizzato* (MTN), em vigor desde 1996, por um Método de Tarifa Temporária – *Metodo Tariffario Transitorio* (MTT) dedicado ao período de transição de 2012 a 2013.²⁵

²⁵ *Regolazione dei servizi idrici: approvazione del metodo tariffario transitorio (MTT) per la determinazione delle tariffe negli anni 2012 e 2013*, Resolução AEEGSI 585/2012 / R / IDR.

O método, na linha de traçar uma suave evolução para um novo sistema, previa 21 esquemas regulatórios, nos quais cada operadora, de acordo com uma combinação de indicadores que avaliam as diferenças entre o novo e o antigo regulamento, poderia se posicionar (MASSARUTTO, 2021).

A receita total permitida era composta por custos operacionais (OPEX), custo de capital (CAPEX) e um componente nenhuma-receita que antecipava recursos financeiros para investimentos, em caso de fluxo de caixa livre insuficiente.

O MTT havia se distanciado do método prévio *ex-ante* de cálculo da tarifa, que se baseava nos custos contábeis, para um método *ex-post* de previsão dos insumos relevantes necessários (BARDELLI, 2018). Para promover a eficiência no que diz respeito ao método de previsão, foi introduzido um limite global das receitas e foram estabelecidos parâmetros padronizados para o reembolso dos custos fiscais e de financiamento aos operadores a nível nacional (BARDELLI, 2018).

Assim que o esquema MTT foi lançado, a ARERA introduziu um procedimento de monitoramento muito detalhado (MASSARUTTO, 2021). Além disso, começou a consultar os objetivos de regulação de longo prazo e a examinar um novo mecanismo tarifário no qual todas as peculiaridades relevantes do setor de água italiano seriam consideradas (BARDELLI, 2018). No final de 2013, foi adotado o primeiro método *full-performance* para os anos 2014-2015²⁶ – *Metodo Tariffario Idrico* (MTI-1).

Os MTIs evoluem em torno de uma Matriz Regulatória que permite variações de operadora para operadora, dependendo de cada situação operacional inicial. As regras específicas aplicáveis são selecionadas com base na incidência do investimento necessário em comparação com o valor das instalações existentes – Base de Ativos Regulatórios (RAB) – se este rácio estiver acima de um determinado limiar, seria possível aplicar regras para obter maiores fluxos de caixa: se novas atividades precisam ser gerenciadas, seus custos devem ser recuperados e, portanto, incluídos nas receitas permitidas (BARDELLI, 2018).

Para garantir a sustentabilidade dos preços da água, a ARERA estabelece um limite ao aumento máximo que pode ser admitido através do multiplicador \square (teta) que penaliza os operadores menos eficientes (BOSCOLO, 2021). Este representa o limite superior do montante de custos que podem ser repassados aos consumidores, com base na receita máxima permitida ao prestador de serviço, *Vincolo ai Ricavi del Gestore* (VRG). O VRG compreende: custos de imobilização, uma componente de apoio a objetivos específicos, os custos operacionais, custos ambientais e de recursos (do MTI-2) e uma componente de equilíbrio do limite de receitas do operador nos anos anteriores.

Em dezembro de 2015, após duas consultas, o método de precificação foi aprovado

²⁶ Approvazione del metodo tariffario idrico and delle disposizioni di completamento, Resolução AEEGSI 643/2013 /R/ IDR.

para o segundo período, cobrindo 2016 a 2019²⁷ (MTI-2).

Em busca de uma solução cada vez mais satisfatória, o novo método, seguindo o anterior, amplia ainda mais as opções para seis diferentes possibilidades de preços.

Com o MTI-2, outras inovações foram introduzidas. Em primeiro lugar, os planos de investimento precisavam ser direcionados a indicadores de qualidade; antes, os planos de investimento eram uma simples lista de obras programadas. Conforme destacado por Massarutto (2021), essa é uma inovação decisiva no caminho em direção a um sistema tarifário orientado para o desempenho. Além disso, os custos ambientais e de recursos foram integrados na definição de tarifas, como será explicado posteriormente.

No que diz respeito ao financiamento da melhoria da infraestrutura hídrica, os anos de 2014 e 2015 apresentam um crescimento de investimentos bem-sucedido.

Tabela 2: Investimento total (bilhões de euros) no período 2016-2019.

	2016	2017	2018	2019
148 administrações: 50.626.331 habitantes	2,2	2,8	3,5	3,4
Extensão para toda a população		11,9		13,7

Fonte: adaptada de Arera (2019).

Para a amostra analisada de 131 administrações representando 83% da população italiana, a necessidade de investimentos planejada e incluída no programa de infraestrutura e gestão do biênio 2018-2019 apresentada pela meta da EGA, como objetivo principal, a redução de vazamentos (24,86%) e, secundariamente, a melhoria da qualidade da água tratada (19% do total). Ambas as categorias confirmam os verdadeiros impulsionadores da reforma geral, da melhoria da infraestrutura e da atenção às questões ambientais.

A atualização bienal das tarifas – 98 administrações ao serviço de 34.097.585 habitantes – aprovada pelo Órgão de Fiscalização prevê para o ano de 2019 receitas máximas permitidas para o prestador de serviços (VRG) de 5,4 mil milhões de euros compostas conforme se explica no quadro seguinte (Tabela 3).

²⁷ *Approvazione del metodo tariffario idrico per il secondo periodo regolatorio MTI-2*, Resolução AEEGSI 664/2015 /R/ IDR.

Tabela 3: Custos admissíveis VRG compondo para o ano de 2019.

	VRG components shares
OPEX	60,9%
CAPEX	23,5%
Componente de apoio a intervenções prioritárias	6,6%
Limite de saldo de receita do ano anterior	2,8%
Custos ambientais e de recursos	6,1%

Fonte: adaptada de Arera (2019).

A ARERA definiu os critérios tarifários para o período 2020-2023²⁸ revelando a intenção de introduzir algumas melhorias, mas confirmando os princípios orientadores. Geralmente, a autoridade incentiva a eficiência da gestão e a melhoria da qualidade técnica, bem como o crescimento de um gasto efetivo para investimentos (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021).

Um ponto substancial diz respeito ao objetivo declarado de incentivar os operadores a introduzirem a sustentabilidade ambiental nas atividades, também promovendo a utilização de tecnologias inovadoras que possam aumentar o grau de fiabilidade e segurança das infraestruturas hídricas e que se caracterizem por elevada eficiência, nomeadamente energética, eficiência e menor impacto ambiental (BERARDI; CASARICO; TRAINI, 2021).

A meta de Recuperação Total de Custos que a reforma estava impulsionando foi incluída no método (MASSARUTTO, 2021). Apesar dessa conquista, as etapas para a plena implementação dos princípios da DQA alcançaram apenas trabalho conceitual e diretrizes. O desenho de tarifas e o uso de instrumentos econômicos estão disponíveis em um nível metodológico, mas suas amplas aplicações práticas ainda precisam ser aplicadas (MASSARUTTO, 2021).

4 . CUSTOS AMBIENTAIS E DE RECURSOS

Conforme informado anteriormente, a extração de água implica no pagamento de taxas de captação. Seu peso, no entanto, não representa um incentivo para a conservação da água (MASSARUTTO, 2021). A Itália nunca implementou instrumentos econômicos ambientais voltados para este propósito e o debate em torno dessa possibilidade tem sido na maioria das vezes confinado dentro das fronteiras acadêmicas (MASSARUTTO, 2021).

O principal impulso na direção de uma gestão ambientalmente sustentável da água foi dado por instituições europeias; os padrões de qualidade da água da UE foram integrados ao sistema regulatório italiano de água desde o final dos anos 70²⁹ (GORIA; LUGARESI, 2004). Outros passos podem ser identificados, do ponto de vista da política hídrica, com

28 *Approvazione del metodo tarifario idrico per the terzo periodo regolatorio MTI-3*, Resolução ARERA 580/2019 /R/IDR.

29 *Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*, Lei de 10 de maio de 1976, nº 319.

a necessidade de garantir uma vazão vital constante mínima nas bacias hidrográficas³⁰, e com a tentativa de integrar elementos da política econômica ambiental na gestão dos recursos hídricos³¹ (GORIA; LUGARESI, 2004), mas não só.

Do ponto de vista dos direitos hídricos, a sustentabilidade foi totalmente incorporada ao regime hídrico quando os direitos da comunidade passaram a ter um papel mais relevante: considerações ambientais e de sustentabilidade foram explicitamente abordadas e acompanhadas de interesses sociais relacionados aos recursos naturais (GORIA; LUGARESI, 2004).

4.1 RUMO AO PRINCÍPIO DE RECUPERAÇÃO DE CUSTO TOTAL

Existem várias externalidades associadas à subtração de recursos do ambiente natural para fins humanos e econômicos. A retirada de água de ecossistemas de água doce, bem como o retorno de água aos ecossistemas, após o uso humano, têm impacto sobre os vários serviços ecossistêmicos – provisionamento, regulação, apoio e serviços culturais/recreativos –, que a água fornece (FRONTUTO et al., 2021). Os danos podem pesar em duas dimensões – quantitativa e qualitativa – e estão associados a modificações em relação aos valores naturais esperados, que prevaleceriam na ausência de uso humano (FRONTUTO et al., 2021).

Vale lembrar que já em 1994, a Lei Galli permitia uma compensação responsável pela bacia de captação dentro da tarifa de abastecimento de água potável³². Então, em 2014, a ARERA admitiu custos financeiros dedicados à proteção ambiental; no caso desses custos terem sido apresentados pelas EGAs esta solicitou uma nova verificação para que se confirmasse que foram efetivamente dedicados a medidas específicas de salvaguarda e produção de recursos hídricos e dedicados à compensação de zonas montanhosas (DE CARLI, 2017). Apesar da oportunidade, isso se traduziu em prática apenas no norte da Itália, nas regiões de Piemonte e Veneto (PETTENELLA et al., 2012). Uma porcentagem dos fundos da ATO – 5% para a área metropolitana de Torino e 8% para a província de Cuneo – foi direcionada aos municípios de Montanha (*Comuni montani*) para serem usados em manutenção ordinária e extraordinária e prevenção de instabilidade hidrogeológica (DE CARLI, 2017).

Nos anos 2000, no esforço de ir além da Recuperação de Custos por meio da definição de tarifas, a DQA solicitou explicitamente aos Estados-Membros que implementassem o princípio da Recuperação Total de Custos que, além dos custos de fornecimento, visava a integração de um novo componente – Custos Ambientais e de Recursos (ERCs) 2, permitindo também cumprir o Princípio do Poluidor-Pagador³³ (FRONTUTO et al., 2021).

30 Lei de 18 de maio de 1989, nº 183.

31 *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato de nitrati provenienti da fonti agricole*, Decreto-lei de 11 de maio de 1999, nº 152.

32 Implementando um princípio já enunciado na Lei de 18 de maio de 1989, nº 183 (de Carli, 2017).

33 O princípio do poluidor-pagador está enunciado no Princípio 16 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desen-

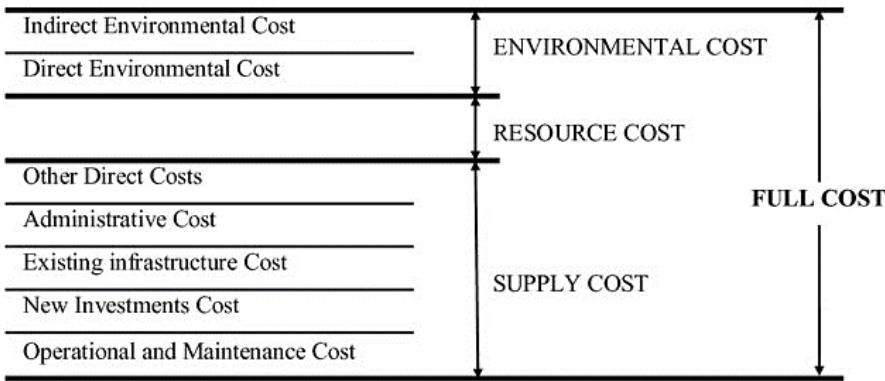


Figura 2: Custo total conforme definido pela Diretiva-Quadro da Água da EU (2000/60/CE).

Fonte: Assimacopoulos (2002).

A DQA³⁴ exige que a regulamentação dos Estados-Membros seja ajustada para fazer face aos custos acima mencionados. Na Itália, uma cadeia de papéis para a implementação de tais princípios foi estabelecida:³⁵ partindo do Ministério do Meio Ambiente italiano³⁶ – agora *Ministero della Transizione Ecologica* (MiTE) –, passando pelo ARERA e finalmente envolvendo os EGAs (COSTI..., 2020).

O ministério é solicitado³⁷ a determinar os componentes dos custos para a determinação da tarifa (COSTI..., 2020) de forma que para garantir às administrações um árbitro técnico para reconhecer os ERC, dar uma avaliação econômica deles e selecionar uma abordagem para internalizar os ERC.

ERC são definidos da seguinte forma:

- Custos Ambientais (CE) decorrem dos usos antrópicos dos recursos hídricos. Eles refletem externalidades negativas no meio ambiente, ecossistemas ou outros usuários. Os CE compreendem os custos associados às mudanças nas funções dos ecossistemas hídricos ou os custos associados à degradação dos recursos devido à sobre-exploração e ao declínio da qualidade da água, representando uma fonte de danos para os corpos de água ou uma diminuição no bem-estar decorrente dos valores de não uso do recurso.

volvimento de 1992 - "As autoridades nacionais devem se empenhar em promover a internalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, levando em consideração a abordagem que o poluidor deve, em princípio, ter o custo da poluição, respeitando o interesse público e sem distorcer o comércio e os investimentos internacionais".

34 Artigo 9º da DQA.

35 Art. 119 do Código Ambiental, em atendimento à DQA.

36 A partir de 2021 o Ministério do Meio Ambiente italiano passa a se chamar Ministério da Transição Ecológica.

37 Art. 154, parágrafo 2, do Código Ambiental solicitou ao MiTE - com base na proposta da ARERA - a edição de um decreto ministerial sobre o mesmo. A aplicação deste requisito veio em 2015 com o Decreto Ministerial de 24 de Fevereiro de 2015, nº 39, *Regolamento recante i criteri per la definizione del costo ambientale e del costo della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua*; é essencialmente composto pelo ANEXO A: *Linee guida per la definizione del costo ambientale e del costo della risorsa per i vari settori d'impiego dell'acqua, in attuazione degli obblighi di cui agli articoli 4, 5 e 9 della direttiva comunitaria 2000/60/CE*.

Os CE correspondem a todas as despesas de intervenção destinadas à reintegração, redução ou limitação destes potenciais danos, implementadas para atingir os objetivos de qualidade previstos nos planos de gestão. Os CE são atribuídos ao sujeito utilizando recursos hídricos ou aproveitando serviços hídricos.

- Custos de Recursos (RC) são aqueles gerados por ineficiências na alocação de recursos hídricos entre usos concorrentes (FRONTUTO et al., 2021). Eles coincidem com a oportunidade de custo de outros usuários gerada por um nível de exploração além dos rendimentos máximos sustentáveis que podem não permitir a recuperação de recursos. Os RC surgem apenas se a melhor alternativa atual e futura de uso da água tiver um valor econômico – valor de uso e não uso – maior do que o gerado pelo uso real.

4.2 Implementação de ERC

O ARERA, para o segundo período regulatório (2016-2019, MTI-2), estabeleceu que os ERCs devem ser incluídos como a soma de dois componentes, ambos referentes aos custos operacionais (COSTI..., 2020). Posteriormente, a autoridade, com o mais recente Método da Tarifa de Água, decidiu reconhecer os custos ambientais e de recursos, como custos operacionais e de capital³⁸ (COSTI..., 2020).

O reconhecimento de ERC nos preços da água requer, como pré-requisito, quantificá-los em termos monetários (FRONTUTO et al., 2021). O suporte para essa tarefa vem de uma série de metodologias tradicionalmente utilizadas para a medição de valores de bens e serviços ambientais. Estes podem ser essencialmente resumidos em métodos diretos – que dependem de preços de mercado –, ou métodos indiretos – que podem ser usados sempre que um mercado para um determinado bem está faltando. Como a primeira das duas abordagens é a mais precisa, isso é preferível, dada a disponibilidade de dados (DE CARLI, 2017).

Como exemplo, Frontuto e demais autores (2021) descrevem a introdução de ERCs no cálculo dos preços da água – como uma condição para acessar o financiamento da Política Agrícola Comum (PAC) da UE –, realizada pela região de Piemonte em Julho de 2017. Eles explicam o uso de danos evitados ou os custos necessários para restaurar ecossistemas degradados como um *proxy* do valor dos serviços fornecidos por esses ecossistemas. Os autores acreditam que os valores monetários do ecossistema baseados nos custos são uma subestimação do valor econômico total, uma vez que representam apenas o valor de uso; uma recuperação total dos custos ambientais e de recursos, segundo eles, seria considerada insustentável e politicamente inviável. No caso de custos desproporcionais, a DQA de fato admite a possibilidade de derrogar o princípio da recuperação total dos custos (FRONTUTO et al., 2021).

Em vez disso, no estudo conduzido por Romagna Acque, a identificação e

38 Conforme explicado no artigo 4º do ANEXO A da Resolução 580/2019/R/IDR.

quantificação ERC foram conduzidas usando tanto a análise baseada em benefícios – abordagem da vontade de pagar – quanto em custos. A quantidade de ERC obtida a ser transferida para a tarifa foi sugerida como cenário de precaução; foi calculado como a disposição de pagar dos usuários (COSTI..., 2020).

Entre as inúmeras questões desafiadoras na implementação da diretiva da DQA e transposições nacionais, há a falta de uma lista de intervenções elegíveis qualificáveis como componentes de ERCs. Esperando pelas diretrizes MiTE, ARERA delega aos EGAs a responsabilidade de individuar as ações necessárias para defender os ecossistemas hídricos locais (COSTI..., 2020).

Praticamente nenhum Estado-Membro parece ter implementado ainda de forma abrangente as recomendações sobre ERC e, na maioria dos contextos, não há nem mesmo sinal de planejamento de reforma em andamento (FRONTUTO et al., 2021).

No entanto, a estrada pavimentada por diretrizes europeias e reforçada a nível nacional é aquela que permite a internalização das externalidades associadas ao uso da água (FRONTUTO et al., 2021).

Conforme descrito, os recursos hídricos são hoje considerados não apenas um ativo de produção substituível que pode ser totalmente explorado. Em vez disso, tomamos consciência de que a água é, antes de tudo, uma parte essencial do nosso capital natural e que deve ser protegida (BOSCOLO, 2021).

5 . CONCLUSÕES

O serviço de água gerencia a coleta, eventual tratamento e distribuição de água potável, bem como a recuperação de águas residuais até sua purificação e retorno ao meio ambiente.

Este serviço, fundamental para a vida humana e a higiene pública foi submetido a radicais transformações na sua gestão ao longo do último século: a cobertura do serviço aumentou, atingindo quase a totalidade da Itália e as tecnologias implementadas melhoraram bastante.

Estas alterações têm afetado também o modelo de gestão e o quadro regulatório de referência, até à substituição do órgão de gestão e à identificação das áreas ditas “óptimas”. Os custos a enfrentar, consequentemente, passaram da tributação geral ao cálculo de uma “tarifa” e de uma remuneração da Instituição gestora, que prevê também mecanismos de recompensa e penalização.

Neste capítulo enquadrou-se a trajetória histórica da legislação, delineando-se os principais aspectos do que está em vigor para concluir indicando a direção em que o país está entendo seguir.

REFERÊNCIAS

ANEA. **Note Tecniche sulla regolazione, Numero 2008/02.** Napoli: ANEA, 2008.

ARERA. **Relazione ai sensi dell'art. 172, comma 3-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante "Norme in materia ambientale".** [Roma]: ARERA, 2016.

ARERA. **Relazione annuale.** [Roma]: Arera, 2019.

ARERA. **Settima Relazione ai sensi dell'articolo 172, comma 3-bis, del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante "Norme in materia ambientale".** [Roma]: ARERA, 2018.

Assimacopoulos, D. Recovery of full cost and pricing of water in the Water Framework Directive. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/252807742>. Acesso em: Fevereiro 2021

BALZAROLO, D. *et al.* The implementation of the water framework directive in Italy. **Options Méditerranéennes**, Paris, v. 98, p. 155-168, 2011.

BARDELLI, L. Water regulation: an innovative approach. *In:* GILARDONI, A. (ed.). **The Italian water industry:** cases of excellence. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 21-38.

BERARDI, D.; CASARICO, F.; TRAINI, S. The evolution of the Italian water and wastewater industry in the period 1994-2018. *In:* TURRINI, P. *et al.* (ed.) **Water law, policy and economics in Italy:** between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5>. Acesso em: Fevereiro 2021

BIANCARDI, A. Regolare l'acqua: una riflessione interdisciplinare e comparata. **Bocconi University of Milan**, Milan, 2017. (Seminar contribution).

BIANCARDI, A. Regulation and investments in water sector. *In:* EIP WATER ANNUAL CONFERENCE, 3., 2016, Leeuwarden. **Anais** [...]. Leeuwarden: EIP, 2016.

BOSCOLO, E. **Le politiche idriche nella stagione della scarsità:** la risorsa comune tra demaniale, custodiale, pianificazioni e concessioni. Milano: [s. n.], 2012. v. 32.

BOSCOLO, E. Water resources management in Italy: institutions, laws and approaches. *In:* TURRINI, P. *et al.* (ed.). **Water law, policy and economics in Italy:** between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5>. Acesso em: Fevereiro 2021

CARROZZA, C. Italian water services reform from 1994 to 2008: decisional rounds and local modes of governance. **Water Policy**, London, v. 13, n. 6, p. 751-768, 2011.

COSTI ambientali e della risorsa: la tariffa idrica del XXI secolo. **Ref Ricerche**, Milan, n. 164, p. 1-15, 2020.

CRUZ, N. F. *et al.* Measuring the efficiency of water utilities: a cross-national comparison between Portugal and Italy. **Water Policy**, London, v. 14, n. 5, p. 841-853, 2012.

DANESI, L.; PASSARELLI, M.; PERUZZI, P. Water services reform in Italy: its impacts on regulation, investment and affordability. **Water Policy**, Lodon, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2007.

DE CARLI, A. Il valore economico dei servizi ecosistemici connessi alle risorse idriche. **Biologia ambientale**, [Cervia], v. 31, n. 1, p. 1-8, 2017.

DOMORENOK, E. Traps of multi-level governance: lessons from the implementation of the water framework directive in Italy. **Journal of European Integration**, Abingdon, v. 39, n. 6, p. 657-671, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Introduction to the New EU water framework directive**. Bruxelles: European Commission, 2016.

FRACCHIA, F.; PANTALONE, P. The governance and independent regulation of the integrated water service in Italy: commons, ideology and future generations. **federalismi.it**, [Italy], p., 2018.

FRAQUELLI, G., MOISO, V. **La formazione degli ambiti territoriali nel servizio idrico e il problema della dimensione “ottimale”**. Moncalieri: Hermes Working Paper, 2004.

FRONTUTO, V. *et al.* Environmental and resource costs assessment and the case for reforming the italian system of water abstraction charges. In: TURRINI, P. *et al.* (ed.) **Water law, policy and economics in Italy**: between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5-.](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5-)

GAROTTA, V. *et al.* **Blue Book**: I dati sul servizio idrico integrato in Italia. Roma: Utilitatis, 2017.

GAROTTA, V. *et al.* **Blue Book**: I dati sul servizio idrico integrato in Italia. Roma: Utilitatis, 2019. Fevereiro 2021

GORIA, A.; LUGARESI, N. The evolution of the water regime in Italy. In: KISSLING-NÄF, I.; KUKS, S. (ed.). **The evolution of national water regimes in Europe**. London: Springer, 2004. v. 40.

ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA. **Le statistiche ISTAT sull’acqua**. Roma: ISTAT, 2020.

LIEFFERINK, D.; WIERING, M.; LEROY, P. The water framework directive: redesigning the map of Europe? a history of water. In: CHAPMAN, G.; HAGEN, R.; TVEDT, T. **Water geopolitics and the new world order**. London: Tauris, 2011. v. 3.

MASSARUTTO, A. **Economia del ciclo dell’acqua**. Milano: Franco Angeli, 1993.

MASSARUTTO, A. Economic regulation, water pricing and environmental & resource costs: the difficult marriage between financial sustainability, investment requirements and economic efficiency. In: TURRINI, P. *et al.* (ed.) **Water law, policy and economics in Italy**: between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5-.](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5-) Acesso em: Fevereiro 2021

MASSARUTTO, A. *et al.* **La riforma della regolazione dei servizi idrici in Italia - L'impatto della riforma**: 1994-2011. Università Bocconi: Milan, 2012. Disponível em: <http://www.ife.unicampania.it>. Acesso em: Fevereiro 2021

MASSARUTTO, A. **Privati dell'acqua? tra bene comune e mercato**. Bologna: Il Mulino, 2011.

MASSARUTTO, A. Water pricing in Italy: beyond full-cost recovery. In: DINAR, A.; POCHAT, V.; ALBIAC, J. (ed.). **Water pricing experiences and innovations**. Cham: Springer, 2015. p.

MASSARUTTO, A.; ERMANO, P. Drowned in an inch of water: How poor regulation has weakened the Italian water reform. **Utilities Policy**, Oxford, v. 24, p. 20-31, 2013.

MORZENTI PELLEGRINI, R.; MONZANI, S. Le modalità di affidamento della gestione del servizio idrico integrato quale attività a rilevanza economica privata del carattere della remuneratività. In: ANDREIS, M. (ed.). **Acqua, servizio pubblico e partecipazione**. Torino: Giappichelli: 2015. p.

NAPOLITANO, G. Il laboratorio della regolazione dei servizi idrici. In: CARBONE, L.; NAPOLITANO, G.; ZOPPINI, A. (ed.). **Annuario di diritto dell'energia**: Il regime dell'acqua e la regolamentazione dei servizi idrici. Bologna: Il Mulino, 2017.

OECD. **OECD Economic surveys: Italy 2011**. [S. l.]: OECD, 2011.

PARISIO, V. The integrated water service in the Italian legal system between solidarity and competition: an overview. In: TURRINI, P. *et al.* (ed.) **Water law, policy and economics in Italy**: between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5>. Acesso em: Fevereiro 2021

PARISIO, V. The management of the water service in Italy: from the sectoral regulations to the European law principles. In: PARISIO, V. (ed.). **The water supply service in Europe**: Austrian, British, Dutch, Finnish, German, Italian and Romanian experiences. Milano: Ed. Giuffrè, 2013.

PASTORI, G. Tutela e gestione delle acque: verso un nuovo modello di amministrazione. In: STUDI IN ONORE DI FELICIANO BENVENUTI. 3. ed. Modena: Mucchi, 1996.

PETTENELLA, D. *et al.* Paying for water-related forest services: a survey on Italian payment mechanisms. **iForest**, Italy, v. 5, n. 4, p. 210-215, 2012.

PIOGGIA, A. Acqua e ambiente. In: ROSSI, G. (ed.). **Diritto dell'ambiente**. Torino: Giappichelli, 2011.

ROMANO, G.; GUERRINI, A.; CAMPEDELLI, B. The new Italian water tariff method: a launching point for novel infrastructures or a backwards step?. **Utilities Policy**, Oxford, v. 34, p. 45-43, 2015.

TRAVI, A. La disciplina tariffaria nel servizio idrico integrato. **Rivista della regolazione dei mercati**, Torino, v. 1, 2014.

VACCARI, S. Le tariffe del servizio idrico. **Munus**, Napoli, v. 2, 2014.

VAGLIETTI, G. *et al.* The uses and value of water in Italy: evidence from selected case studies in Italy, with a particular focus on irrigation, industry and hydropower. In: TURRINI, P. *et al.* (ed.) **Water law, policy and economics in Italy**: between national autonomy and EU law constraints. global issues in water policy. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69075-5>. Acesso em: Fevereiro 2021

VOULVOULIS, N.; ARPON, K. D.; GIAKOURMIS, T. The EU water framework directive: from great expectations to problems with implementation. **Science of The Total Environment**, New York, v. 575, p. 358-366, 2017.

A PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL, APÓS ALTERAÇÕES NO MARCO LEGAL E REGULATÓRIO DO SANEAMENTO BÁSICO PELA LEI N° 14.026/2020

Abelardo de Oliveira Filho

1 . INTRODUÇÃO

O setor de saneamento básico, apesar de ser considerado essencial, após a extinção do Banco Nacional da Habitação (BNH) e do esgotamento do Plano Nacional de Saneamento (Planasa), em 1986, conviveu, por mais de 20 anos, com um vazio institucional – sem leis, sem regras e, principalmente, sem investimentos. Finalmente, após diversas tentativas, em janeiro de 2007, foi instituído o Marco Legal e Regulatório (BRASIL, 2007). Com isso, foi estabelecido um conjunto de diretrizes, normas e regras para gestão dos serviços públicos de saneamento básico, que, obrigatoriamente, os entes federados devem cumprir. Um dos pontos importantes que ficou pendente na lei aprovada foi a definição do ente responsável em prover os serviços (titularidade) que, devido ao conflito histórico existente, não foi possível chegar a um acordo para a inserção deste dispositivo na lei, ficando essa decisão a cargo do Supremo Tribunal Federal (STF), cujo julgamento ocorreu em 2013.

A Egrégia Corte reafirmou a titularidade municipal nos serviços de interesse local e o seu exercício compartilhado entre municípios e o Estado, quando integrantes de regiões

metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Em função disso, pode-se considerar que essas decisões do STF sobre a competência dos entes federados devem fazer parte do Marco Legal e Regulatório, tendo em vista que definem as formas do exercício da titularidade, tanto nos serviços de interesse local, quanto nos serviços de interesse comum, bem como o estabelecimento do regime jurídico-institucional das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Além da Lei nº 11.445/2007, existem outras leis correlatas que não definem diretrizes específicas para o saneamento básico, mas que são utilizadas pelo setor, a exemplo das Leis de Licitações e Contratos, de Consórcios Públicos, de Concessões, da Participação Público-Privada (PPP), das Estatais e dos Estatutos da Cidade e da Metrópole, entre outras (OLIVEIRA FILHO, 2019).

O Marco Legal define o conceito de saneamento básico, que antes considerava apenas as ações de abastecimento de água e esgotamento sanitário, ampliando as suas ações, também para as áreas de manejo dos resíduos sólidos e manejo das águas pluviais. Segundo Ribeiro (2015), o saneamento básico é um conjunto de atividades básicas, essenciais à saúde humana, constituindo-se em um dever do Estado de promovê-las e direito do cidadão de usufruí-las. Em termos técnicos, saneamento

básico se refere às condições ambientais que preservam a saúde humana mediante a prestação adequada dos serviços públicos de: i) abastecimento de água; ii) esgotamento sanitário; iii) limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos; iv) drenagem urbana e manejo das águas pluviais, bem como a efetivação de ações de saúde pública no combate e controle de vetores e reservatórios de doenças.

É importante ressaltar que a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Resolução A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010, reconhece que: “O acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano essencial, fundamental e universal, indispensáveis à vida com dignidade e reconhecido como condição para o gozo pleno da vida e dos demais direitos humanos”.

Portanto, o acesso aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário devem ser garantidos à toda a população como uma das formas de resgatar a dignidade, a cidadania, a preservação da saúde e a qualidade de vida das pessoas.

Nessa esteira, a lei estabelece como princípios fundamentais, a garantia do acesso, de forma universal e integral, aos serviços de saneamento básico; a eficiência e a transparência das ações; o controle social; a segurança, a qualidade e a regularidade na prestação dos serviços; a articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e a sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde; a utilização de tecnologias apropriadas, dentre outros, que passaram a nortear todas as ações do Estado, trazendo, para a política pública, os princípios e diretrizes para a gestão dos serviços e da cooperação federativa e articulação intersetorial entre os entes federados.

O Marco Regulatório estabelece regras para a delegação da prestação dos serviços e as formas de contratação, inclusive para a prestação regionalizada e estabelece que os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, nos termos dos artigos 175 e 241 da Constituição Federal (CF) de 1988 e das Leis nº 8.987/1995 e nº 11.107/2005, permitindo todas as formas de prestação de serviços tanto público, quanto privado, exigindo o contrato de programa, por meio de gestão associada, com dispensa de licitação, quando o prestador for público ou contrato de concessão, quando houver licitação para a contratação de prestador privado.

O Marco Regulatório além de definir concepções modernas para o desenvolvimento das ações de saneamento básico, inovou ao estabelecer um novo enfoque para a gestão dos serviços públicos de saneamento básico, que inclui as ações de planejamento, de regulação, de fiscalização, de prestação e o controle social (OLIVEIRA FILHO, 2020), conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Serviços Públicos de Saneamento Básico.

Gestão	Abastecimento de Água	Esgotamento Sanitário	Manejo de Resíduos Sólidos	Manejo de Águas Pluviais
Planejamento	Indelegável, passíveis de execução por gestão associada, através Consórcios Públicos ou gestão compartilhada, por meio de ente metropolitano			
Regulação	Delegável pelo titular, por gestão associada (Consórcios Públicos ou Convênios de Cooperação) ou gestão compartilhada, por meio de ente metropolitano			
Fiscalização	Delegável - Pode ser feita por órgãos diferentes, porém não é conveniente separar a execução das tarefas de regulação e fiscalização			
Prestação	Direta pelo titular; indireta por meio de concessão, precedida de licitação, por gestão associada (Consórcios Públicos ou Convênios de Cooperação) ou gestão compartilhada, por meio de ente metropolitano			
Controle Social	Indelegável, passíveis de execução por gestão associada ou gestão compartilhada.			

Fonte: adaptado de Montenegro (2009).

Oliveira Filho (2009, p. 543), assegura que

A promulgação da Lei Nacional de Saneamento Básico e da Lei de Consórcios Públicos estabeleceu um corte e um novo cenário com a definição de regras e do papel de cada agente institucional que desenvolve ações de saneamento básico no País, exigindo eficiência, transparência nas ações, definição de direitos e deveres de cada um desses agentes e estabelecendo como premissas básicas o planejamento, a regulação e o controle social.

Doutro lado, a instituição do Marco Legal e da Política Nacional de Saneamento Básico retirou o setor do vazio institucional a que foi submetido, por mais de duas décadas, e significou uma virada de página na história do saneamento básico no país, além de uma grande conquista para a população brasileira. A política implantada assegurava todas as condições, inclusive a segurança jurídica indispensável para a gestão e a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, incluindo a realização de investimentos e o destravamento dos entraves jurídicos-institucionais para que o setor pudesse avançar rumo a universalização.

Com isso, a retomada dos investimentos, que havia sido iniciada em 2003, após mais de dez anos de paralisação, foi ampliada com a criação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), por meio do Decreto nº 6.025/2007, o qual, segundo a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, foram disponibilizados para os prestadores de serviços públicos e privados cerca de R\$ 103 bilhões, entre 2007 e 2015, que propiciaram um grande avanço na cobertura dos serviços.

Após treze anos da sua edição, e antes mesmo de ter todos os seus instrumentos implementados, o Marco Legal e Regulatório do Saneamento Básico foi alterado pela Lei nº 14.026/2020. As principais alterações dizem respeito i) à proibição da cooperação federativa entre municípios e o Estado, mediante a gestão associada de serviços públicos; ii) à vedação

do contrato de programa impedindo à contratação de empresa estadual de água e esgoto, pelo município, para a prestação dos serviços; iii) à restrição à coordenação federativa, por meio da instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões e da integração do planejamento, organização e execução das funções públicas de interesse comum; iv) à estruturação da prestação regionalizada, sem obedecer, na sua totalidade, aos critérios e diretrizes previstos na Carta Magna, no Estatuto da Metrópole (BRASIL, 2015), que estabelece diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, nas legislações específicas e correlatas e nas próprias decisões da Suprema Corte, sobre o regime jurídico-institucional dessas regiões e os princípios e as diretrizes da cooperação federativa, mediante a gestão associada de serviços públicos, previstos no artigo 241 da Constituição Federal e na Lei nº 11.107/2005; v) à restrição ao exercício pleno da titularidade dos serviços, tanto nos serviços de interesse local, quanto nos serviços de interesse comum; vi) à imposição de delegação de competência para a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), instituída pela Lei nº 9.984/2000, com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, para instituir normas de referência nacionais para a regulação da prestação dos serviços de saneamento básico; vii) ao estabelecimento de metas de universalização; e viii) ao condicionamento de acesso aos recursos, caso os entes federados não implantem o novo modelo.

Segundo o governo federal, as alterações têm o objetivo de atualizar e modernizar o Marco Regulatório. Apesar desse discurso oficial, o objetivo principal foi atender ao pleito da Associação Brasileira de Concessionárias Privadas dos Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON), que reivindicava a ampliação da participação de empresas privadas no setor. Essa assertiva consta no documento “Modernização do Marco Regulatório do Setor de Saneamento Básico”, elaborado, em 2017, pelo Grupo de Trabalho Interministerial (GTI), coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, instituído com o objetivo de propor mudanças nas Leis nº 11.445/2007 e nº 11.107/2005. Na prática, a Lei nº 14.026/2020 institui o monopólio privado nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A lei sancionada, além de conter vícios insanáveis de constitucionalidade que ferem o pacto federativo, a organização e a autonomia dos Estados, Municípios e do Distrito Federal, contém, também, imperfeições e contradições em seu conteúdo e na própria técnica de redação legislativa, bem como diversas imprecisões que dificultam o seu entendimento e, consequentemente, a sua implementação.

Diante disso, as alterações já estão causando uma enorme insegurança jurídica e a paralisação dos investimentos realizados pelas próprias companhias, bem como afugentando os futuros investimentos. Assim, como era de se esperar, em menos de um mês de vigência da Lei nº 14.026/2020, foi ajuizada, pelo Partido Democrático Trabalhista

(PDT), junto ao STF, a primeira Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) nº 6.492, arguindo a sua inconstitucionalidade. Posteriormente, foram ajuizadas mais três ADIs: nº 6.536, pelo Partido dos Trabalhadores (PT), Partido Socialista Brasileiro (PSB), Partido Comunista do Brasil (PCdoB) e Partido Socialista e Liberdade (PSOL); nº 6.583, pela Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemae); e nº 6.882, pela Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento Básico (Aesbe), todas elas questionando os pilares centrais contidos na lei, quais sejam a vedação do contrato de programa, a restrição à gestão associada de serviços públicos entre os municípios e o Estado, ao exercício pleno da titularidade de serviços de interesse local e interesse comum e os critérios para a estruturação da regionalização dos serviços previstos na lei, a delegação de competências à ANA e o condicionamento de acesso aos recursos.

Neste estudo, em função do grande número de alterações no Marco Legal e, principalmente, por conta do espaço reservado, serão analisadas apenas as que impactam nas formas de prestação de serviços públicos de saneamento básico, especialmente, os de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com base nos dispositivos constitucionais, nas decisões da Suprema Corte e na legislação específica e correlata que afeta o saneamento básico e nas próprias contradições, imperfeições e imprecisões da Lei nº 14.026/2020.

2 . A PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE SANEAMENTO BÁSICO

A Constituição Federal, no seu artigo 175, estabelece, de forma muito clara, que os titulares dos serviços, nos termos da lei, poderão prestar os serviços diretamente ou sob regime de concessão ou permissão precedidas de licitação. No caso específico do saneamento básico, da mesma maneira, o artigo 30, V, da CF/88, confirma essa prerrogativa ao estabelecer que os municípios são os responsáveis por prestar diretamente ou sob o regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, no qual está inserido o saneamento básico. Conforme se depreende da leitura do texto constitucional, os serviços poderão ser prestados: i) diretamente no âmbito da própria Administração Pública; ou ii) indiretamente por particulares, sob o regime de concessão ou permissão, sempre por meio de licitação.

Segundo Ribeiro (2021c), pode-se afirmar que qualquer outra prestação de serviços que não seja por regime de concessão ou permissão é considerada uma prestação direta pela Administração Pública de qualquer ente federado, titular dos serviços. Doutro lado, apesar do termo “prestação indireta” não constar do texto constitucional, pode-se considerar que quando a prestação não for efetivada pela Administração Pública e sim por particulares, como nos casos de concessão ou permissão, ela será considerada uma forma de prestação indireta.

Em resumo: qualquer prestação de serviços que não seja por concessão ou permissão é uma prestação direta executada pelo poder público de qualquer esfera de governo e qualquer prestação de serviços que não seja executada pelo poder público, será considerada como uma forma de prestação indireta, executada por particulares (RIBEIRO, 2021c).

Zanobini (1995) citado por Ribeiro (2021a, p. 15), “classifica como prestação direta todas as formas cujo interesse seja apenas a prestação dos serviços, não convivendo este interesse com outros, como a criação de excedente econômico que seja, total ou parcialmente, apropriável como lucro”.

O texto constitucional permite ainda, no âmbito do poder público, a prestação dos serviços por cooperação federativa, por meio da gestão associada, autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação (artigo 241, CF/88) e por coordenação federativa, por meio da instituição de regiões metropolitanas, aglomerados urbanos e microrregiões (artigo 25, § 3º, CF/88).

Como se pode perceber, não existe nenhuma incompatibilidade entre os artigos 175, 25, § 3º e 241 da CF/88, sendo eles totalmente compatíveis, podendo, perfeitamente, conviver de forma harmônica. Enquanto o artigo 175 prevê que os serviços públicos podem ser prestados diretamente, por órgãos ou entidades da Administração Pública do próprio titular ou titulares dos serviços, ou, indiretamente, por particulares, sob o regime de concessão ou permissão, o artigo 241 estabelece que os serviços poderão ser prestados diretamente, por cooperação federativa, sob o regime da gestão associada de serviços públicos, por órgãos ou entidades interfederativas, integrantes da administração de todos os entes consorciados ou mesmo por órgão ou entidade de qualquer um dos entes titulares, integrantes do consórcio ou convênio de cooperação, desde que autorizados pelos consorciados (RIBEIRO, 2020). Já o artigo 25, § 3º, preconiza a instituição de regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a execução das funções públicas de interesse comum.

Com o advento das decisões sobre o regime jurídico-institucional das regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões, no âmbito das ADIs nº 1.842-RJ e nº 2.077-BA e com ampla jurisprudência já adotada pelo STF, o Estatuto da Metrópole estabelece que cabem ao Estado e aos municípios da unidade territorial, no exercício da coordenação federativa e da governança das funções públicas de interesse comum, observar o compartilhamento da tomada de decisões com vistas à implantação de processo relativo ao planejamento, à elaboração de projetos, à sua estruturação econômico-financeira, à operação e à gestão do serviço ou da atividade.

Diante do exposto, torna-se evidente que a gestão, o planejamento, a regulação e a forma da prestação dos serviços são definidas pela governança das funções públicas de interesse comum, no âmbito da coordenação federativa, instituída por meio de regiões

metropolitanas, aglorações urbanas ou microrregiões. Com isso, o colegiado integrante dessas regiões poderá deliberar sobre qualquer ação ou atividades de qualquer política considerada como função pública de interesse comum, inclusive a forma da prestação dos serviços.

Assim, de acordo com a Constituição Federal e as normas infraconstitucionais, as formas de prestação dos serviços poderão ser efetivadas da seguinte forma:

I. Prestação direta pelo poder público:

- a) **pela administração centralizada**, por departamento da prefeitura ou órgão da administração direta do próprio titular;
- b) **pela administração descentralizada**, por meio de autarquias, empresas públicas ou sociedade de economia mista, integrantes da administração dos próprios titulares, cuja autorização se dá por outorga;
- c) **por cooperação federativa, mediante gestão associada de serviços públicos**, autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação entre entes federados, de acordo com o artigo 241 da CF/88, por entidade interfederativa instituída para esse fim, pertencente à administração de todos os entes consorciados, ou, até mesmo, por entidade integrante da administração de qualquer um dos consorciados, desde que aprovados pelo colegiado. Essa forma de prestação se efetiva por meio de delegação;
- d) **por coordenação federativa**, com a instituição de regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões, de acordo com o artigo 25, §3º da CF/88, podendo prestar os serviços uma entidade interfederativa criada para esse fim, pertencente à administração de todos os seus integrantes ou por qualquer entidade que já preste serviços, integrante da administração de qualquer um dos titulares que integrem cada uma dessas regiões.

II. Prestação indireta por particulares, sob o regime de concessão ou permissão, sempre precedida de licitação e autorizadas por meio de lei ordinária do titular dos serviços.

Desde 2007, sob a égide das Leis nº 11.445/2007 e nº 11.107/2005, bem como da CF, a prestação dos serviços de água e esgoto vem sendo efetivada: diretamente pelo poder público, de forma centralizada ou descentralizada, por meio de autarquias, empresas públicas ou empresas de economia mista, pertencentes à administração indireta do titular dos serviços; por cooperação federativa, disciplinada por lei, mediante a gestão associada, que pode ser autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação. Nesse caso, na maioria das vezes, a cooperação é realizada por convênio de cooperação, celebrado pelo Município e o Estado, que autoriza a contratação direta da empresa estadual de água e

esgoto pelo município, por meio de contrato de programa, firmado com dispensa de licitação. Além disso, a prestação dos serviços diretamente pelo poder público poderá ser prestada, também, por coordenação federativa, por meio de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões. Os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário também são prestados por particulares, por meio de concessão de serviços públicos, precedida de licitação, com autorização expressa do titular dos serviços.

Segundo o Ministério da Economia, em 2017, 74% da população eram atendidas por empresas públicas estaduais de água e esgoto, sendo 23 empresas de economia mista – quatro com capital aberto e 19 com capital fechado –, uma empresa pública e uma autarquia; 16% por serviços municipais – departamentos da prefeitura, autarquia, empresas públicas ou sociedade de economia mista –; e 10% pelo setor privado, por meio de concessões e PPP e de uma empresa privada estadual (BRASIL, 2019). Em 2021, essa correlação sofreu alterações, em função das recentes privatizações da Companhia de Saneamento Básico do Estado de Alagoas (Casal) – especificamente a Região Metropolitana de Maceió –, da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Rio de Janeiro (Cedae); e da Companhia de Águas e Esgoto do Amapá (Caesa). Como se observa, desde as edições da CF/88 e das Leis nº 8.987/1995 (Lei de Concessão), nº 11.107/2005 (Lei de Consórcios Públicos) e nº 11.445/2007 (Marco Legal e Regulatório), que são utilizadas todas as formas de prestação de serviços previstas na CF e toda a legislação pertinente.

Para um melhor entendimento, a Figura 1 apresenta as formas de prestação de quaisquer serviços públicos, incluindo os de saneamento básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário).



Figura 1: Formas de prestação de serviços públicos.

Fonte: adaptada de Oliveira Filho (2020).

2.1 A prestação direta centralizada ou descentralizada, por órgãos ou

entidades do próprio titular

Conforme visto anteriormente, de acordo com a CF e o próprio Marco Legal, os municípios poderão prestar os serviços de interesse local, diretamente, de forma centralizada, por estrutura da própria prefeitura ou de forma descentralizada, por órgão ou entidade – autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista – que integre a administração do titular. Nesse caso, como a prestação é concedida por outorga, a legislação não exige o contrato de prestação de serviços, tendo em vista que a prestação será executada pelo próprio titular. Da mesma forma, também não será necessária a comprovação da viabilidade econômico-financeira, quando os serviços são prestados diretamente pelos municípios ou o Distrito Federal. É o que prevê o artigo 1º, § 3º, do Decreto nº 10.710/2021, que regulamenta o artigo 10-B da Lei nº 11.445/2007, para estabelecer a metodologia para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário, considerados os contratos regulares em vigor, com vistas a viabilizar o cumprimento das metas de universalização previstas no *caput* do artigo 11-B da Lei nº 11.445, de 2007.

Segundo Meireles (2020), serviço descentralizado é todo aquele que o Poder Público transfere a sua titularidade, ou, simplesmente, a sua execução, por outorga ou delegação a autarquias, entidades paraestatais, empresas privadas ou particulares individualmente. Há a outorga quando o Estado cria uma entidade e a ela transfere por lei determinado serviço público ou de utilidade pública; há delegação quando o Estado transfere por contrato ou ato unilateral – permissão ou autorização –, unicamente a execução do serviço, para que o delegado o preste ao público em seu nome e por conta e risco, nas condições regulamentares e sob o controle da estatal.

As exigências para a prestação dos serviços de forma direta pelos próprios titulares seguirão as mesmas regras da prestação de forma direta, por gestão associada, via contrato de programa ou de forma indireta, por concessões. Ou seja, serão obrigados ao cumprimento das metas de universalização previstas no artigo 11-B, Lei nº 11.445/2007, com redação dada pela Lei nº 14.026/2020, que garantam o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, bem como o cumprimento do próprio plano municipal de saneamento básico e ser regulados e fiscalizados por órgão regulador do próprio titular ou por órgão de outro ente da federação. Nesse caso específico de delegação para agência reguladora de outro Estado, a Lei nº 14.026/2020 prevê, em seu artigo 13, § 4º, que o município que assim proceder terá prioridade para acessar aos recursos da União para a elaboração dos planos municipais de saneamento básico.

A lei, em seu artigo 13, § 3, incentiva, ainda, que os municípios que optarem pela concessão ou privatização dos serviços terão prioridade na liberação de recursos federais para a elaboração dos planos municipais. Observem que o condicionamento para o acesso

aos recursos vem acompanhado de um incentivo para que os municípios cometam um ato ilegal, tendo em vista que, no caso de concessão de serviços públicos, o referido parágrafo estabelece apenas a necessidade de aprovação do Poder Executivo, o que contraria frontalmente o artigo 175 da CF/88, que exige lei autorizativa. Apenas para os casos de privatização – venda de ativos – é que existe a recomendação expressa da necessidade de aprovação pela Câmara de Vereadores.

Além disso, caso os municípios que operam diretamente esses serviços não aderirem a prestação regionalizada, por meio de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas, microrregiões, ou por meio de unidades regionais de saneamento básico, não terão acesso aos recursos da União, por conta do condicionamento do acesso a esses recursos à implementação da prestação regionalizada.

A grande questão que se coloca é que, com as restrições ao exercício da titularidade, devido ao conceito de serviços de interesse local estabelecido na Lei, os municípios poderão deixar de prestar alguns desses serviços que não serão mais identificados como prestação direta. Com isso, caso o STF não julgue inconstitucional tais dispositivos, a possibilidade de ampliação da prestação direta dos serviços, pelo próprio titular, será muito pequena ou quase nula, e os serviços prestados atualmente terão grandes dificuldades de serem mantidos. A redução dessa forma de prestação de serviços dar-se-á não só em razão das restrições impostas ao exercício da titularidade, ao acesso aos recursos e das exigências para conceder e/ou regionalizar a prestação dos serviços, mas também por conta da falta de capacidade de investimentos da maioria dos municípios brasileiros nesse tipo de serviço que exige um grande volume de recursos para a implantação, ampliação e reposição dos sistemas. Ou seja, as restrições, exigências e os incentivos para que o município não preste os serviços diretamente são tantos que, dificilmente, em um futuro próximo, restará algum serviço prestado pelo próprio titular.

2.2 A prestação direta, por gestão associada, por órgão ou entidade pertencente à administração de outro ente federado

Com o advento do Marco Legal e Regulatório, a partir de 2007, a prestação dos serviços por empresas estaduais de água e esgoto passaram a ser regidas pelas Leis nº 11.445/2007 e nº 11.107/2005, mediante a cooperação federativa, por meio da gestão associada de serviços públicos, autorizada por convênio de cooperação, disciplinado por lei, permitindo-se, assim, que o município possa firmar contrato de programa com essas empresas, com dispensa de licitação. Esses contratos devem atender às diretrizes estabelecidas no Marco Legal e Regulatório, fixando as metas e as regras da prestação, regulação e fiscalização dos serviços e estabelecendo os direitos e deveres das partes envolvidas.

É importante ressaltar que um dos objetivos da Lei nº 14.026/2020 é a proibição

da continuidade desse tipo de prestação de serviços e, caso o STF não considere inconstitucionais os dispositivos que proíbem a cooperação federativa entre o Estado e o município, futuramente, a tendência é que também essa forma de prestação de serviços deixe de ser praticada. Isso porque, apesar de todo o aparato legal estabelecer de forma contrária, o artigo 10, Lei nº 11.445/2007 e o § 8º, artigo 13, Lei nº 11.107/2005, alterados pela Lei nº 14.026/2020, contrariando a CF, proíbem a cooperação federativa entre o município e o Estado, por meio da gestão associada de serviços públicos e vedam a possibilidade de celebração de contrato de programa entre os municípios e as empresas estaduais de água e esgoto, além de estabelecerem que a delegação só poderá ser feita via concessão, precedida de licitação.

Como visto, ficam proibidos novos contratos de programa firmados entre municípios e empresas estaduais de água e esgoto, bem como as renovações dos contratos de programa vigentes. A partir daí, segundo esses dispositivos, os municípios só poderão prestar os serviços de forma direta pelo próprio ente ou por órgãos pertencentes à sua estrutura de administração, ou de forma indireta, por concessão, precedida de licitação. Assim, como poderá ser observado, tanto à luz da CF, quanto das normas infraconstitucionais, essas restrições ferem o texto constitucional.

De acordo com Ribeiro (2020, p. 47), a inconstitucionalidade presente no artigo 10, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, não está na expressão “vedada a sua disciplina mediante contrato de programa”, mas no início do texto, que afirma que a prestação dos serviços só poderá ser exercida por entidade ou órgão que integre a administração do titular ou, por contrato de concessão, excluindo a prestação dos serviços por gestão associada prevista no texto constitucional, ignorando a cooperação federativa entre estados e municípios, mediante a gestão associada de serviços públicos.

Segundo Rocha (2020), o contrato de programa ora vedado é o instrumento que a Lei nº 11.107/2005 estabelece para regulamentar as relações da prestação direta entre o titular e o prestador de serviços, no âmbito da gestão associada de serviços públicos. Esse contrato representa, para o saneamento básico brasileiro, a concretização do princípio do federalismo cooperativo, previsto na CF em que a supremacia do interesse público é preservada, sem que haja qualquer pretensão de exclusão da população mais vulnerável social e economicamente. Isso porque ele preserva o sistema de subsídio cruzado entre as áreas superavitárias que compensarão os investimentos públicos necessários às áreas deficitárias, mas que congregam populações desassistidas e com menores garantias de efetividade dos direitos humanos e sociais envoltos na prestação de um serviço público de saneamento básico de qualidade.

A questão fundamental, que inclusive está sendo questionada junto ao STF, é se a União, a despeito de ter a competência exclusiva para instituir diretrizes, prevista no artigo 21, XX, da CF/88, pode vedar a utilização de uma das formas de contratualização. Pode ser

observado que, tanto à luz da CF quanto das normas infraconstitucionais, essas restrições não têm amparo legal, deixando claro que a União está extrapolando a sua competência constitucional.

Resta saber se a vedação do contrato de programa preconizada pela Lei nº 14.026/2020 conseguirá sobreviver ao julgamento do STF, por meio das quatro ADIs já ajuizadas perante o Egrégio Tribunal. Vários juristas, entre eles, Wladimir Ribeiro, um dos maiores especialistas nessa área, que foi o consultor do governo federal na elaboração dos Projetos de Lei que propiciaram a instituição do Marco Legal e Regulatório do Saneamento Básico e da Lei de Consórcios Públicos, Convênio de Cooperação e Gestão Associada de Serviços Públicos, em várias intervenções, entendem que o STF poderá considerar esse dispositivo inconstitucional, tendo em vista que a proibição da prestação direta em regime de gestão associada de serviços públicos prevista no artigo 241 da CF/88 viola a autonomia dos entes federados reconhecida pela Carta Magna e na jurisprudência do próprio STF. Isso porque, ao invés de disciplinar as formas de prestação de serviços públicos de saneamento básico, a lei federal está definindo e impondo ao Município quais formas ele deve adotar.

Além de propor acabar com os contratos de programa, a Lei nº 14.026/2020 comete mais uma inconstitucionalidade, ao prever, no artigo 14, § 1º, que, na situação de alienação do controle acionário da empresa pública ou sociedade de economia mista, fica dispensada a anuência do titular dos serviços, caso o controlador da empresa pública ou da sociedade de economia mista não manifeste a necessidade de alteração de prazo, de objeto ou de demais cláusulas do contrato no momento da alienação. A propósito, esse dispositivo fez parte do conjunto dos três artigos que deveriam ter sido vetados pelo presidente da República, em função do acordo feito no Senado Federal para possibilitar a aprovação do PL nº 4.162/2019. Mesmo tendo sido considerado inconstitucional pelos próprios senadores e senadoras, o presidente da República, descumprindo o acordo feito no Senado Federal, não vetou esse dispositivo.

De forma ilegal, estabelece no *caput* do artigo 14, da Lei nº 14.026/2020, que os contratos de programa vigentes serão transformados em contratos de concessão no caso da alienação do controle acionário da empresa pública ou sociedade de economia mista. Essa questão, como consequência do dispositivo anterior, também é inconstitucional, porque os contratos de programa que regulam as condições e obrigações dos titulares e prestadores de serviços por empresas públicas ou sociedade de economia mista são firmados com dispensa de licitação, por serem fruto de cooperação federativa, por meio da gestão associada de serviços públicos e autorizado por convênio de cooperação, conforme artigo 241 da CF/88.

De acordo com Ribeiro (2021), o contrato de programa é o instrumento utilizado para disciplinar uma das formas de prestação direta de serviços públicos executada por órgão ou entidade integrante da administração de outro ente federado, por meio da gestão

associada, prevista no artigo 241, da CF. Não há, portanto, que se confundir o contrato de programa que é fruto da cooperação federativa, firmado com dispensa de licitação, com o contrato de concessão, cujos interessados competem por meio de licitação, com a finalidade de obtenção de lucro pela prestação de serviços.

Por tudo isso, os contratos de programa não poderão ser transformados em contrato de concessão, que, segundo o artigo 175 da CF, exige licitação. Na realidade, o § 6º, artigo 13, da Lei nº 11.107/2005, revogado pela Lei nº 14.026/2020, deixava muito claro que nestas situações os contratos seriam extintos. (OLIVEIRA FILHO, 2019).

Como já referido anteriormente, a Carta Magna estabelece a prestação direta pelo poder público como uma das formas de prestação dos serviços, tanto pelo próprio titular, de forma isolada, quanto no âmbito da coordenação interfederativa, pelos titulares dos entes integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, do mesmo modo que a prestação dos serviços por gestão associada é uma das formas de prestação direta, por meio da cooperação federativa, conforme enuncia o inciso XIII, artigo 2º, Decreto nº 6.107/2007, que regulamenta a Lei nº 11.107/2005.

No caso específico da prestação direta pelo poder público, analisando todos os dispositivos que tratam do tema, interpretando a redação dos artigos 10, Lei nº 11.445/2007 e do §8º, artigo 13, Lei nº 11.107/2005, alterados pela Lei nº 14.026/2020 e comparando-os com os dispositivos constitucionais e toda a legislação correlata, observa-se que, ao estabelecer que “a prestação dos serviços públicos de saneamento básico por entidade que não integre a administração do titular depende da celebração de contrato de concessão” (BRASIL, 2020), a lei define que a prestação dos serviços, de forma direta, será executada por órgão ou entidade que integre a administração do titular. Portanto, considerando as diversas formas do exercício da titularidade, pode-se interpretar que a prestação direta poderá ser executada por órgão ou entidade pertencentes à administração dos entes integrantes de consórcios público ou convênio de cooperação ou integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões.

Do mesmo modo, o inciso II, artigo 9º, Lei nº 11.445/2007, com redação dada pela Lei nº 14.026/2020, mostra que o titular poderá prestar diretamente, ou conceder os serviços. Com isso, a lei está admitindo que as empresas estaduais de água e esgoto poderão prestar diretamente os serviços, no âmbito das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, tendo em vista que elas integram a administração indireta de um dos titulares dos serviços. Isso, porque a Lei também estabelece, no seu artigo 8º, II, que o Estado, nesses casos, exerce a titularidade em conjunto com os municípios que integram essas regiões.

Portanto, a prestação de serviços por entidade que integre a administração direta ou indireta de qualquer um dos titulares dos serviços é considerada uma prestação de forma direta pelo poder público, que não exige licitação, conforme demonstra o artigo 24,

incisos VII e XXVI, Lei nº 8.666/1993 ou o artigo 75, incisos IX e XI, Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, que atualizou a lei de licitações e contratos, mantendo nesses dispositivos as mesmas redações dos incisos VIII e XXVI do artigo 24 da Lei nº 8.666/1993, citados acima. Pode ser observado que esses dispositivos da Lei de Licitações permitem, de forma muito clara, a possibilidade da contratação das empresas estaduais de água e esgoto, pelos próprios municípios ou mesmo pela entidade interfederativa, representando todos os municípios integrantes das respectivas regiões, com dispensa de licitação, desde que tenham sido criadas para esse fim específico em data anterior à vigência dessa lei.

Ademais, é importante ressaltar que nenhuma lei ordinária pode inserir exceções onde a Carta Magna não impõe. Por conta disso, a restrição inserida nesses dispositivos não se sustenta por si só, e entra em contradição com o *caput* do próprio artigo 13, Lei nº 11.107/2005, que estabelece: “deverão ser constituídas e reguladas por contrato de programa, as obrigações que um ente da federação constituir para com outro ente em que haja a prestação de serviços públicos por gestão associada”. Ou seja, o contrato de programa deverá ser firmado em qualquer prestação de serviço público por cooperação federativa mediante a gestão associada, conforme preconiza a Lei de Consórcios Públicos.

Da mesma forma, o § 5º, do mesmo artigo, também constata essa contradição ao estabelecer a necessidade da celebração do contrato de programa por entidades de direito público ou privado que integrem a administração indireta de qualquer dos entes da federação consorciados ou conveniados, desde que devidamente autorizados. Portanto, excluir os serviços públicos de saneamento básico, por cooperação federativa entre os municípios e o Estado, mediante a gestão associada de serviços públicos, não tem amparo legal, porque, além da inconstitucionalidade, se configura como mais um casuísmo, não fazendo nenhum sentido, a não ser por questões nada republicanas, como, por exemplo, privilegiar o setor privado em detrimento do setor público.

Finalmente, examinando-se os dispositivos acima, verifica-se que, mesmo tendo sido vedada a celebração de contrato de programa e a contratação direta das empresas estaduais de água e esgoto pelos municípios, o texto também referenda as duas formas possíveis de prestação dos serviços previstas no artigo 175, da CF/88, a prestação direta pelo poder público, e a indireta, por particulares.

2.3 A prestação direta regionalizada por órgãos ou entidades integrantes da administração dos titulares dos serviços

A estruturação da prestação regionalizada se configura como uma das principais alterações estabelecidas pela Lei nº 14.026/2020 e, do mesmo modo que a vedação do contrato de programa, vai impactar decisivamente nos serviços públicos de saneamento básico, não por conta da proposta de regionalização em si, mas pelos critérios definidos para a sua estruturação, de forma completamente inadequada e, até mesmo, inconstitucional.

A prestação regionalizada estruturada de forma adequada e de acordo com os instrumentos constitucionais é uma excelente proposta para ser implementada nos estados, não só pela necessidade da prática de subsídios cruzados, bem como por conta da necessidade de integração por bacias hidrográficas e dos serviços de interesse comum, em função, por exemplo, dos sistemas de abastecimento de água, por meio de grandes adutoras que atendem a diversos municípios existentes no país, principalmente nos estados do Nordeste. O grande problema é que a proposta foi completamente desvirtuada e obriga a implementação da regionalização, estabelecendo novos critérios para as suas instituições, sem cumprir, na sua totalidade, as diretrizes e critérios constantes nos dispositivos constitucionais e infraconstitucionais (OLIVEIRA FILHO, 2020).

O Marco Legal e Regulatório original, nos artigos 14, 15 e 16, revogados pela Lei nº 14.026/2020, já preconizava todas as formas de prestação regionalizada previstas na CF, portanto, não seria necessário alterar a lei para permitir a regionalização. Segundo Montenegro e demais autores (2021), é importante destacar que a CF estabelece dois únicos instrumentos para a sua estruturação, por coordenação federativa ou por cooperação federativa:

I. Por coordenação federativa instituída, de forma compulsória, por meio de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, por Lei Complementar Estadual e constituídas por municípios limítrofes e o Estado, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum, conforme o artigo 25, § 3º, da CF/88, Estatuto da Metrópole e decisões do STF (ADI nº 1.841-RJ; nº 1.842-RJ; nº 2.077-BA; e nº 796-ES);

II. Por cooperação federativa, mediante a gestão associada de serviços públicos, instituída de forma voluntária, pela vontade das partes e autorizadas por consórcio público ou convênio de cooperação, podendo participar todos os entes federados – Municípios, não necessariamente limítrofes, a União, os Estados e o Distrito Federal –, desde que sejam disciplinadas por lei, em cada uma das casas legislativas de todos os seus integrantes, conforme determina o artigo 241 da CF/88 e Lei nº 11.107/2005 (MONTENEGRO et al., 2021, p. 12).

Já o artigo 3º, VI, a, b e c, Lei nº 11.445/2007, com redação dada pela Lei nº 14.026/2020, conceitua e estabelece as formas de estruturação da prestação regionalizada, por meio de: i) regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões; ii) unidades regionais de saneamento básico; e iii) blocos de referência. Como poderá ser observado adiante, essas formas de prestação regionalizada prescritas na Lei não cumprem, na sua totalidade, os dispositivos previstos na CF, porque, apesar de considerar a sua estruturação por meio de regiões metropolitanas aglomerações urbanas e microrregiões, impõem restrições para as suas instituições não exigidas na Carta Constitucional. Além

disso, as duas novas formas de estruturação por unidade regional e blocos de referência não observam as regras da gestão associada estabelecidas no artigo 241 da CF/88 e na Lei nº 11.107/2005, bem como não deixa estabelecida, de forma clara, os critérios para suas instituições.

Os instrumentos para a estruturação da prestação regionalizada já estão definidos na CF. A Lei nº 14.026/2020, ao revogar os artigos (14, 15 e 16), da Lei nº 11.445/2007, que estabelecia todas as formas de prestação de serviços previstas na CF/88, e propor novas formas de regionalização, estabelece uma enorme confusão com relação aos critérios para a estruturação dessas formas de prestação de serviços públicos, não só por conta da péssima redação que dá margem a diversas interpretações, bem como porque a lei aprovada prevê a regionalização, de forma completamente inadequada e fora da realidade dos instrumentos legais e das próprias características do Estado Brasileiro. Também pode ser observado que, apesar da possibilidade prevista na CF da prestação regionalizada ser estruturada por meio de consórcio público, a Lei nº 14.026/2020, ao revogar o inciso I, artigo 16 da Lei nº 11.445/2007, deixou de prever essa possibilidade. Portanto, pela nova legislação, os consórcios públicos não poderão ser instituídos para prestar os serviços. Essa exclusão não tem amparo legal, porque é evidente que, como a CF/88 permite, uma lei ordinária não pode restringir a sua utilização.

É importante ressaltar que os instrumentos de regionalização preconizados não implicam, necessariamente, prestação unificada dos serviços. Ainda que essa seja uma das possibilidades no âmbito do exercício conjunto de titularidade, a formalização da estrutura regionalizada e a adesão municipal, quando aplicável, não vinculam necessariamente os entes federados integrantes a adotarem um mesmo prestador (MONTENEGRO et al., 2021).

A referida lei é tão confusa, pois mistura conceitos da prestação de serviços de interesse comum com funções públicas de interesse comum. Segundo o Estatuto da Metrópole, como já referido, a função pública de interesse comum é definida como uma política pública ou ação nela inserida cuja realização por parte de um município, isoladamente, seja inviável ou cause impacto em municípios limítrofes. Já os serviços de interesse comum referem-se aos serviços prestados de forma regionalizada. Portanto, enquanto a função pública de interesse comum se refere à política pública que envolve a organização e a gestão – planejamento, regulação, prestação dos serviços e sua fiscalização –, a prestação dos serviços públicos de interesse comum, como o próprio nome já sugere, refere-se propriamente à prestação dos serviços.

Além de toda a confusão estabelecida, a proposta de estruturação da prestação regionalizada dos serviços não observa os critérios estabelecidos na Carta Constitucional, bem como não cumpre o estabelecido no Estatuto da Metrópole e nas decisões do STF, sobre a gestão associada de serviços públicos e o regime jurídico-institucional de governança

das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Isso porque restringe o conceito de serviços públicos de interesse comum e limita a competência dos titulares na definição da política e na gestão dos serviços públicos de saneamento básico, tanto no âmbito da cooperação federativa, quanto da coordenação federativa.

Desse modo, apesar das restrições impostas, o texto da Lei nº 14.026/2020 estabelece, no seu artigo 8º, § 1º, I, Lei nº 11.445/2007, que a prestação de serviços públicos de saneamento básico, por cooperação federativa, mediante a gestão associada de serviços públicos, é também uma forma de prestação direta, porque será exercida no âmbito da Administração Pública, seguindo os preceitos constitucionais. Essa questão é extremamente importante, pois daí deriva a constatação de que a prestação direta também poderá ser prestada por coordenação federativa, por órgãos ou entidades que integram a administração indireta dos entes titulares dos serviços, integrantes de regiões metropolitanas aglomerações urbanas e microrregiões.

Ao analisar conjuntamente todos esses dispositivos, e considerando que há permissão constitucional, constata-se que a tese da restrição da prestação de serviços por gestão associada de serviços públicos, no âmbito dos consórcios públicos, convênios de cooperação e regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, por meio de entidades que integrem a administração de outro ente federativo, não se sustenta. Isso porque, nesses casos, há o exercício da titularidade de forma conjunta e compartilhada entre todos os integrantes dos consórcios públicos e das respectivas regiões e a prestação dos serviços será executada pela Administração Pública.

Dessa forma, considerando o Marco Legal, e, de acordo com os artigos 25, § 3º; 175 e 241 da CF/88, as decisões do STF e a Lei nº 13.089/2015, a prestação direta poderá ser realizada por órgão ou entidade da administração do titular dos serviços exercida individualmente pelos municípios, nos caso de serviços de interesse local ou dos titulares integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões e de consórcio público ou convênio de cooperação, nos casos de serviços de interesse comum.

Independentemente dessa questão que, por si só, já permitiria a adoção da cooperação e coordenação federativas, a Carta Magna estabeleceu, como princípio, o modelo federativo fundamentado na cooperação e solidariedade entre os entes federados. Desse modo, a União, Estados, Municípios e o Distrito Federal devem atuar no contexto das políticas públicas e das ações decorrentes delas, quer sejam atividades sociais ou econômicas, de forma conjunta e integrada, com vistas a garantir um desenvolvimento nacional equilibrado, com a diminuição e a progressiva eliminação das disparidades e desigualdades regionais existentes nas diversas regiões do país (OLIVEIRA, 2013). Portanto, toda e qualquer ação ou atividade que desconsidere esse princípio, como é o caso da Lei nº 14.026/2020, deverá ser considerada inconstitucional.

Essa forma de cooperação entre entes federados na prestação dos serviços

públicos é comumente utilizada na Europa, sendo conhecida como *in-house providing*, que é considerada uma prestação direta, justamente porque fica na “Casa da Administração Pública”, exercida por órgão ou entidade da administração de outro ente federado, desde que a entidade seja totalmente pública (autarquia, empresas públicas ou sociedades de economia mista com a totalidade das ações nas mãos do poder público). Diferentemente do Brasil, na Europa, existem instrumentos para disciplinar a prestação de serviços públicos em regime de cooperação federativa. Um desses instrumentos utilizados é o *in-house providing contract* para regular a prestação de serviços por cooperação federativa. Essa prática está definida na *Directiva 92/50*, do Conselho da Comunidade Econômica Europeia (CEE), de 18 de junho de 1992, artigo 1º¹ relativa à coordenação dos processos de adjudicação de contratos públicos de serviços.

Segundo essa *Directiva*, considera-se “organismo de direito público” qualquer organismo criado com o objetivo específico de satisfazer necessidades de interesse geral, sem caráter industrial ou comercial, dotado de personalidade jurídica e financiado maioritariamente pelo Estado, por autarquias locais ou regionais ou por outros organismos de direito público, ou submetido a um controle de gestão por parte dessas entidades, ou que tenha um órgão de administração, de direção ou de fiscalização cujos membros são, em mais de 50%, designados pelo Estado. Essa definição se encaixa perfeitamente no nosso regime jurídico-institucional, no qual as empresas estaduais de água e esgoto com controle total do Estado e as autarquias locais ou regionais foram criadas com objetivo específico de prestar os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O artigo 11, nº 3, alínea b), da *Directiva 92/50*, define que “as entidades adjudicantes podem celebrar contratos públicos de serviços recorrendo a um procedimento por negociação, sem publicação prévia de um edital de licitação” (TRIBUNAL DE JUSTIÇA DA UNIÃO EUROPEIA, 2009). Nesse sentido, o Tribunal de Justiça da União Europeia criou jurisprudência ao rechaçar a possibilidade de não considerar a cooperação entre entes públicos para a prestação dos serviços como uma prestação direta, exatamente por violar a autonomia municipal, entendendo que

[...] o imperativo da concorrência encontra um limite na autonomia das coletividades locais de organizarem por seus próprios meios os serviços de interesse geral. [...] Com efeito, aceita-se que uma autoridade pública tenha a possibilidade de desempenhar as missões de interesse público que lhe incumbem através dos seus próprios meios, administrativos, técnicos e outros, sem ser obrigada a recorrer a entidades externas que não pertençam aos seus serviços.² Esta possibilidade de as autoridades públicas recorrerem

¹*Directiva 92/50*, do CEE, de 18 de junho de 1992, artigo 1º:

a) Os contratos públicos de serviços são contratos a título oneroso celebrados por escrito entre um prestador de serviços e uma entidade adjudicante [...];
b) São consideradas “entidades adjudicantes” o Estado, as autarquias locais ou regionais, os organismos de direito público, as associações formadas por uma ou mais autarquias ou organismos de direito público.

2 Acórdãos *Coditel Brabant* nº 48 e nº 49.

aos seus próprios meios para darem execução às suas missões de serviço público pode ser exercida em colaboração com outras autoridades públicas (TRIBUNAL DE JUSTIÇA DA UNIÃO EUROPEIA, 2009).³

O Acórdão ressalta ainda que a jurisprudência do Tribunal de que o concurso público – na nossa doutrina, a licitação – não é obrigatório, no caso de a autoridade pública, que é uma entidade adjudicante, exercer sobre a entidade distinta em causa, um controle análogo ao que exerce sobre seus próprios serviços, desde que essa entidade realize o essencial da sua atividade com ela ou com outras autarquias locais que a detêm.⁴

Segundo Ribeiro (2021a, p. 43), citando a *Convenzione Per Regulamentare I Rapporti Fra L'agenzia di Ambito Per I Servizi Pubblici*,⁵ informa que:

na Itália o *in-house providing contract* é designado como *accordo di programma*, que é um complemento natural da *gestione associata di servizi pubblici*, especialmente de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (*servizio idrico integrato*) e de manejo de resíduos sólidos urbanos (*gestione dei rifiuti urbani*). É importante lembrar que o *acordo di programma* foi a origem da denominação brasileira do contrato de programa.

Como é possível perceber, as regras do *in-house providing* se aplicam para as autarquias locais, regionais ou organismos de direito público controlados pelo Estado. No entanto, é importante sublinhar que a Suprema Corte Brasileira, em diversos processos⁶, equiparou as empresas de economia mista de água e esgoto, de direito privado, com a totalidade das ações em mãos do poder público, com as autarquias de direito público, nos processos em que julgou e concedeu a imunidade tributária recíproca a todas essas empresas. Doutro lado, o Plenário do STF sentenciou que sociedades de economia mista de capital aberto, cuja participação acionária é negociada em bolsas de valores e que estejam voltadas à remuneração do capital de seus controladores ou acionistas não estão abrangidas pela regra de imunidade tributária recíproca. A decisão se deu no julgamento do Recurso Extraordinário (RE) 600.867 da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) com repercussão geral reconhecida (Tema 508).⁷

No Brasil, mais recentemente, o STF cria jurisprudência também ao equiparar as

3 Acórdão Asemfo, nº 65.

4 Acórdãos Teckal, nº 50, e Stadt Halle e RPL Lochau, nº 49.

5 ED IL GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO INTEGRATO - Art. 11 COMMA 2º L.N.36/1994 e art. 14 COMMA 1º L.R.N. 25/99 come modificata dalla L. R. nº 1/2003.Bologna, diciembre, 2004.

6 RE 765.930/DF, decisão monocrática do ministro Dias Toffoli de 20 de fevereiro de 2015, transitada em julgado, que reconheceu imunidade tributária à Companhia de Saneamento Básico do Distrito Federal (Caesb); ACO nº 2.7571R1, que reconheceu imunidade tributária para a Companhia Estadual de Aguas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae); ministro Luiz Fux, em 11 de maio de 2017; ACO nº 2.243/AL; relatório do ministro Dias Toffoli, em 27 de maio de 2016, que reconheceu imunidade tributária para a Companhia de Saneamento de Alagoas (Casal); AC n. 1.851/QO; relatório da ministra Ellen Grace, em 17 de junho de 2008, em que se reconheceu a imunidade tributária para a Companhia de Aguas e Esgotos de Rondônia (Caerd) e ACO n. 2.730 AgR; Relatório do ministro Edson Fachin, em 3 de abril de 2017, que reconheceu a imunidade tributária para a Companhia de Saneamento do Estado do Espírito Santo (Cesan).

7 Redator do Acórdão ministro Luiz FUX, sessão virtual de 14 de agosto de 2020 a 21 de agosto de 2020.

empresas de economia mista, com a totalidade das ações em mãos do poder público, no âmbito dos processos de inclusão delas, no regime constitucional de precatórios. Portanto, as diretrizes do *in-house providing* também se aplicam às empresas públicas e sociedade de economia mista de capital fechado, com o controle total do poder público, e não se aplicam às de capital aberto, com ações negociadas na bolsa de valores e que remunerem o capital dos seus controladores ou acionistas.

Com isso, é possível depreender que as empresas públicas e sociedade de economia mista com a totalidade das ações em mãos do poder público são equiparadas às autarquias, por decisão do STF, tanto nos processos que envolvem a imunidade tributária recíproca, quanto nos que envolvem a inclusão delas no regime constitucional dos precatórios. Portanto, nesses casos, estão totalmente de acordo com as diretrizes do *in-house provinding*.

Como se pode perceber, à luz dos artigos 23, IX, 25, § 3º, 30, I e V, 175 e 241 da CF/88 e da leitura conjunta de dispositivos das Leis nº 11.445/2007, nº 11.107/2005, nº 8.666/1993, nº 13.089/2015 e nº 14.026/2020, e da própria experiência europeia, a tese da prestação dos serviços de forma direta, no âmbito da coordenação federativa e da cooperação federativa, é perfeitamente factível, exatamente porque envolvem a Administração Pública dos titulares dos serviços.

Diane do exposto, percebe-se que, apesar das contradições existentes na Lei nº 14.026/2020, entre as formas propostas para a estruturação da prestação regionalizada, a que causará menor problema para as suas instituições, inclusive do ponto de vista da segurança jurídica, são as hipóteses da coordenação federativa, por meio da instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, tendo em vista que já existe toda uma jurisprudência no ordenamento jurídico pátrio, estando definidas as diretrizes e regras para as suas instituições e a forma de governança interfederativa.

Como também poderá ser constatado, a falta de diretrizes e regras claras para a instituição de unidades regionais de saneamento básico e dos blocos de referência, inclusive a estruturação das suas governanças, provocará vários problemas quando das suas criações, considerando que além das imperfeições e imprecisões existem questões relacionadas à inconstitucionalidade previstas no âmbito da cooperação federativa, por meio da gestão associada de serviços públicos. Por conta disso, os estados poderão, por exemplo, dividir o seu território em várias unidades, sem nenhum critério para as suas criações, ou até mesmo instituir uma única unidade em todo o seu território. Aliás, isso já está ocorrendo, vários estados, até por conta do prazo definido na lei para instituir a regionalização – até 15 de julho de 2021 – já estão propondo as mais diversas formas de regionalização, a exemplo do estado de São Paulo que instituiu quatro unidades regionais em todo o estado, sendo uma com 370 municípios situados em todas as regiões do estado, com o único critério de serem operados pela Sabesp. Ou seja, descumpre-se até mesmo o § 3º, artigo 19

da Lei nº 11.445/2007, que estabelece que os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas e com planos diretores dos municípios em que estiverem inseridos, ou com os planos de desenvolvimento urbano integrado das unidades regionais por eles abrangidas. Diante disso, pergunta-se: essa unidade regional aprovada pelo estado de São Paulo atende aos requisitos da integração por bacias hidrográficas? Ou mesmo obedece ao plano de desenvolvimento integrado da unidade regional? É óbvio que não.

Como será observado adiante, em função das contradições existentes na proposta de regionalização, o ideal seria que a lei estabelecesse a sua estruturação baseada nos instrumentos previstos na CF/88, por cooperação federativa autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação ou por coordenação federativa com a instituição de regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões. Seria muito mais fácil utilizar esses instrumentos, porque já existem regras, diretrizes e critérios para as suas instituições. Com isso, a estruturação da regionalização se daria de uma forma mais rápida, precisa e segura e não causaria insegurança jurídica que a proposta contida na lei com certeza irá causar. A seguir, serão analisadas as formas de estruturação da prestação regionalizada preconizadas pela Lei nº 14.026/2020.

A prestação regionalizada por regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões

Como se depreende da leitura do artigo 3º, VI, uma das formas de estruturação da prestação regionalizada, prescrita na Lei nº 11.445/2007, é por meio de regiões metropolitanas, aglorações urbanas ou microrregiões, instituídas pelos estados, mediante Lei Complementar, de acordo com o § 3º, artigo 25, CF/88, composta de agrupamento de municípios limítrofes, instituída nos termos da Lei nº 13.089/2015 – Estatuto da Metrópole –, com o objetivo de integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

Para analisar essa forma de prestação regionalizada, faz-se necessário examinar de forma conjunta, o artigo 3º, VI, a, da Lei nº 11.445/2007, com o inciso XIV, do mesmo artigo, no qual é definido o conceito de serviços públicos de interesse comum, como sendo, serviços de saneamento básico prestados em regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões instituídas por lei complementar estadual, em que se verifique o compartilhamento de instalações operacionais de infraestrutura de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário entre dois ou mais municípios que compartilham, no todo ou em parte, referidas instalações operacionais.

Nessa hipótese, segundo a CF/88 e as decisões do STF sobre o tema, no exercício da titularidade conjunta entre os municípios e o Estado, a entidade interfederativa responsável pela governança dessas regiões deliberará sobre qualquer ação ou atividade que envolva

a política pública de qualquer serviço que seja considerado como função pública de interesse comum, como é o caso do saneamento básico. Portanto, poderá deliberar sobre a organização, a gestão, o planejamento, a regulação, e a forma da prestação e da execução dos serviços. É importante lembrar que, para que qualquer política pública seja considerada como função de interesse comum, é necessário, apenas, que no ato da instituição dessas regiões, por meio de Lei Complementar Estadual, ela seja definida como tal.

A Lei nº 14.026/2020, a princípio, define acertadamente o conceito de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, porque, remete ao artigo 25, § 3º, da CF/88 e ao Estatuto da Metrópole. A questão que se coloca é que a legislação aprovada limita e restringe os critérios para a instituição dessas regiões ao exigir o compartilhamento de instalações operacionais de infraestrutura dos serviços entre dois ou mais municípios integrantes dessas regiões.

Como pode ser notado, a CF, as decisões do STF e o Estatuto da Metrópole não estabelecem nenhuma exigência sobre a necessidade de qualquer tipo de compartilhamento de estruturas e unidades operacionais para a instituição dessas regiões e para o pleno exercício da titularidade de forma compartilhada pelo Estado e o conjunto de municípios.

Nesse caso, segundo Ribeiro (2020), o legislador federal pretende restringir e limitar a competência do legislador complementar estadual de considerar o saneamento básico como função pública de interesse comum, quando da instituição de região metropolitana, aglomeração urbana e microrregião. Pela redação dada, somente nas situações em que se verifique o compartilhamento de instalações operacionais de infraestruturas de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário é que seria possível estabelecer o saneamento básico como função pública de interesse comum. Ou seja, a lei mostra-se inconstitucional, por prever requisito não estabelecido na Carta Magna para exercício de competência expressamente prevista no seu texto. Pode ser observado que os requisitos já estão fixados: municípios limítrofes, portanto, com continuidade territorial e pertencente a um mesmo Estado; a compulsoriedade; e, ainda, a lei complementar estadual.

Para corroborar essa tese, o STF, na ADI nº 1.842-RJ, deixou assentado, inclusive na ementa, que não é necessário o compartilhamento de unidades operacionais e infraestrutura dos serviços entre municípios para a instituição de regiões metropolitanas aglomerações urbanas e microrregiões. Elas poderão ser instituídas com o objetivo de executar e planejar a função pública de saneamento básico, atender adequadamente às exigências de higiene e saúde pública e dar viabilidade econômica e técnica aos municípios menos favorecidos.

Como é evidente, o STF reconhece que o Estado pode instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões para integrar o planejamento, a organização e a execução de função pública do saneamento básico, seja: (i) por razões de integração física; (ii) por razões de natureza técnica e econômica, para assegurar que todos, inclusive os municípios menos favorecidos, tenham acesso ao saneamento básico. Além disso, a

integração pode se dar por razões econômicas, de forma que, mediante o subsídio cruzado, todos os municípios tenham acesso ao saneamento básico. É importante ressaltar que o subsídio cruzado é o instrumento, hoje, utilizado pelas empresas estaduais de água e esgoto para avançar na universalização dos serviços. Permitir que os municípios, mesmo em integração metropolitana, possam se evadir desse sistema, sem exagero, levará o saneamento básico ao colapso. Portanto, não há obrigatoriedade constitucional das regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões terem que compartilhar, no todo ou em parte, instalações operacionais de infraestrutura de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário.

Aliás, como já referido, o conceito de serviços de interesse comum é mais um dos equívocos e imperfeições dessa lei, o que não deixa de ser risível, por demonstrar a incapacidade dos propositores e legisladores quando da sua elaboração e aprovação. Além das restrições listadas no parágrafo anterior, pela redação dada, só serão considerados serviços públicos de interesse comum os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados em regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões. Ou seja, exclui desse conceito os serviços públicos de saneamento básico prestados por meio de consórcios públicos ou convênio de cooperação, bem como os de manejo de resíduos sólidos e águas pluviais nas regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões. Trata-se de mais uma proposta completamente equivocada e fora de propósito tendo em vista que todos os serviços públicos de saneamento básico de interesse comum – não apenas os de água e esgoto – poderão ser prestados tanto no âmbito de regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões, quanto no âmbito dos consórcios públicos ou convênios de cooperação.

Em mais um dispositivo, no mínimo, polêmico, o artigo 8º-A, facilita a adesão dos titulares dos serviços para todas as formas de prestação regionalizada, incluindo a estruturada por regiões metropolitanas, aglorações urbanas e microrregiões, considerando que a CF/88, bem como a jurisprudência firmada no STF, no julgamento da ADI nº 1.842-RJ, relator para o Acórdão, ministro Gilmar Mendes estabelece, de forma muito clara, a compulsoriedade sobre a instituição dessas regiões:

O interesse comum e a compulsoriedade da integração metropolitana não são incompatíveis com a autonomia municipal. 'O mencionado interesse comum não é comum apenas aos municípios envolvidos, mas ao Estado e aos municípios do agrupamento urbano.' (STF 5/04/2019 - Pg. 249 | Supremo Tribunal Federal ...) O caráter compulsório da participação deles em regiões metropolitanas, microrregiões e aglorações urbanas já foi acolhido pelo Pleno do STF (ADI 1841/RJ, Rel. Min. Carlos Velloso, DJ 20.9.2002; ADI 796/ES, Rel. Min. Néri da Silveira, DJ 17.12.1999). (ADI 1842-RJ - Relator p/ o Acórdão, Min. Gilmar Mendes, j. 06/03/2013).

Prossegue, ainda o ministro Gilmar Mendes, na mesma ADI 1.82-RJ:

Para o adequado atendimento do interesse comum, a integração municipal do serviço de saneamento básico pode ocorrer tanto voluntariamente, por meio de gestão associada, empregando convênios de cooperação ou consórcios públicos, consoante o arts. 3º, II, e 24 da Lei Federal 11.445/2007 e o art. 241 da Constituição Federal, como compulsoriamente, nos termos em que prevista na lei complementar estadual que institui as aglomerações urbanas.

A instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões pode vincular a participação de municípios limítrofes, com o objetivo de executar e planejar a função pública do saneamento básico, seja para atender adequadamente às exigências de higiene e saúde pública, seja para dar viabilidade econômica e técnica aos municípios menos favorecidos. Repita-se que este caráter compulsório da integração metropolitana não esvazia a autonomia municipal. (ADI 1842-RJ - Relator p/ o Acórdão, Min. Gilmar Mendes, j. 06/03/2013).

Sendo assim, esse dispositivo é inconstitucional, porque contraria a doutrina específica sobre o tema. Portanto, diferentemente o que preconiza a lei, a integração dos entes federados para a prestação dos serviços públicos de interesse comum poderá ser feita de forma compulsória ou voluntária.

Nessa esteira, o STF, em decisão adotada no julgamento da ADI nº 796-ES, repeliu a necessidade de concordância prévia dos municípios para integrarem as regiões metropolitanas previstas no artigo 219, § 1º, da Constituição do Estado do Espírito Santo. Acompanhando o voto do ministro Neri da Silveira, os ministros do STF, por unanimidade, julgaram inconstitucional a exigência da concordância prévia dos municípios para integrarem as regiões metropolitanas, por contrariar expressamente o disposto no artigo 25, § 3º, da CF/88 que confere, exclusivamente aos estados, a instituição de regiões metropolitanas, sem nenhum condicionamento ou restrição (RIBEIRO, 2020).

Ademais, a Egrégia Suprema Corte deliberou sobre a mesma matéria ao julgar a ADI nº 1.841-RJ, declarando inconstitucional o parágrafo único do artigo 357 da Constituição do Estado do Rio de Janeiro, que estabelecia a necessidade de aprovação prévia da Câmara de Vereadores para que os municípios participassem de regiões metropolitanas e, conforme o parecer do relator, ministro Carlos Veloso, a manutenção daquele dispositivo restringia a integração das funções públicas de interesse comum, bem como a instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamento de municípios limítrofe, depende apenas de lei complementar estadual.

A redação da Lei nº 14.026/2020 é tão mal elaborada e cheia de contradições, imperfeições e imprecisões que comete vários deslizes, a exemplo de ter vetado o § 4º, artigo 3º e, curiosamente, deixa de vetar o artigo 8º-A, ambos com redação idêntica, facultando a adesão dos titulares dos serviços públicos de saneamento de interesse local às estruturas das formas de prestação regionalizada, demonstrando, mais uma vez, a enorme confusão no âmbito do governo federal, que, a despeito das redações semelhantes, alegou inconstitucionalidade no primeiro, quando do seu voto, mas não as reconheceu no segundo.

Inclusive, nas razões para o voto, foi citado o enunciado do ministro Gilmar Mendes, como relator da ADI nº 1.842-RJ, que sentencia, de forma muito clara, que a facultatividade dos municípios detentores titulares dos serviços na participação da prestação regionalizada, viola o § 3º do artigo 25 da CF/88, ante a compulsoriedade da instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões.

Ao analisar esse item, o objetivo é demonstrar a inconsistência dos dispositivos da lei e comprovar a possibilidade e a viabilidade da prestação regionalizada dos serviços, estruturada em região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião, por entidade interfederativa criada para esse fim, ou por órgãos ou entidades pertencentes à estrutura administrativa de qualquer ente federado, titular dos serviços, integrante dessas regiões, entendendo que essa forma de prestação pode ser considerada direta, do mesmo modo que a prestação dos serviços de forma regionalizada, utilizando-se do instrumento da gestão associada de serviços públicos, autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação.

Portanto, por todo o exposto, a estruturação da prestação regionalizada por regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões pode e deve ser efetivada conforme os dispositivos constitucionais e decisões do STF e sem as restrições previstas na Lei nº 14.026/2020, relativas à exigência de compartilhamento de unidades operacionais para a instituição dessas regiões, bem como a de adesão dos municípios. Aliás, a estruturação da prestação regionalizada, via microrregiões, já está sendo implementada em diversos estados da federação, considerando as questões legais e constitucionais preconizadas na CF e no Estatuto da Metrópole.

A prestação direta regionalizada por unidades regionais de saneamento básico

A lei estabelece a instituição de unidades regionais de saneamento básico como uma das formas de estruturação da prestação regionalizada, que será instituída pelo Estado, mediante lei ordinária e constituída por municípios, não necessariamente limítrofes, com adesão voluntária dos mesmos e a exigência da estruturação da governança interfederativa. Apesar disso, não há clareza quanto à forma e aos critérios para a sua instituição. A estruturação é completamente aleatória, sem obedecer, por exemplo, o critério de integração por bacias hidrográficas previsto no § 3º, artigo 19, da própria Lei nº 11.445/2007, ou mesmo por sistemas integrados, tão comuns no Nordeste brasileiro ou qualquer critério ou lógica razoável para justificar a sua instituição. Com isso, cada Estado instituirá essas unidades obedecendo os seus próprios critérios, com grandes possibilidades de que a sua criação dar-se-á apenas no papel e sem o efetivo funcionamento, da mesma forma como aconteceu com a instituição de dezenas de regiões metropolitanas no país, sem critérios claros e objetivos para as suas criações, que, até hoje, não funcionam efetivamente, apesar

das decisões do STF e do advento do Estatuto da Metrópole.

Com as características estabelecidas para a sua criação, que são a instituição por lei ordinária estadual, constituída por municípios, não necessariamente limítrofes, a adesão voluntária dos municípios e a exigência da estruturação da governança interfederativa, esse tipo de unidade só poderá ser criada por cooperação federativa, sob o regime da gestão associada, autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação, tendo em vista que, para a instituição da regionalização por coordenação federativa, as exigências são por lei complementar estadual, de forma compulsória e agrupamento de municípios limítrofes.

Ocorre que, para instituir o consórcio público ou convênio de cooperação para autorizar a gestão associada de serviços públicos, o artigo 241, da CF/88 e a Lei nº 11.107/2005 exigem leis autorizativas de todos os titulares integrantes da unidade regional e não apenas a lei ordinária estadual, como estabelece a Lei nº 14.026/2020. Em virtude disso, a criação de unidades regionais, sem seguir os preceitos legais, poderá ter a sua constitucionalidade questionada perante o STF.

Segundo Ribeiro (2021c, p. 288 e 289),

é inválida a cooperação federativa em matéria de serviços públicos que, contrariando a Constituição, não se desenvolva em regime de gestão associada de serviços públicos; não tenha sido autorizada por consórcio público ou por convênio de cooperação entre entes federados e que não tenha sido disciplina por lei dos entes federativos cooperantes.

Portanto, a instituição de unidades regionais de saneamento básico apenas por lei ordinária estadual e sem a disciplina, por lei dos municípios integrantes e os blocos de referência autorizados, por convênio de cooperação sem autorização legislativa, configuram-se como inconstitucionais. Considera ainda que a ausência de qualquer desses requisitos configura a improbidade administrativa prevista no inciso XIV, artigo 10, Lei nº 8.429/1992 (Lei de Repressão à Improbidade Administrativa).

Como é possível perceber, os problemas começam, exatamente, quando a lei estabelece competência ao Estado para a criação dessas unidades. Não é demais lembrar que a CF/88 estabelece competência exclusiva para o Estado, apenas nos casos de regionalização, por meio de regiões metropolitanas, aglomeração urbana e microrregião, e não para instituí-la, por gestão associada, por meio de consórcio público ou convênio de cooperação. Essa competência é exclusiva dos entes federados que irão se consorciar. Nesse caso, a única possibilidade para a edição de uma lei ordinária estadual seria para autorizar a participação do Estado no consórcio público ou convênio de cooperação. Mesmo assim, é necessário a autorização legislativa, por lei ordinária de todos os municípios que pretendem se consorciar ou instituir o convênio de cooperação.

Na realidade, existe uma contradição na proposta apresentada que delega

competência aos estados para instituir as unidades regionais, constituídas apenas por municípios, não necessariamente limítrofes, por meio da cooperação federativa, mediante a gestão associada de serviços públicos e, ao mesmo tempo, sem deixar assentado, de forma clara, que o Estado também poderá fazer parte da unidade. Fica a dúvida. Se um ente federado, neste caso, o Estado, não fizer parte da cooperação, não seria necessária uma lei autorizativa estadual, e sim leis autorizativas de todos os municípios integrantes do consórcio público ou do convênio de cooperação.

Como pode ser visto, a lei, em vez de estabelecer critérios claros e objetivos para a instituição dessas unidades regionais, por meio de cooperação federativa, mediante a gestão associada de serviços públicos, autorizadas por consórcio público ou convênio de cooperação, ao contrário, preferiu inovar negativamente, criando instrumentos não previstos na Carta Constitucional e, o pior, sem obedecer aos critérios para a instituição desse tipo de cooperação.

A instituição de unidades regionais tem mais um problema jurídico-institucional, ao propor que as unidades regionais de saneamento básico devem contemplar, preferencialmente, pelo menos uma região metropolitana, facultada a sua integração por titulares dos serviços públicos de saneamento básico, conforme estabelecido no artigo 8º, § 2º. Com isso, o conflito de interesse está estabelecido entre a governança federativa das funções públicas de interesse comum das regiões metropolitanas com a governança das unidades regionais de prestação dos serviços. Quem vai deliberar sobre o planejamento, a regulação, a prestação dos serviços e sua fiscalização? É óbvio que não poderá ser a governança da própria entidade regional, porque contraria dispositivo da própria Lei nº 11.445/2007, ao estabelecer que as funções de regulação e fiscalização não poderão ser exercidas pela mesma unidade que presta os serviços, além de que uma lei ordinária não tem o condão de determinar a integração de uma região metropolitana, instituída por lei complementar, a uma unidade regional instituída por lei ordinária. Essa questão não tem amparo legal e ainda resultará em uma enorme insegurança jurídica.

Em função da diversidade de regiões metropolitanas existentes no país, em que cada Estado da federação seguiu critérios próprios e muito diferentes entre eles, independentemente dos problemas de ordem legal, as dificuldades operacionais serão muitas para atender a esse critério. Até porque, à guisa de exemplo: não foi instituída nenhuma região metropolitana no estado do Mato Grosso do Sul; estados que só possuem uma região metropolitana, a exemplo do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe, Amazonas, Amapá, Goiás e Mato Grosso ou duas, como Bahia, Minas Gerais, Pará, Maranhão e Rio Grande do Sul, e outros estados onde foram criadas um grande número de regiões metropolitanas, a exemplo da Paraíba (12), Santa Catarina (11), Alagoas (9), Paraná (8) e São Paulo (6).

As unidades regionais vão vincular, ao arreio da Constituição Federal, cada um

dos municípios que constituem a região metropolitana para incluí-los em cada uma das unidades regionais ou blocos instituídos? Ou será que vão fatiar, dividir e fragmentar os grandes municípios integrantes de regiões metropolitanas em regiões para que cada uma delas integre cada um dos blocos, como ocorreu na modelagem elaborada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o estado do Rio de Janeiro para a concessão privada dos serviços de água e esgoto prestados pela Cedae, no município do Rio de Janeiro?

O governo federal, por meio do BNDES, além de impor a participação do município na estrutura regionalizada, ainda dividiu o seu território em quatro regiões para compor cada um dos quatro blocos instituídos no Estado, de forma completamente autoritária, passando por cima da autonomia do município. Com isso, criou-se, além da insegurança jurídica, a possibilidade de cinco empresas, de forma inusitada, prestarem os serviços nesse município de forma segregada e fragmentada – a Cedae, na produção e tratamento de água, e mais quatro empresas privadas na distribuição.

Conforme pode ser constatado, fica muito difícil responder a essas e outras questões. São tantas as perguntas e as dúvidas que, nem a lei, nem os decretos, conseguem dirimir. Ao contrário, as contradições, imperfeições e imprecisões da lei aumentam muito mais as dúvidas existentes, estabelecendo-se uma grande confusão para a implementação dessas unidades.

A prestação direta regionalizada por blocos de referência

Para esta situação, a lei estabelece que os blocos de referência serão instituídos pela União e deverão ser criados formalmente por gestão associada voluntária dos titulares dos serviços, autorizada por consórcio público ou convênio de cooperação e constituídos por agrupamento de municípios não necessariamente limítrofes. Porém, segundo a lei, isso somente ocorrerá, caso os estados não criem e implementem as unidades regionais de saneamento básico, até um ano após a data da publicação da Lei nº 14.026/2020 (15 de julho de 2021), conforme prescreve o artigo 52, § 3º da Lei nº 11.445/2007 e do artigo 15 da Lei nº 14.026/2020.

Apesar de indicar corretamente que os blocos de referências serão criados formalmente, de forma voluntária pelos titulares, por gestão associada de serviços públicos, há mais um deslize ao prever a exigência de lei autorizativa somente para o caso da gestão associada ser autorizada por consórcio público e exigindo apenas uma declaração formal do titular dos serviços, nos casos de autorização por convênio de cooperação, o que contraria o artigo 241 da CF/88, que prevê a disciplina por lei, tanto para os consórcios públicos, quanto para os convênios de Cooperação.

Conforme já citado, qualquer implementação da gestão associada de serviços

públicos sem seguir os preceitos legais, previstos na CF, é inválida, e o gestor público que der causa poderá ser enquadrado na Lei de Improbidade Administrativa.

Observem que não existe nenhum dispositivo constitucional que permita que um ente da federação, que não seja o titular dos serviços, institua formas de prestação regionalizada. Essa competência é exclusiva do Estado-Membro, para o caso da instituição de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões e dos entes federados que planejam cooperar entre si, desde que autorizados por lei para integrar o consórcio público ou convênio de cooperação. Portanto, esse é mais um tema controverso presente na lei, tendo em vista que a União não tem competência constitucional, nem de forma suplementar, para estabelecer blocos visando à regionalização de um serviço em que não exerce a titularidade.

Além disso, fere o pacto federativo e a organização e autonomia dos entes federados – Estados, Municípios e Distrito Federal –, ao impor, a qualquer custo, a regionalização dos serviços sem obedecer aos instrumentos previstos na CF/88. A regionalização da forma proposta poderá provocar questionamentos de inconstitucionalidades, até porque a sua implementação impacta diretamente na competência municipal – titularidade – e na prerrogativa de estados em instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Gera-se, assim, uma profunda insegurança jurídica, e, dessa forma, a paralisação de investimentos em andamento e captação de novos investimentos, além de jogar por terra uma proposta fundamental para a universalização dos serviços, que é a regionalização da prestação dos serviços públicos de saneamento básico.

2.4 A prestação indireta, por meio de concessão de serviço público

Revisando o artigo 175 da CF/88 e comparando-o com o artigo 10, Lei nº 11.445/2007, com redação dada pela Lei nº 14.026/2020, observa-se que, caso o titular dos serviços não opte pela prestação direta dos serviços, ela poderá ser efetivada por meio de concessões de serviços públicos, que dependem de autorização legislativa, por meio de lei ordinária, e poderá ser realizada via concessões comuns, de acordo com a Lei nº 8.987/1995, ou por meio de concessões administrativas ou patrocinadas, previstas pelo regime de PPP, na Lei nº 11.079/2004 (Lei das PPP), sempre precedidas de licitação. Portanto, existem três modalidades distintas de concessões – comum, administrativa e patrocinada –, que são definidas de forma resumida na Figura 2.

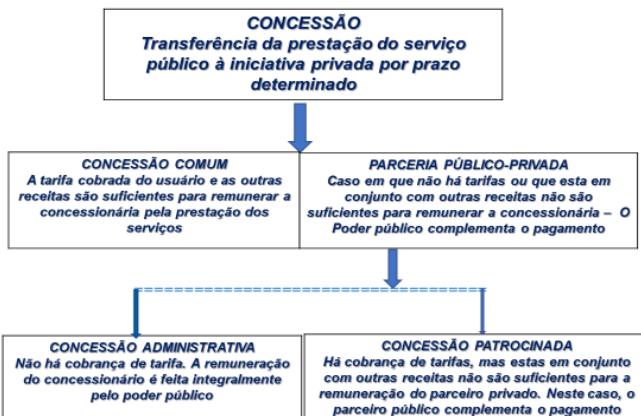


Figura 2: Modalidades de concessões.

Fonte: adaptada de BNDES ([2016-]).

A concessão de serviços públicos poderá ser autorizada também para as prestações estruturadas de forma regionalizada, tanto no âmbito da cooperação federativa, por meio de consórcios públicos, quanto no âmbito da coordenação federativa, por meio de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Para isso, deverão ser autorizadas pelas respectivas autarquias interfederativas responsáveis pelas governanças dos respectivos consórcios públicos ou das respectivas regiões.

É importante salientar que todas as formas de participação privada, quer seja por concessão, permissão, PPP, venda total ou parcial de ativos, abertura de capital, locação de ativos, emissão de debentures, e a instituição de sociedade de propósito específico, já estavam previstas na versão anterior da Lei nº 11.445/2007. Portanto, não seria necessário modificar a Lei para permitir a participação privada no setor. Na realidade, um dos objetivos principais da Lei nº 14.026/2020 é ampliar a participação privada no setor de saneamento básico, particularmente nos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, quer seja por meio de concessões ou outra forma de desestatização. Com isso, propõe instituir um monopólio privado nos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, face as restrições impostas para a prestação dos serviços por empresas públicas estaduais ou por entidades ou órgãos do próprio titular dos serviços e o “incentivo” para que o titular conceda os seus serviços a empresas privadas.

Esse incentivo está preconizado no artigo 13, § 3, da Lei nº 14.026/2020, que estabelece a prioridade na liberação de recursos federais para a elaboração dos seus planos, aos municípios que optarem pela concessão ou privatização dos serviços. Como pode ser observado, o condicionamento para o acesso aos recursos vem acompanhado

de um incentivo para que os municípios cometam uma irregularidade, tendo em vista que, no caso de concessão de serviços públicos, o parágrafo estabelece apenas a necessidade de aprovação do Poder Executivo, o que contraria frontalmente o artigo 175 da CF/88, que exige lei autorizativa. Somente para os casos de privatização é que existe a recomendação expressa da necessidade de aprovação pela Câmara de Vereadores. O que se reveste num grande absurdo, porque, além de chantagear os municípios com a não liberação de recursos, incentiva, ainda a praticar atos ilegais e inconstitucionais.

A prestação indireta, por particulares, por meio de permissão, por ser um ato administrativo discricionário e precário tem sido muito pouco utilizada no setor de saneamento básico, a maioria desse tipo de prestação, com a participação de empresas privadas, normalmente se efetiva, por meio de concessões comuns ou de PPP (concessões administrativas ou patrocinadas).

3 . CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme pôde ser observado ao longo deste estudo, as alterações do Marco Legal e Regulatório original não foram feitas para atender aos interesses da sociedade como um todo, nem com o intuito de resolver os grandes problemas do saneamento básico no país, tampouco para alcançar a universalização dos serviços, mas sim para atender a interesses privados. As mudanças significam um grande retrocesso para o setor de saneamento básico e, principalmente, para a população mais carente e vulnerável que não tem acesso a esses serviços.

Diante do exposto, constata-se que o Marco Legal e Regulatório, a Lei nº 11.445/2007 original, após 13 anos de vigência, não necessitaria de alterações profundas tais como as que foram introduzidas pela Lei nº 14.026/2007, e, sim, da implementação dos seus instrumentos e de pequenos ajustes, atualizações, aperfeiçoamentos e ações efetivas de todos os agentes públicos, especialmente do governo federal, para o enfrentamento dos problemas que ainda não foram possíveis resolver na área de saneamento básico, visando à universalização.

Ao invés de trabalhar para resolver os reais problemas do setor, o governo federal, partindo de falsas premissas, sem aprofundar as discussões e sem identificar esses problemas, preferiu fazer alterações radicais no Marco Legal e Regulatório para atender a interesses privados. A história se repete, aposta na privatização dos serviços como panaceia para resolver todos os problemas do setor, que o poder público não dispõe de recursos e que as empresas públicas são ineficientes em contraponto com a eficiência do setor privado, que iria alavancar novos recursos para universalizar os serviços. É desmentido pela realidade. As experiências nacional e mundial recentes demonstram que essa opção está na contramão da história.

Segundo Kishimoto, Steinfert e Petitjean (2020), existe uma tendência mundial para a retomada dos serviços que foram privatizados a partir dos anos 1990 e que desde o ano 2000, 312 municípios em 36 países de todos os continentes, reestatizaram os serviços públicos de água e esgotamento sanitário, a exemplo de Paris e Grenoble (França), Berlim (Alemanha), Budapest (Hungria), Buenos Aires (Argentina), Atlanta (EUA), La Paz (Bolívia), Kuala Lumpur (Malásia), Jacarta (Indonésia), Itu (SP), entre outros.

No mesmo sentido, Heller (2020, p. 7), afirma que

durante a década de 1990, governos locais em vários países conduziram processos de privatização da prestação dos serviços de água e esgotamento sanitário gerando a expectativa de que o setor privado trouxesse mais investimentos, melhorasse a tecnologia, aumentasse a eficiência e proporcionasse acesso aos pobres. Apesar disso, no início dos anos 2000, a realidade foi muito diferente: não apenas a participação do setor privado não se expandiu como previsto, mas várias concessões foram encerradas prematuramente ou não renovadas.

O próprio Banco Mundial, no início dos anos 1990, um dos grandes incentivadores da privatização dos serviços como o remédio para resolver todos os males do setor, fez “mea culpa”, por meio de sua vice-presidente de Infraestruturas e Desenvolvimento, Katherine Sierra⁸. Em discurso realizado durante o Fórum Mundial da Água, no México, em 2006, a gestora admitiu o erro ao constatar que os investimentos feitos pelo setor privado não corresponderam às expectativas criadas e que 90% destes foram feitos pelo poder público, mesmo no auge das privatizações.

Por tudo o que foi exposto, a vedação do contrato de programa desmonta a política pública e destrói toda a estrutura dos serviços públicos de água e esgoto do país, cuja prestação dos serviços é feita, na sua grande maioria, por gestão associada de serviços públicos, autorizada por consórcios públicos ou convênios de cooperação entre entes federados, na forma do artigo 241 da CF/88.

Ao proibir a cooperação federativa, sob o regime da gestão associada de serviços públicos, propor a exclusão dos prestadores públicos e forçar os entes federados a alienar os ativos das suas empresas e realizar todas as formas de desestatizações – concessões, PPP e venda de ativos –, resta demonstrado que o principal objetivo para as alterações do Marco Legal e Regulatório foi o de institucionalizar o monopólio privado no setor de água e esgoto no país, priorizando a participação privada e a lógica da mercantilização e financeirização do setor e o enfraquecimento do setor público.

É importante ressaltar que a conta da universalização não fecha sem uma política

⁸ “Sempre o peso do investimento em água tem que ser fornecido pelo setor público [...] dada a magnitude dos recursos necessários, nos anos 90, nós acreditamos que o setor privado poderia fazer importantes investimentos para salvar o setor de água. No entanto, não tem havido muito investimento privado e 90% dos recursos vieram do setor público, mesmo quando a participação privada estava em seu pico” (Katherine Sierra, vice-presidente de Infraestrutura e desenvolvimento do BIRD - IV Fórum Mundial da Água, México 2006).

pública que garanta aportes permanentes de recursos onerosos e não onerosos, (por meio do redirecionamento da carga tributária do setor; de subvenções a partir de encargos tarifários; da instituição do fundo para universalização). Da mesma forma, a universalização não acontecerá sem o planejamento, sem participação das empresas públicas, sem um órgão regulador independente e com autonomia administrativa, econômica e orçamentária e sem a participação e controle social.

Não se pode deixar de registrar que o Brasil não conseguirá universalizar os serviços públicos de saneamento básico sem um grande aporte de recursos não onerosos, proveniente dos tesouros dos entes federados responsáveis em prover os serviços. Faz-se necessário, portanto, a revogação da Emenda Constitucional nº 95/2016, que reduziu drasticamente os recursos para as áreas sociais. Um dos maiores exemplos de que, em nenhum país do mundo, foi possível universalizar esses serviços, foi o que ocorreu em Portugal, no âmbito da União Europeia. O relatório⁹ sobre a avaliação global da implementação do Fundo de Coesão, no período 1993-2006, demonstra que esse instrumento contribuiu para que o país se aproximasse das metas comunitárias em matéria de abastecimento de água, esgotamento sanitário e tratamento/disposição de resíduos sólidos urbanos, sendo investidos nesse período no setor, 4,5 bilhões de euros, dos quais 3,2 bilhões por meio do Fundo de Coesão e 1,3 bilhões com base em investimento nacional associado. Segundo Águas de Portugal, o Fundo de Coesão disponibilizou, com recursos não onerosos, entre 1993 e 2017, 28% dos recursos utilizados por aquele país para universalizar os serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Para facilitar o aporte de recursos, o Brasil é o único país do mundo que dispõe de cinco fundos para financiar o setor de saneamento básico. São eles: Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS), administrado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA); Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e os fundos constitucionais do Norte (FNO), Nordeste (FNE) e Centro Oeste (FCO). Portanto, os recursos não faltam e não faltarão para a implantação, ampliação e reposição de ativos para propiciar a universalização dos serviços de saneamento básico. Em contrapartida, o que falta é vontade política dos governantes e de prioridade de Estado para o saneamento básico.

A União, por meio de lei federal, quer forçar a implantação de um novo modelo inconstitucional que atropela o pacto federativo, a organização e a autonomia dos entes federados fazendo verdadeira chantagem com os estados e municípios, proibindo o acesso aos recursos federais, caso os entes não o implementem. Essa chantagem só foi vista nos governos militares, durante a ditadura militar, na época do Plano Nacional de Saneamento (Planasa), quando impuseram aos municípios a concessão dos seus serviços às recém-

⁹ Relatório sobre avaliação global da implementação do Fundo de Coesão em Portugal - Direção Geral do Desenvolvimento Regional (DGDR).

criadas empresas estaduais de água e esgoto, sob pena de não acessar os recursos da União.

O pior de tudo é que, além das imperfeições, imprecisões e contradições contidas no texto da lei, as principais alterações introduzidas carregam vícios insanáveis de inconstitucionalidade que ferem o pacto federativo e a organização e a autonomia dos entes federados. Com isso, provocará uma grande insegurança jurídica, prejudicando os atuais e novos investimentos para o setor. Na prática, a consequência da aprovação e sanção da Lei nº 14.026/2020, num futuro próximo, será a desconstrução da política pública de saneamento básico, instituída após muitos anos de luta, com a participação de toda a sociedade, o agravamento dos problemas e o desmantelamento do setor com a destruição das empresas públicas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e do subsídio cruzado e todo o arcabouço legal implementado em 2007.

Diferentemente do que propalado pelos seus defensores, a lei não enfrentou e nem equacionou os reais problemas do setor. Sem resolver esses grandes problemas, não será possível avançar rumo a universalização dos serviços. Além de tudo isso, se o STF não a considerar inconstitucional, a implementação da Lei desestruturará completamente o setor, destruindo tudo o que foi conquistado nos últimos 15 anos. Do mesmo modo, não estimulará os investimentos, ao contrário levará a precarização na prestação dos serviços na maior parte dos municípios brasileiros, principalmente os do Norte e Nordeste do país. Com isso, elevará o déficit público e prejudicará a recuperação econômica, além de ampliar a exclusão social e as desigualdades regionais com a destruição das empresas públicas estaduais de água e esgoto e do subsídio cruzado que é fundamental para a prestação dos serviços nos pequenos municípios e não garantirá o acesso aos serviços, prejudicando sensivelmente a população brasileira, principalmente as mais vulneráveis e mais carentes.

Portanto, para resolver os grandes problemas do setor, é necessária a reconstrução da política nacional e do Marco Legal e Regulatório do saneamento básico, que seja capaz de enfrentar todas as questões aqui abordadas para que, finalmente, o país possa avançar na universalização dos serviços, garantindo a todos os cidadãos e cidadãs, o acesso aos serviços de forma universal e integral.

Por fim, como se pode depreender, mesmo com as restrições impostas pela lei nº 14.026/2020, verifica-se que é possível a prestação direta dos serviços de água e esgoto por entidades integrantes da administração de outros entes federativos, titulares dos serviços ou pela entidade intergovernamental, no âmbito da coordenação federativa, instituída por meio de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, bem como no âmbito da cooperação federativa mediante a gestão associada de serviços públicos, desde que autorizadas pelos respectivos colegiados responsáveis pela governança dessas regiões.

REFERÊNCIAS

BNDES. **Portal**. Rio de Janeiro, [20--]. Disponível em: www.bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/desestatizacao. Acesso em: 25 jul. 2021

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. **Modernização do marco regulatório do saneamento básico**: resultados do GTI. Brasília, DF, 2017. Não publicado.

BRASIL. Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107/2005. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 18 jan. 2007a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6017.htm. Acesso em: 26 jul. 2021.

BRASIL. Decreto nº 6.025, de 22 de janeiro de 2007. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 jan. 2007.

BRASIL. Decreto nº 7217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445/2007. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 jun. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm. Acesso em: 26 jul. 2021.

BRASIL. Decreto Lei nº 10.710, de 31 de maio de 2021. Regulamenta o art. 10-B da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para estabelecer a metodologia para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário, considerados os contratos regulares em vigor, com vistas a viabilizar o cumprimento das metas de universalização previstas no caput do art. 11-B da Lei nº 11.445, de 2007. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 10 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais para a contratação de consórcios públicos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 7 abr. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 6 jan. 2007b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 26 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o estatuto da Metrópole. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 12 jan. 2015a. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm. Acesso em: 26 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 28 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.429, de 2 de julho de 1992. Dispõe sobre as sanções aplicáveis aos agentes públicos nos casos de enriquecimento ilícito no exercício de mandato, cargo, emprego ou função na administração pública direta, indireta ou fundacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 3 jul. 1992. (Lei de Improbidade Administrativa).

BRASIL. Lei nº 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. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no Art. 175 da Constituição Federal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 14 fev. 1995b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8987cons.htm. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL. Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital. **Diagnóstico da prestação dos serviços de água e esgotos no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Economia, 2019.

HELLER, L. **Relator especial da ONU para os direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário**: direitos humanos e a privatização dos serviços de à água e esgotamento sanitário. Genebra: ONU, 2020. (Assembleia Geral da Nações Unidas). Disponível em: www.ondasbrasil.org. Acesso em: 28 jul. 2021.

KISHIMOTO, S.; STEINFORT, L.; PETITJEAN, O. **The future is public**: towards democratic ownership of public services. Paris: Transnational Institute, 2020. Disponível em: <https://publicservices.international/resources/publications/the-future-is-public>. Acesso em: 5 ago. 2021.

MEIRELES, H. **Direito administrativo brasileiro**. 44. ed. rev. São Paulo: Juspodivm, 2020.

MONTENEGRO, M. H. F. et al. (coord.). **A regionalização do saneamento básico na Lei 14.026/2020**. Brasília, DF: ONDAS, 2021. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2021/04/Final-Guia-da-Regionalizacao-05072021-atualizado.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2021.

MONTENEGRO, M. H. F. Potencialidade da regionalização da gestão dos serviços públicos de saneamento básico. In: BRASIL. **Lei nacional de saneamento básico**: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços de saneamento básico. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental: Ministério das Cidades, 2009. p. 147-162. (Instrumentos das políticas e da gestão dos serviços públicos de saneamento básico, v. 1.).

OBSERVATÓRIO NACIONAL DOS DIREITOS À ÁGUA E AO SANEAMENTO. Guia: A regionalização do saneamento básico na lei 14.026/2020. **ONDAS**, Brasília, DF, 20 abr. 2021. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/guia-regionalizacao/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

OLIVEIRA FILHO, A. A gestão do saneamento básico em regiões metropolitanas. **Jusbrasil**, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://abelardooliveira10.jusbrasil.com.br/artigos/420459786/a-gestao-do-saneamento-basico-em-regioes-metropolitanas?ref=serp>. Acesso em: 5 ago. 2021.

OLIVEIRA FILHO, A. governo federal quer modificar a lei nacional de saneamento básico para atender a interesses privados. federação nacional dos urbanitários – FNU. **FNU**, Rio de Janeiro, 2018.

OLIVEIRA FILHO, A. Impacto da mudança do marco legal do saneamento básico. **CUT**, Brasília, DF, 24 det. 2019. Disponível em: <https://www.cut.org.br/noticias/mp-844-e-nefasto-para-o-saneamento-basico-do-pais-diz-especialista-0346>. Acesso em: 5 ago. 2021.

OLIVEIRA FILHO, A. O papel dos estados e as perspectivas das companhias estaduais de saneamento básico frente ao novo contexto institucional. In: BRASIL. **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços de saneamento básico**. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental: Ministério das Cidades, 2009. p. 543-555. (Instrumentos das políticas e da gestão dos serviços públicos de saneamento básico, v. 3).

OLIVEIRA FILHO, A. Os Municípios e as alterações introduzidas no marco legal do saneamento básico pela lei nº 14.026, de 2020. **Universidade Católica do Salvador**, Salvador, 2020. (Aula para o curso de Pós-graduação em Direito Administrativo Municipal).

OLIVEIRA, S. C. O pacto federativo brasileiro e o princípio da solidariedade constitucional. **Jus.com.br**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/26112/o-pacto-federativo-brasileiro-e-o-princípio-da-solidariedade-constitucional/2>. Acesso em: 5 ago. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/292, da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas**. Zaragoza: ONU, 2010. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_por.pdf. Acesso em: 6 ago. 2021.

POLIFONIA DA ACADEMIA PAULISTA DE DIREITO. São Paulo, n. 7, 2021.

RIBEIRO, W. **Formas de prestação de serviços públicos de saneamento básico**. FUNDACE, São Paulo: [s. n.], 2021a. (Curso avançado de Regulação do Saneamento Básico)

RIBEIRO, W. O novo marco legal do saneamento - primeiras impressões. **Universidade Católica do Salvador**, Salvador, 2020. (Aula para o curso de Pós-graduação em Direito Administrativo Municipal).

RIBEIRO, W. O saneamento básico como um direito social. **Revista de Direito Público da Economia**, Belo Horizonte, v. 13, n. 52, p. 229-251, 2015.

RIBEIRO, W. Regionalização e autonomia municipal. **Polifonia**, São Paulo, n. 7, p. 345-373, 2021b.

RIBEIRO, W. **A prestação de serviços de saneamento básico mediante o contrato de programa**. Belo Horizonte: Fórum Conhecimento Jurídico, 2021c.

ROCHA, L. **Peça inicial da ADI nº 6.536, ajuizada pelos partidos dos trabalhadores (PT), socialista brasileiro (PSB), comunista do Brasil (PCdoB) e socialismos e liberdade (PSOL), junto ao STF questionando a Lei nº 14.026/2020**. Brasília, DF: [s. n.], 2020

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Ação direta de constitucionalidade 1.842-RJ**: redator para o acórdão: ministro Gilmar Mendes. Julgamento: 06/03/2013. Publicação do Acórdão: 16/09/2013. Brasília, DF: STF, 2013. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=630026>. Acesso em: 26 jul. 2021.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **Ação direta de constitucionalidade 1.841-RJ**: número único: 0001865-97.1998.0.01.0000. relator: Ministro Carlos Velloso. julgamento: 01/08/2002. publicação do acórdão: 20/09/2002. Brasília, DF: STF, 2021. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=266777>. Acesso em: 27 jul. 2021.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. Embargos de Declaração em ação direta de constitucionalidade 1.842 – RJ: número único: 0001873-20.1998.1.00.0000. relator: Ministro Luiz Fux. redator para o acórdão: Ministro Gilmar Mendes. julgamento: 23/11/2020. Publicação do Acórdão: 03/12/2020. Brasília, DF: STF, 2020. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=754566805>. Acesso em: 26 jul. 2021

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. Imunidade tributária recíproca para sociedade de economia mista com participação acionária negociada em bolsa de valores. Brasília, DF: RE 600.867 da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) com repercussão geral reconhecida (Tema 508 - Plenário STF Redator do Acórdão Min. Luiz FUX, Sessão Virtual de 14.8.2020 a 21.8.2020).

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. Medida cautelar na ação direta de constitucionalidade 796-ES. nº 0001761-18.1992.0.01.0000: relator: Min. Néri da Silveira. Julgamento: 05/11/1992. publicação do acórdão: 02/04/1993. Brasília, DF: STF, 1993. Disponível em: <http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=346612>. Acesso em: 6 ago. 2021.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DA UNIÃO EUROPEIA. Grande seção – acórdão - comissão das comunidades europeias contra república federal da Alemanha - Incumprimento de Estado - Diretiva 92/50/CEE: inexistência de processo formal europeu de celebração de contratos públicos para a adjudicação de serviços de tratamento de resíduos - Cooperação entre autarquias locais. Processo C-480/06. Luxemburgo: TJUE, 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A-62006CJ0480>. Acesso em: 5 ago. 2021.

ZANOBINI, G. L'esercizio privato delle pubbliche funzione e l'organizzazione degli enti pubblici, in Scritti vari di diritto pubblico. Milão: Giuffrè, 1995.

O SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: VISÃO GERAL DA ESTRUTURA JURÍDICA DE PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS

Lucas Custódio

1. PANORAMA DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O saneamento básico é um serviço público essencial e intimamente ligado à saúde pública, ao controle de doenças infecciosas e à melhoria da qualidade de vida (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021). O saneamento básico, no Brasil, envolve as atividades de: (i) abastecimento de água; (ii) esgotamento sanitário; (iii) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e (iv) drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). No entanto, no quadro jurídico e político brasileiro, as atenções têm se voltado à prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, devido à sua importância à vida e à saúde humana e aos grandes desafios impostos à universalização de tais serviços.

Nesse contexto, ao longo de décadas, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário estiveram envolvidos em um complexo emaranhado jurídico relacionado à definição de sua competência e à sua efetiva prestação.

O fato é que, enquanto as divergências não são sanadas e o atual e ineficiente modelo de

prestação não é plenamente substituído, o país enfrenta severas dificuldades na universalização do saneamento básico, sobretudo em suas áreas mais pobres, reforçando históricas desigualdades sociais e regionais.

Como exemplo dessa realidade, citem-se os dados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), segundo os quais, em 2019, mais de 30 milhões de brasileiros não tinham acesso ao fornecimento de água encanada, quase 47% da população não dispunha de infraestrutura de coleta de esgoto e menos da metade da população tinha seu esgoto tratado. A maior parte dessa falta de acesso à infraestrutura de saneamento básico estava concentrada nas regiões Norte e Nordeste do país (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2019).

Para entender as razões que levaram a esse cenário e os impactos do novo Marco Legal do Saneamento Básico aprovado pelo Congresso Nacional em 2020, serão analisados a seguir o tratamento jurídico dispensado ao saneamento básico e os modelos de delegação e prestação dos serviços ligados ao saneamento básico no Brasil.

2. SANEAMENTO BÁSICO: DEFINIÇÃO E DIVERGÊNCIAS

O saneamento básico, apesar de

há muito tempo ser considerado como serviço público pela doutrina jurídica,¹ foi assim expressamente definido pelo artigo 2º, *caput*, da Lei nº 11.445/2007, que criou o primeiro Marco Legal federal sobre saneamento básico sob a égide da Constituição Federal (CF) de 1988. Confira-se: “Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: [...]” (BRASIL, 2007). A definição dos serviços de saneamento básico como serviços públicos traz importantes implicações à realização de tais atividades. Isso porque, como define Maria Sylvia Di Pietro (2018, p. 190), o serviço público é “[...] toda atividade material que a lei atribui ao Estado para que a exerça diretamente ou por meio de seus delegados, com o objetivo de satisfazer concretamente às necessidades coletivas, sob regime jurídico total ou parcialmente público.”

Isso significa dizer que os serviços públicos são atividades de titularidade do Estado e somente podem ser prestados pelo ente estatal competente ou por agentes expressamente delegados para tanto. Assim, não se pode conceber, por exemplo, que uma empresa simplesmente comece a prestar serviços ligados ao saneamento básico sem que tenha recebido autorização governamental para isso.

Além disso, diferentemente das atividades econômicas regulares, os serviços públicos são regidos por regime jurídico próprio, inclusive quando delegados a empresas privadas. Assim, qualquer um que preste serviços públicos deverá observar as regras de Direito Público aplicáveis. Por fim, a classificação de uma atividade como serviço público implica o dever de satisfação das necessidades coletivas subjacentes a tal atividade.

No Brasil, no entanto, as principais controvérsias não estão relacionadas à classificação das atividades ligadas ao saneamento básico como serviço público, mas, sim, à definição sobre a competência para a prestação de tais serviços. Isto é, discute-se qual ente federativo – União, Estados ou Municípios – é o titular do saneamento básico.

A CF de 1988, ao tratar da competência dos entes federativos, não dispôs expressamente a quem caberia a titularidade dos serviços de saneamento básico. Por meio de seu artigo 21, inciso XX, a CF de 1988 outorgou à União a competência administrativa para instituição de diretrizes para o saneamento básico,² mas não previu a competência legislativa privativa da União sobre o tema, o que caracterizaria a titularidade dos serviços.

Além disso, o artigo 23, inciso IX, da CF de 1988, ainda previu ser de competência comum a União, Estados e Municípios a promoção de programas para melhoria das condições de saneamento básico.³ Por fim, o artigo 30 previu que seria de responsabilidade dos municípios prestar os serviços públicos de interesse local.⁴

1 Como exemplo: Saneamento básico – região metropolitana – competência estadual (TÁCITO, 1998).

2 “Art. 21. Compete à União: [...] XX - instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos;” (BRASIL, 1988).

3 “Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: [...] IX – promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;” (BRASIL, 1988).

4 “Art. 30. Compete aos Municípios: [...] I - legislar sobre assuntos de interesse local;” (BRASIL, 1988).

Dante da falta de clara definição pela CF de 1988 sobre qual ente federativo seria o titular dos serviços ligados ao saneamento básico, entendeu-se, em princípio, que os municípios seriam os responsáveis por tais atividades, já que os interesses envolvidos seriam predominantemente locais (MEIRELLES, 2013). Porém, há quem defenda que o serviço seja de competência estadual, uma vez que a própria lógica da prestação dos serviços ultrapassa os limites territoriais dos municípios (BARROSO, 2002).

A tese de que a competência é municipal, no entanto, prevaleceu e gerou alguns inconvenientes à prestação dos serviços ligados ao saneamento básico.⁵

Em primeiro lugar, dificilmente os corpos hídricos e a ocupação do solo estão restritos aos limites territoriais dos municípios, exigindo que a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgoto seja implementada de maneira conjunta em diversos municípios.

Além disso, os municípios, sobretudo aqueles localizados em áreas rurais, têm menor capacidade financeira para realizar os vultosos investimentos necessários à criação da infraestrutura do saneamento básico do que os estados e a União.

Por fim, caso os serviços de municípios contíguos fossem delegados a um só prestador, o referido prestador estaria sujeito a diferentes autoridades reguladoras municipais, já que a titularidade do serviço implica a competência de sua regulamentação. Nesse contexto, podem surgir conflitos na regulamentação, gerando dúvidas sobre qual regra seria aplicável no caso concreto.

A fim de se resolver sobretudo os dois primeiros problemas, o modelo encontrado em período ainda anterior à CF de 1988 foi a delegação dos serviços a empresas controladas pelos estados, que contariam com apoio financeiro da União. Porém, como se verá a seguir, esse modelo, que permaneceu mesmo após o advento da CF de 1988, gera graves entraves à universalização do saneamento básico, além de não sanar o problema da existência de diferentes autoridades reguladoras.

3 . MODELOS PARA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A seguir, analisaremos os dois modelos delineados na CF de 1988 para a delegação de serviços públicos, incluindo as atividades ligadas ao saneamento básico. O primeiro,

5 Veja-se, nesse sentido, o voto do ministro relator Alexandre de Moraes na Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) nº 2.077/BA: “Nessa linha, o saneamento básico – definido pelo art. 2º da Lei 11.445/2007 como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e drenagem de águas pluviais, entre outras atividades – revela ações e políticas públicas de interesse típico e notadamente local, como já reconhecido pela jurisprudência do SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL, embora também frisado o interesse prático de que tais atividades sejam objeto de enfrentamento pelo Poder Público em nível regional, por mecanismos de gestão associada de serviços públicos e integração metropolitana, desde que respeitada a autonomia municipal (ADI 1.842, Rel. Min. LUIZ FUX, redator p/ Acórdão Min. GILMAR MENDES, Tribunal Pleno, julgado em 6/3/2013, DJe de 13/9/2013).”.

referente à delegação interfederativa, é o que ainda predomina. Já o modelo de delegação por concessão tem ganhado força com a aprovação do novo Marco Legal do Saneamento Básico.

3.1 Delegação interfederativa

O artigo 241 da CF de 1988 autoriza que União, Estados e Municípios, mediante disciplina legal, celebrem consórcios públicos e convênios de cooperação entre si, a fim de promover a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência de bens e serviços necessários à continuidade dos serviços públicos transferidos. Confira-se:

Art. 241. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios disciplinarão por meio de lei os consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos (BRASIL, 1988).

Isso significa que diferentes entes federativos podem reunir esforços para realização de objetivos comuns, abrangendo, inclusive, a prestação de serviços públicos. Nesse sentido, serviços públicos atribuídos a um ente federativo poderão ser transferidos a outro, sem a necessidade de se observar as demais regras de delegação de serviços públicos previstas na CF de 1988, que preveem a realização de licitação.

Nesse contexto, foi editada a Lei nº 11.107/2005, que dispôs sobre as normas gerais para a celebração de consórcio públicos e convênios de cooperação. O referido dispositivo legal criou a obrigação de, nos casos em que há delegação da prestação de serviços públicos, os entes federativos celebrarem contratos de programa a fim de constituir e regular a referida delegação. Senão veja-se:

Art. 13. Deverão ser constituídas e reguladas por contrato de programa, como condição de sua validade, as obrigações que um ente da Federação constituir para com outro ente da Federação ou para com consórcio público no âmbito de gestão associada em que haja a prestação de serviços públicos ou a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal ou de bens necessários à continuidade dos serviços transferidos (BRASIL, 2005).

Nesse contexto, passou a ser prática, no setor de saneamento básico, que municípios celebrassem convênios de cooperação e contratos de programa com estados em que estão localizados e delegassem a empresas públicas ou sociedades de economia mista de controle estadual a prestação dos serviços ligados ao saneamento básico. Além disso, frequentemente, há também a delegação às agências reguladoras estaduais das competências para regulamentação e fiscalização de tais serviços.

No entanto, a solução encontrada para tentar resolver os entraves de a titularidade do saneamento básico ter sido atribuída aos municípios criou outros problemas.

A delegação interfederativa dos serviços do saneamento básico, na estrutura acima

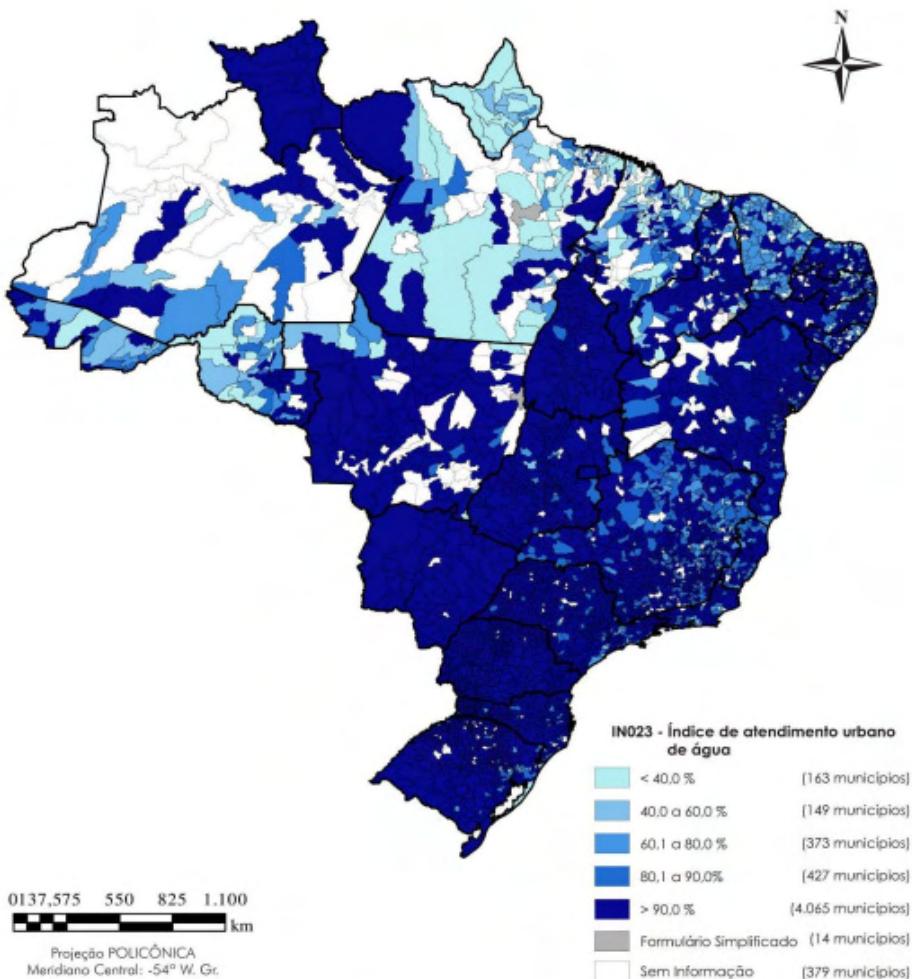
apontada, impossibilita a realização de licitação – processo competitivo – para escolha do prestador do serviço, já que se trata de uma delegação entre entes públicos determinados. Nessa situação, a delegação por meio de convênios de cooperação e contratos de programa não permite assegurar que a empresa estadual reúne os requisitos técnicos e econômico-financeiros necessários à adequada prestação dos serviços delegados.

Nesse sentido, após anos de experiência de delegação interfederativa, verificou-se o aprofundamento de disparidades regionais já conhecidas no país.

Isso ocorreu porque o modelo de delegação dos serviços de saneamento básico dos municípios para empresas estaduais encontrou seu limite na própria capacidade financeira dos estados.

Assim, empresas controladas por estados com maior capacidade de investimento puderam promover a universalização – ou níveis próximos a isso – tanto do abastecimento de água quanto da coleta e tratamento de esgoto. Estados com menor capacidade de investimentos, por sua vez, amargam baixos níveis de cobertura de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Exemplo disso é que, de acordo com dados do SNIS, enquanto o estado de São Paulo – o mais rico da federação (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021) – investiu cerca de 6 bilhões de reais em serviços de água e esgoto no ano de 2019, o estado do Amapá, um dos mais pobres (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021), investiu 1,2 milhão de reais. (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2019).



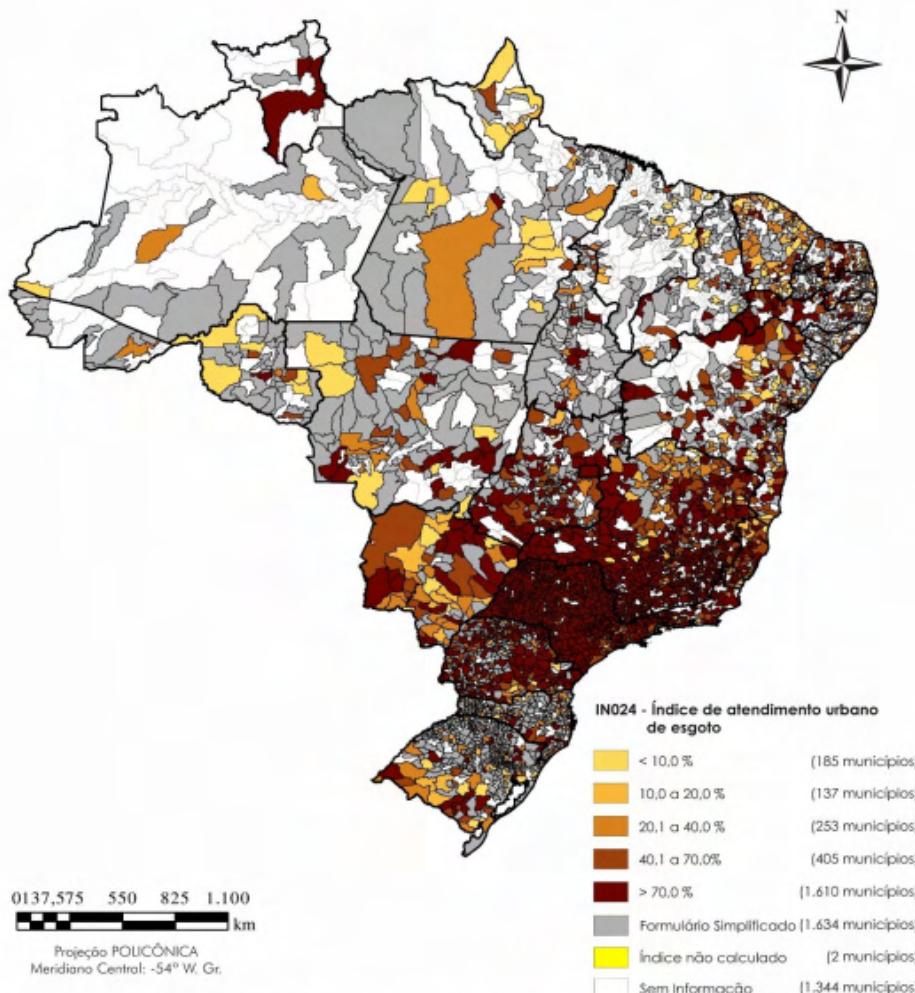
Fonte: Malha municipal digital do Brasil, Base de Informações Municipais 4. IBGE, 2003. Dados: SNIS, 2019.

Figura 1: Mapa do índice de atendimento urbano por rede de água (IN023) dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, distribuído por faixas percentuais, segundo município.

Fonte: adaptada de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2019).

O modelo de delegação interfederativa, justamente por se basear em uma lógica de delegação entre entes públicos, não conseguiu driblar as históricas disparidades econômicas regionais, de modo que seu sucesso esteve ligado às riquezas já acumuladas pelos estados.

Assim, conforme demonstram os dados compilados pelo SNIS, o abastecimento de água potável, a coleta e o tratamento de esgoto apresentam piores níveis de universalização nas áreas mais pobres do Brasil e melhores níveis nas áreas mais ricas.

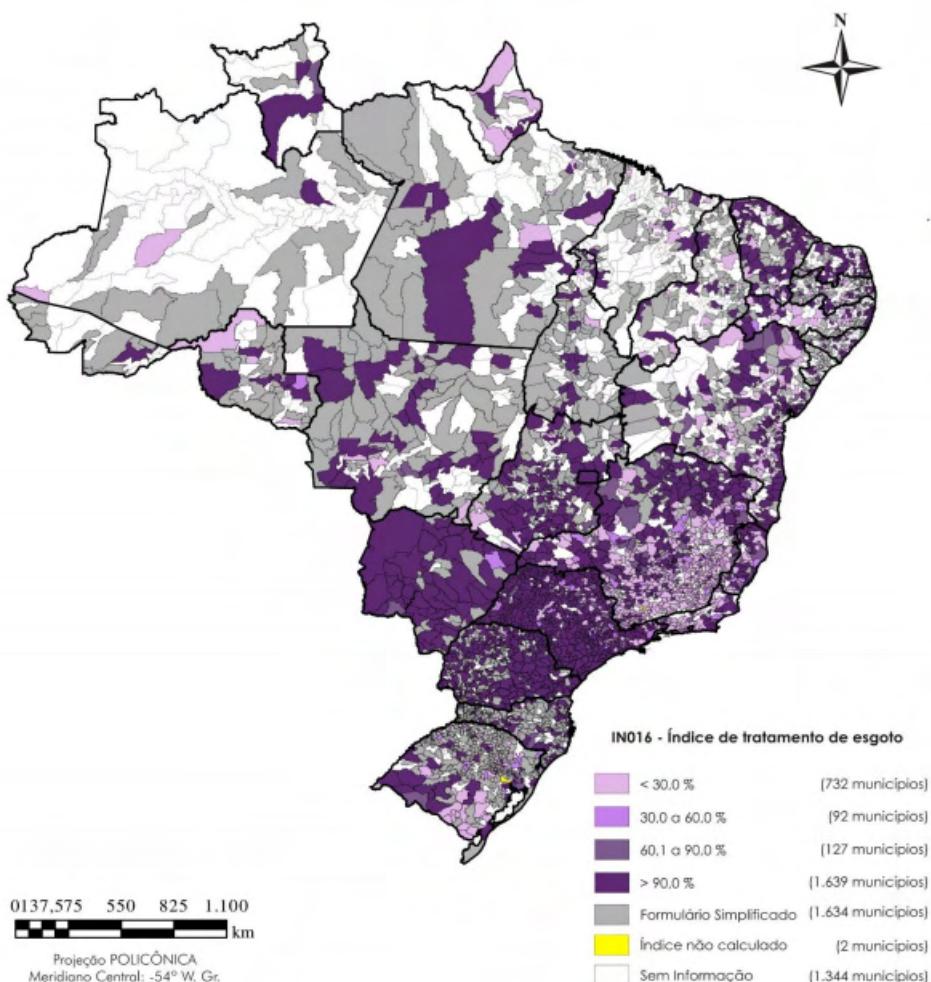


Fonte: Malha municipal digital do Brasil, Base de Informações Municipais 4, IBGE, 2003. Dados: SNIS, 2019.

Figura 2: Mapa do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos (IN024) dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, distribuído por faixas percentuais, segundo município.

Fonte: adaptada de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2019).

Verifica-se, assim, que a solução jurídica fundamentada no artigo 241 da CF de 1988 consegue atingir níveis razoáveis de prestação nas áreas mais ricas do país. Entretanto, falha em garantir o acesso aos serviços básicos e essenciais de abastecimento de água potável e coleta de esgoto nas regiões mais pobres, justamente as áreas que mais necessitam da satisfatória prestação de serviços públicos.



Fonte: Malha municipal digital do Brasil, Base de Informações Municipais 4, IBGE, 2003. Dados: SNIS, 2019.

Figura 3: Mapa do índice de tratamento de esgotos referido à água consumida (IN046) dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, distribuído por faixas percentuais, segundo município.

Fonte: adaptada de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2019).

3.2 Concessões de serviço público

O segundo modelo de prestação de serviços públicos é aquele disciplinado pelo artigo 175 da CF de 1988. *In verbis*: “Art. 175. Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos” (BRASIL, 1988).

O dispositivo constitucional indica que a prestação dos serviços públicos deve ser realizada diretamente pelo ente federativo a quem foi atribuído o referido serviço ou

indiretamente por meio de concessões ou permissões. Além disso, as concessões e as permissões devem ser outorgadas, em todos os casos, mediante licitação para escolha do delegatário.

No entanto, apesar da sólida doutrina jurídica sobre o tema e da sua ampla utilização, a delegação de serviços públicos por meio de concessões é ainda mal compreendida no debate público, o que acaba gerando algumas infundadas críticas a esse modelo. Considerando esse contexto, a seguir, será realizada uma análise sobre o instituto da concessão e de seu funcionamento.

Em linhas gerais, a concessão de serviço público, surgida na França ao longo do século XIX, foi uma forma encontrada pelo Poder Público para transferir temporariamente a terceiros a execução de serviços públicos. Assim, por meio da delegação da prestação do serviço a particulares, o Estado poderia promover a execução dos serviços a ele atribuídos sem a necessidade de aportar os investimentos necessários, que ficariam a cargo do concessionário (DI PIETRO, 2018).

No entanto, a delegação e a prestação de serviços públicos não eram realizadas de maneira desregrada. Ao contrário, justamente por dizerem respeito a importantes atividades públicas, que inclusive poderiam ser modificadas ao longo do tempo diante da evolução tecnológica e social, foram outorgadas ao Poder Concedente prerrogativas contratuais, sobretudo, a alteração e a rescisão contratual unilateralmente pelo Poder Público, que garantiriam a adequada prestação dos serviços concedidos.

No Brasil, como indica Schirato (2013), a incorporação do instituto da concessão no ordenamento jurídico e sua utilização remontam aos tempos do Império.

Apesar dos contornos próprios que a atual legislação brasileira deu às concessões de serviço público, a finalidade e o funcionamento das concessões são os mesmos: delegar, temporariamente, a prestação de um serviço público de titularidade estatal para execução por um particular, por sua conta e risco e mediante remuneração. Confira-se a definição de Hely Lopes Meirelles (2016, p. 486):

Serviços concedidos são todos aqueles que o particular executa em seu nome, por sua conta e risco, remunerados por tarifa, na forma regulamentar, mediante delegação contratual ou legal do Poder Público concedente. Serviço concedido é serviço do Poder Público, apenas executado por particular em razão da concessão.

Concessão é a delegação contratual da execução do serviço, na forma autorizada e regulamentada pelo Executivo. O contrato de concessão é ajuste de Direito Administrativo, bilateral, oneroso, comutativo e realizado *intuitu personae*. Com isto se afirma que é um acordo administrativo (e não um ato unilateral da Administração), com vantagens e encargos recíprocos, no qual se fixam as condições de prestação do serviço, levando-se em consideração o interesse coletivo na sua obtenção e as condições pessoais de quem se propõe a executá-lo por delegação do poder concedente.

No entanto, como o artigo 175 da CF de 1988, anteriormente transcrito, indica, não é autorizado ao Poder Público delegar a prestação dos serviços públicos dos quais é titular a pessoa jurídica ou consórcio de sua livre escolha. É necessária a realização de licitação para seleção de empresa que seja mais qualificada para realização do serviço. Nesse sentido, a Lei nº 8.987/1995, que regulamenta o artigo 175 da CF, dispõe:

Art. 2º Para os fins do disposto nesta Lei, considera-se:

[...]

II - concessão de serviço público: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade concorrência ou diálogo competitivo, a pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado (BRASIL, 1995).

Isso significa que, diferentemente da delegação interfederativa, nas concessões, a realização de processo licitatório competitivo para escolha de prestador que demonstre capacidade de executar o serviço público em questão é condição precedente e necessária à delegação dos serviços.

A Lei nº 8.987/1995 determina que o procedimento para seleção do prestador mais capacitado deve, ainda, observar os princípios que regem a Administração Pública, como a moralidade, a legalidade e a igualdade, a fim de se evitar qualquer forma de vantagem a um dos licitantes em detrimento dos demais. *In verbis*:

Art. 14. Toda concessão de serviço público, precedida ou não da execução de obra pública, será objeto de prévia licitação, nos termos da legislação própria e com observância dos princípios da legalidade, moralidade, publicidade, igualdade, do julgamento por critérios objetivos e da vinculação ao instrumento convocatório (BRASIL, 1995).

Confira-se a explicação de José dos Santos Carvalho Filho (2019, p. 579) sobre o tema:

Os contratos de concessão não fogem à regra que a Constituição traçou sobre exigibilidade de licitação para as contratações (art. 37, XXI). Ao contrário, no art. 175 deixou assentada, de forma indubiosa, a exigibilidade do procedimento seletivo, e, para tanto, empregou a expressão ‘sempre através de licitação’. Desse modo, não mais tem o Estado o poder de escolher livremente o concessionário de seus serviços. Deverá este ser o efetivo vencedor em processo de licitação previamente realizado.

[...]

Além de ser obrigatório o procedimento de licitação, deve o certame guiar-se por todos os princípios que normalmente regem essa modalidade de seleção. Por tal razão, é necessário observar os princípios da legalidade, moralidade, publicidade, igualdade, julgamento objetivo e vinculação ao instrumento convocatório. Diante disso, é inconstitucional a lei do ente público, que,

de forma abstrata, regule as concessões com a antecipada previsão de prorrogabilidade do contrato, forma dissimulada de violar aqueles princípios e de praticar favorecimentos escusos.

Além da fundamental previsão de que a delegação por meio da concessão será realizada a prestador que se demonstre capaz de executar o serviço delegado, há um ponto crucial a ser ressaltado: delega-se tão somente a prestação do serviço. Isso significa que o Poder Público permanece titular do serviço concedido. E nem poderia ser diferente, já que a titularidade do serviço é atribuída pela própria CF a um ente federativo e é intransferível a quem quer que seja.

Desse modo, o Poder Público titular do serviço, ao realizar licitação para celebração de um contrato de concessão, transfere temporariamente a execução do serviço, mas mantém todas as suas prerrogativas e todos os seus deveres sobre a referida atividade. Confira-se lição de Hely Lopes Meirelles (2016, p. 487):

Pela concessão o poder concedente não transfere propriedade alguma ao concessionário, nem se despoja de qualquer direito ou prerrogativa pública. Delega apenas a execução do serviço, nos limites e condições legais ou contratuais, sempre sujeita a -regulamentação e fiscalização do concedente.

Como o serviço, apesar de concedido, continua sendo público, o poder concedente - União, Estado-membro, Município - nunca se despoja do direito de explorá-lo direta ou indiretamente, por seus órgãos, suas autarquias e empresas estatais, desde que o interesse coletivo assim o exija.

Assim, não há que se falar em alienação de um serviço público à iniciativa privada, já que, sob nenhuma hipótese, um serviço deixa de ser público ou tem sua titularidade alterada ao ter sua execução delegada a particulares.

Nesse contexto, ressalta-se que o poder-dever dos entes públicos de regulamentar os serviços públicos concedidos permanece inalterado. Isto é, o titular do serviço concedido mantém sua prerrogativa e seu dever de estabelecer regulamentos que orientem a adequada prestação das atividades delegadas:

Os serviços públicos só podem ser executados se houver uma disciplina normativa que os regulamente, vale dizer, que trace as regras através das quais se possa verificar como vão ser prestados. Essa disciplina regulamentadora, que pode se formalizar através de leis, decretos e outros atos regulamentares, garante não só o Poder Público como também o prestador do serviço e, ainda, em diversas ocasiões, os próprios indivíduos a que se destina.

A regulamentação do serviço público cabe à entidade que tem competência para prestá-lo. O poder de regulamentar encerra um conjunto de faculdades legais para a pessoa titular do serviço. Pode ela, de início, estabelecer as regras básicas dentro das quais será executado o serviço. Depois, poderá optar por executá-lo direta ou indiretamente, e, nesse caso, celebrar contratos de concessão ou firmar termos de permissão com particulares, instituindo e alterando os meios de execução e, quando se fizer necessário, retomá-lo para

si (CARVALHO FILHO, 2019, p. 506).

E justamente por configurar um poder-dever, o titular do serviço público – seja o serviço prestado direta ou indiretamente – não pode renunciar à sua prerrogativa de regulamentar tais serviços nem deixar de exercê-la:

Os poderes administrativos são outorgados aos agentes do Poder Público para lhes permitir atuação voltada aos interesses da coletividade. Sendo assim, deles emanam duas ordens de consequência:

- 1- são eles irrenunciáveis; e
- 2- devem ser obrigatoriamente exercidos pelos titulares.

Desse modo, as prerrogativas públicas, ao mesmo tempo em que constituem poderes para o administrador público, impõem-lhe o seu exercício e lhe vedam a inércia, porque o reflexo desta atinge, em última instância, a coletividade, esta a real destinatária de tais poderes. Esse aspecto dúblice do poder administrativo é que se denomina de poder-dever de agir. E aqui são irretocáveis as já clássicas palavras de HELY LOPES MEIRELLES: 'Se para o particular o poder de agir é uma faculdade, para o administrador público é uma obrigação de atuar, desde que se apresente o ensejo de exercitá-lo em benefício da comunidade' (CARVALHO FILHO, 2019, p. 132).

Assim, salvo por omissão do próprio Estado, a delegação dos serviços públicos por meio de concessão não é procedimento despregrado, de forma a permitir que o prestador execute o serviço de maneira desordenada. Ao contrário, o delegatário deve observar e seguir a regulamentação emitida pelo Poder Público.

Além dessa competência de estabelecer condições gerais e abstratas para a execução dos serviços públicos, a legislação aplicável garante ao Poder Concedente algumas prerrogativas no âmbito dos contratos de concessão.

Somados aos poderes de alterar e rescindir unilateralmente, já mencionados introdutoriamente, a Lei nº 8.666/1993 estabelece também os poderes do Poder Público para fiscalizar a execução dos serviços delegados e penalizar o concessionário em caso de descumprimento das regras estabelecidas:

Art. 58. O regime jurídico dos contratos administrativos instituído por esta Lei confere à Administração, em relação a eles, a prerrogativa de:

- I - modificá-los, unilateralmente, para melhor adequação às finalidades de interesse público, respeitados os direitos do contratado;
- II - rescindí-los, unilateralmente, nos casos especificados no inciso I do art. 79 desta Lei;
- III - fiscalizar-lhes a execução;
- IV - aplicar sanções motivadas pela inexecução total ou parcial do ajuste (BRASIL, 1993).

O artigo 28 da Lei nº 8.987/1995, por sua vez, traz o quadro geral de poderes e

obrigações do Poder Concedente:

Art. 29. Incumbe ao poder concedente:

- I - regulamentar o serviço concedido e fiscalizar permanentemente a sua prestação;
- II - aplicar as penalidades regulamentares e contratuais;
- III - intervir na prestação do serviço, nos casos e condições previstos em lei;
- IV - extinguir a concessão, nos casos previstos nesta Lei e na forma prevista no contrato;
- V - homologar reajustes e proceder à revisão das tarifas na forma desta Lei, das normas pertinentes e do contrato;
- VI - cumprir e fazer cumprir as disposições regulamentares do serviço e as cláusulas contratuais da concessão;
- VII - zelar pela boa qualidade do serviço, receber, apurar e solucionar queixas e reclamações dos usuários, que serão científicos, em até trinta dias, das providências tomadas;
- VIII - declarar de utilidade pública os bens necessários à execução do serviço ou obra pública, promovendo as desapropriações, diretamente ou mediante outorga de poderes à concessionária, caso em que será desta a responsabilidade pelas indenizações cabíveis;
- IX - declarar de necessidade ou utilidade pública, para fins de instituição de servidão administrativa, os bens necessários à execução de serviço ou obra pública, promovendo-a diretamente ou mediante outorga de poderes à concessionária, caso em que será desta a responsabilidade pelas indenizações cabíveis;
- X - estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação;
- XI - incentivar a competitividade; e
- XII - estimular a formação de associações de usuários para defesa de interesses relativos ao serviço (BRASIL, 1995).

A análise do instituto da concessão permite que se afastem críticas a esse modelo, sobretudo aquelas que apontam a concessão como uma forma de alienação dos serviços públicos à iniciativa privada, que executaria tais atividades de maneira desregrada.

Desse modo, as concessões representam um importante instrumento à disposição do Poder Público para prestação dos serviços de saneamento básico.

É verdade que, considerando a atribuição da titularidade das atividades ligadas ao saneamento básico aos municípios, ainda há o problema de um prestador eventualmente submeter-se a diferentes regulamentações. No entanto, como veremos adiante, o novo Marco Legal do Saneamento Básico endereçou de maneira precisa essa questão.

De toda forma, apesar de as concessões representarem uma exceção no setor de saneamento básico até a edição do novo Marco Legal do Saneamento Básico, existem

alguns casos de bastante sucesso. Um exemplo é a cidade de Niterói, no estado do Rio de Janeiro, que, em 1999, concedeu os serviços de saneamento básico.

Quando da assunção da concessão pelo prestador privado, a cidade enfrentava graves problemas para expansão de sua infraestrutura sanitária. Somente 72% da população tinha acesso ao abastecimento de água tratada e apenas 35% da população da cidade tinha seu esgoto coletado e tratado.

De acordo com o Instituto Trata Brasil, os serviços de abastecimento de água tratada, coleta e tratamento do esgoto coletado atualmente são universalizados, de forma que a cobertura de tais serviços em 2018 já correspondia, respectivamente, a 100%, 95% e 100%.⁶

Verifica-se, assim, a importância e as potencialidades que o instituto da concessão tem a oferecer no setor de saneamento básico.

4 . O NOVO MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO

O novo Marco Legal do Saneamento Básico, instituído por meio da Lei nº 14.026/2020, enfrentou um longo caminho legislativo e somente foi concluído após a edição de duas medidas provisórias, que não foram analisadas a tempo pelo Congresso Nacional e perderam a eficácia, e de um intenso vai e vem de projetos de lei entre a Câmara dos Deputados e o Senado Federal.

Em vigor desde julho de 2020, o novo Marco Legal do Saneamento Básico trouxe importantes mudanças para o setor que, como veremos adiante, já começaram a surtir efeito e estão promovendo uma profunda reorganização do setor de saneamento básico.

Dentre as principais alterações, a Lei nº 14.026/2020, ao modificar a Lei nº 11.445/2007, vedou novas delegações da prestação das atividades ligadas ao saneamento básico por meio de contratos de programa, convênios e instrumentos de caráter precário. Senão vejase:

Art. 10. A prestação dos serviços públicos de saneamento básico por entidade que não integre a administração do titular depende da celebração de contrato de concessão, mediante prévia licitação, nos termos do art. 175 da Constituição Federal, vedada a sua disciplina mediante contrato de programa, convênio, termo de parceria ou outros instrumentos de natureza precária (BRASIL, 2020).

Isso significa que não é mais possível promover a delegação interfederativa, que predominava no Brasil, para os serviços de saneamento básico. Ainda que o novo Marco Legal do Saneamento Básico preveja a manutenção dos contratos de programa já vigentes,

6 Ver: <http://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/casos-de-sucesso/tratamento-dos-esgotos-em-niteroi-avancam-e-municipio-esta-perto-da-universalizacao>.

em respeito à segurança jurídica e ao ato jurídico perfeito, caso os entes titulares tenham o desejo de, a partir de agora, delegar o serviço, deverão fazê-lo por meio do instituto da concessão, realizando, obrigatoriamente, processo licitatório para seleção do prestador.

Além disso, outra importante mudança foi o incentivo à prestação regionalizada dos serviços ligados ao saneamento:

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

[...]

XIV - prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços (BRASIL, 2020).

Isto é, ao se perceber as dificuldades da prestação local, foram formuladas soluções para que o serviço seja prestado por um mesmo agente em mais de um município, gerando eficiência, escala e viabilidade econômico-financeira na execução dos serviços.

Nesse contexto, a Lei nº 14.026/2020 previu três estruturas de prestação regionalizada: (i) a região metropolitana, estabelecida na forma prevista pela CF de 1988; (ii) a unidade regional de saneamento básico, instituída por meio de lei estadual; e (iii) os blocos de referência, estabelecidos pela União, mas levados a cabo por meio de gestão associada voluntária dos titulares. Confira-se:

Art. 3º Para fins do disposto nesta Lei, considera-se:

VI - prestação regionalizada: modalidade de prestação integrada de um ou mais componentes dos serviços públicos de saneamento básico em determinada região cujo território abranja mais de um Município, podendo ser estruturada em:

a) região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião: unidade instituída pelos Estados mediante lei complementar, de acordo com o § 3º do art. 25 da Constituição Federal, composta de agrupamento de Municípios limítrofes e instituída nos termos da Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole);

b) unidade regional de saneamento básico: unidade instituída pelos Estados mediante lei ordinária, constituída pelo agrupamento de Municípios não necessariamente limítrofes, para atender adequadamente às exigências de higiene e saúde pública, ou para dar viabilidade econômica e técnica aos Municípios menos favorecidos;

c) bloco de referência: agrupamento de Municípios não necessariamente limítrofes, estabelecido pela União nos termos do § 3º do art. 52 desta Lei e formalmente criado por meio de gestão associada voluntária dos titulares (BRASIL, 2020).

Para sanar a dificuldade apontada, de um prestador estar submetido a diferentes regulamentos emitidos por diferentes titulares, o novo Marco Legal do Saneamento

Básico previu ainda a atribuição de competência à Agência Nacional de Águas (ANA) para estabelecer minuciosas normas de referências sobre o tema, que podem ser adotadas pelos entes titulares e pelas agências reguladoras competentes. Confira-se:

Art. 4º-A . A ANA instituirá normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico por seus titulares e suas entidades reguladoras e fiscalizadoras, observadas as diretrizes para a função de regulação estabelecidas na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 .

§ 1º Caberá à ANA estabelecer normas de referência sobre:

I - padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;

II - regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico, com vistas a promover a prestação adequada, o uso racional de recursos naturais, o equilíbrio econômico-financeiro e a universalização do acesso ao saneamento básico;

III - padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário, os quais contemplarão metas de qualidade, eficiência e ampliação da cobertura dos serviços, bem como especificação da matriz de riscos e dos mecanismos de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro das atividades;

IV - metas de universalização dos serviços públicos de saneamento básico para concessões que considerem, entre outras condições, o nível de cobertura de serviço existente, a viabilidade econômico-financeira da expansão da prestação do serviço e o número de Municípios atendidos;

V - critérios para a contabilidade regulatória;

VI - redução progressiva e controle da perda de água;

VII - metodologia de cálculo de indenizações devidas em razão dos investimentos realizados e ainda não amortizados ou depreciados;

VIII - governança das entidades reguladoras, conforme princípios estabelecidos no art. 21 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 ;

IX - reúso dos efluentes sanitários tratados, em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública;

X - parâmetros para determinação de caducidade na prestação dos serviços públicos de saneamento básico;

XI - normas e metas de substituição do sistema unitário pelo sistema separador absoluto de tratamento de efluentes;

XII - sistema de avaliação do cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços públicos de saneamento básico;

XIII - conteúdo mínimo para a prestação universalizada e para a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2020).

A previsão de elaboração das normas de referência por órgão federal endereça um importante obstáculo à prestação dos serviços de saneamento básico ao oferecer um instrumento de uniformização da regulamentação sobre as atividades, e, também, permitir que a disciplina do tema seja realizada por meio de órgão com capacidade técnica suficiente para a elaboração de regulamentos com a qualidade necessária.

É preciso ressaltar, no entanto, que, salvo no caso da região metropolitana, tanto os instrumentos de regionalização quanto as normas não são de observância obrigatória. Porém, para a assegurar a obediência às normas de referência e a maximização da regionalização dos serviços ligados ao saneamento básico, a Lei nº 14.026/2020 previu que o repasse de recursos federais para o setor de saneamento está condicionado à adoção das normas de referência e das estruturas de prestação regionalizada. *In verbis*:

Art. 50. A alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou com recursos geridos ou operados por órgãos ou entidades da União serão feitos em conformidade com as diretrizes e objetivos estabelecidos nos arts. 48 e 49 desta Lei e com os planos de saneamento básico e condicionados:

[...]

III - à observância das normas de referência para a regulação da prestação dos serviços públicos de saneamento básico expedidas pela ANA;

[...]

VII - à estruturação de prestação regionalizada;

VIII - à adesão pelos titulares dos serviços públicos de saneamento básico à estrutura de governança correspondente em até 180 (cento e oitenta) dias contados de sua instituição, nos casos de unidade regional de saneamento básico, blocos de referência e gestão associada (BRASIL, 2020).

Um dos mais recentes e importantes frutos desse movimento de se prestar o saneamento básico sob um novo modelo foi a concessão de maneira regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado do Rio de Janeiro, que tem enfrentando graves problemas com a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (Cedae), prestadora das atividades de saneamento sob o regime de delegação interfederativa.

Nesse contexto, previu-se, no edital que promoveu a concessão dos serviços, uma divisão do estado do Rio de Janeiro e também da cidade do Rio de Janeiro em blocos. Assim, as cidades fluminenses inseridas em cada um dos blocos serão atendidas por um mesmo prestador. Espera-se, assim, que os próximos anos tragam consideráveis avanços no saneamento básico do estado, tanto no que diz respeito à universalização dos serviços de saneamento, quanto à melhoria das técnicas de operação.

5 . CONCLUSÕES

O caráter essencial das atividades ligadas ao saneamento básico e seu impacto na qualidade de vida da população impõem que tais serviços estejam disponíveis à totalidade da sociedade e sejam prestados de maneira adequada. No entanto, no caso do Brasil, a estrutura jurídica de prestação sob a qual o saneamento básico esteve submetido nas últimas décadas provou-se ineficiente nas áreas mais pobres do país, onde os serviços eram ainda mais imprescindíveis. Desse modo, a delegação entre entes federativos reforçou históricas desigualdades sociais e regionais.

O novo Marco Legal do Saneamento Básico, nesse contexto, promoveu uma verdadeira revolução na forma de se prestar os serviços ligados ao saneamento básico, cujos efeitos, no entanto, somente começarão a ser percebidos no médio e longo prazo.

De toda forma, ao endereçar relevantes questões do setor, como a utilização do modelo de concessões com a realização de licitação para selecionar o prestador qualificado ao serviço, a uniformização regulamentar por meio da emissão de normas de referência da ANA e o incentivo à regionalização, o novo Marco Legal do Saneamento Básico ofereceu importantes ferramentas para o atingimento da universalização das atividades. A importância desse fato é absoluta: quando se fala em saneamento básico, a universalização dos serviços é também a universalização da dignidade a milhões de brasileiros.

REFERÊNCIAS

BARROSO, L. R. Saneamento básico: competências da União, Estados e Municípios. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, DF, v. 38, n. 153, p. 225-270, 2002.

BRASIL. Lei nº 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. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF,

BRASIL. Lei nº 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. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 14 fev. 1995.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 7 abr. 2005.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

CARVALHO FILHO, J. S. **Manual de direito administrativo**. São Paulo: Atlas, 2019.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito Administrativo**. Rio de Janeiro: Forense, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Produto interno bruto- PIB**. Brasília, DF, [2021]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 26 jun. 2021.

JUSTEN FILHO, M. **Curso de direito administrativo**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2016.

MEDAUAR, O. **Direito administrativo moderno**. Belo Horizonte: Fórum, 2018.

MEIRELLES, H. L. **Direito administrativo brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2016.

MEIRELLES, H. L. **Direito municipal brasileiro**. São Paulo: Malheiros Editores, 2013.

SCHIRATO, V. R. As concessões de serviços públicos em evolução. In: MENEZES DE ALMEIDA, F. D. et al. (coord.). **Direito público em evolução**. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília, DF: SNIS, 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília, DF: SNIS, 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%A3stico_SNIS_AE_2019_Publicacao_31032021.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

TÁCITO, C. Saneamento básico – região metropolitana – competência estadual. **Revista de direito administrativo**, Rio de Janeiro, v. 213, p. 323-328, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Página inicial**. [Geneve], 2021. Acesso em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 26 jun. 2021.

A QUESTÃO “ÁGUA”: O RECURSO NO MUNDO, A NECESSIDADE DE UM PARADIGMA DIFERENTE, O ENVOLVIMENTO DA POPULAÇÃO

Gianfranco Becciu

Camylyn Lewis

Stefano Mambretti

Mariana Marchioni

Os rios foram cobertos para criar novos espaços para a expansão urbana; barragens foram construídas independentemente das mudanças no ecossistema e implicações ambientais; rios, lagos e mar têm sido usados como entrega final de águas poluídas.

A água parecia ser um recurso gratuito e ilimitado que pode ser usado e mal utilizado.

Não demoramos muito para perceber que essa abordagem está errada e que as consequências teriam se voltado contra a própria humanidade: inundações, doenças causadas pela poluição, perda de biodiversidade são consequências que têm sido experimentadas nas últimas décadas. Portanto, cientistas e profissionais começaram a desenvolver a ideia de desenvolvimento de “espaço para água” nas cidades, a estudar com precisão o efeito de barragens e inundações, a construir estações de tratamento sustentável para as águas receptoras.

Água de qualidade é cara, e água potável é ainda mais cara. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que o planeta possui 1 bilhão e 400 milhões de km³ de água; só que, de todo esse conjunto, 97,5% é água salgada. Só 2,5% é constituído de água doce, mas apenas 0,01% da água está à direta disposição da humanidade.

Assim, precisamos otimizar o uso da água disponível e estar cientes de sua importância.

1 . INTRODUÇÃO

Quando, por volta do século V a.C., a humanidade deu início ao pensamento crítico, na Grécia, e para refletir sobre o significado de todas as coisas, Tales de Mileto identificou o princípio de tudo (*ápxní*) com a água. A água é considerada o principal motivo da fundação de todas as civilizações antigas, a partir do Nilo do Egito, e sua importância superou os limites da utilidade para assumir uma importância que pode ser definida como sacra. São Francisco, ainda no século XIII, definia a água como *utile et humile et pretiosa et casta* (ou seja, útil, humilde, preciosa e pura). A utilidade parece ser a única característica que permaneceu após a era do novo positivismo, a partir da década de 20 do século XX, com as revoluções na ciência, os novos movimentos artísticos – entre eles, se destaca o futurismo – e o excesso de confiança na ciência que permitiu acreditar que poderíamos realmente ter realizado projetos mais pertinentes à ficção científica (por exemplo, o projeto Atlantropa).

Neste capítulo, é apresentada uma primeira revisão do uso da água no mundo; em seguida, é explicado o conceito de reutilização, que ainda é psicologicamente inaceitável pela maioria dos cidadãos nos países desenvolvidos, mas para uma implementação efetiva dessas novas metodologias e técnicas, deve-se estimular a participação das pessoas, tema abordado no último parágrafo.

2 . LEVANTAMENTOS DE ÁGUA: UMA VISÃO GERAL

Em todo o mundo, a agricultura absorve cerca de 70% de todas as captações de água, enquanto o setor industrial e o setor civil – doméstico + terciário – respondem por cerca de 20% e 10%, respectivamente. Nos países industrializados, no entanto, o setor industrial usa mais da metade da água disponível para uso humano.

As captações globais de água triplicaram desde 1950 (quando foram 1371 quilômetros cúbicos) para 2010 (3955 quilômetros cúbicos), crescendo a uma taxa de cerca de 1,7 vezes maior que o crescimento da população.

O ritmo de crescimento aumentou ainda mais no novo milênio. Em 2017, a água é estimada em cerca de 6 mil quilômetros cúbicos, o que representa mais de 50% a mais do que sete anos antes.

Os levantamentos de água na agricultura dependem fortemente do clima e da função da agricultura na economia. A percentagem de água usada para a agricultura varia de cerca de 21% na Europa para cerca de 82% na África.

A água retirada do setor civil varia de cerca de 9% na Ásia a cerca de 22% na Europa, até cerca de 25% na Oceania.

A água retirada do setor industrial varia consideravelmente em nível global, passando de cerca de 5% na África para cerca de 50% na América do Norte para cerca de 74% na Europa Ocidental.

Quase 80% das doenças nos chamados países “em desenvolvimento” estão associadas à água, causando cerca de três milhões de mortes prematuras por ano.

Nos próximos anos, espera-se um aumento exponencial dos levantamentos de água em todo o mundo, devido ao forte crescimento demográfico esperado e ao aumento da retirada de água *per capita*. Portanto, a água doce será cada vez mais um recurso escasso.

2.1 Captação de água: cronologia

Tendência histórica da retirada de água mundial:

- Em 1900, a captação de água mundial chegou a cerca de 578 quilômetros cúbicos;

- Em 1950, a captação mundial de água ficou em torno de 1371 quilômetros cúbicos, crescendo cerca de 137% em comparação com 50 anos antes, com um crescimento médio anual de cerca de 15,9 quilômetros cúbicos;
- Em 2000, a captação de água mundial ficou em torno de 3.600 quilômetros cúbicos em crescimento cerca de 163% em comparação com os 50 anos anteriores, com um crescimento médio anual de cerca de 44,6 quilômetros cúbicos;
- Em 2010, a captação mundial de água situou-se em cerca de 3.955 quilômetros cúbicos, cerca de 10% em comparação com dez anos antes, com um crescimento médio anual de cerca de 35,5 quilômetros cúbicos.
- Em 2017, a captação mundial de água foi de cerca de 6 mil quilômetros cúbicos, crescendo em mais de 50% em relação a 2010, com um crescimento médio anual de cerca de 285,7 quilômetros cúbicos;
- Em 2050, prevê-se que a captação de água mundial seja de cerca de 8.689 quilômetros cúbicos, crescendo quase 45% em relação ao recorde de 2017 e mais que dobrando em relação a 2010;
- Em 2100, espera-se que a captação mundial de água seja em torno de 12.692 quilômetros cúbicos, aumentando em 46% em relação aos 50 anos anteriores.

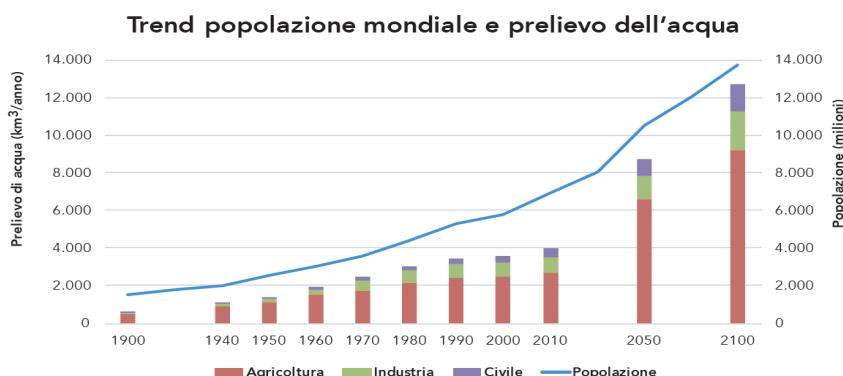


Figura 1: tendência população mundial e retirada de água.

Fonte: adaptada de Water Management Report (2018).

2.2 Captação de água mundial por tipo de uso

Em nível mundial, pode-se ver como a agricultura predomina nos setores industrial e civil. Isto é, devido à enorme retirada de água para o setor agrícola na África, Ásia, Oceania e América (Figura 2).

- Na África, a atividade dominante é a agricultura, a indústria não é muito desen-

volvida e suas técnicas são frequentemente muito antiquadas, consequentemente, a água é puxada principalmente para o setor primário.

- Também na Ásia, as retiradas de água ocorrem principalmente na agricultura. No sul e no leste da Ásia, no entanto, a retirada de água no setor industrial é discreta, ao contrário do que ocorre no Oriente Médio e na Ásia Central.

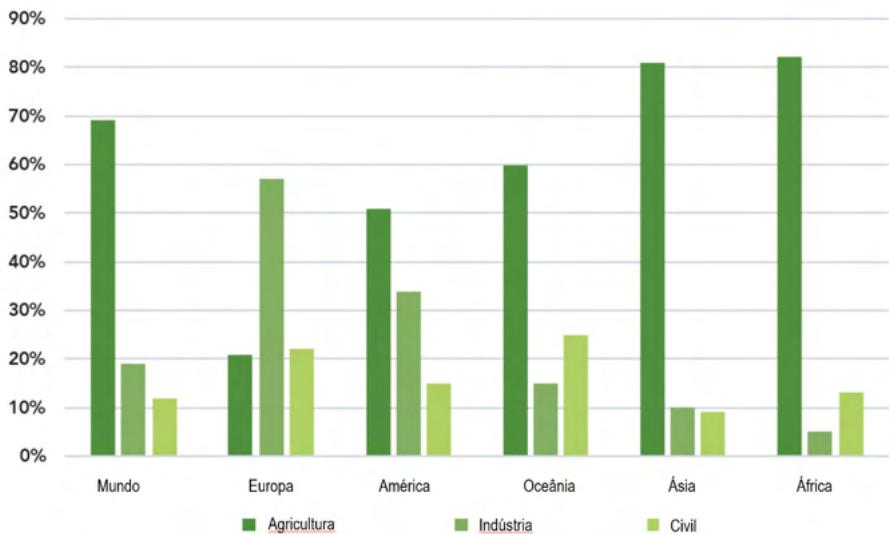


Figura 2: utilização de água por setor.

Fonte: adaptada de Water Management Report (2018).

- Na América, é necessário distinguir entre norte e sul. A América do Norte usa mais água para o setor industrial, ao ir para o sul, aumenta a porcentagem de água utilizada para agricultura (até 71% na América do Sul).
- Na Oceania, tanto na Austrália como na Nova Zelândia, e nas Ilhas do Pacífico, a água é destinada principalmente à agricultura, mesmo se, em termos percentuais, a taxa para o setor civil é o mais alto do mundo.
- Na Europa, o maior uso é no setor industrial.

2.3 Retirada de água mundial: levantamentos per capita

A partir do mapa na Figura 3, é possível notar que na América há uma disparidade entre o norte e o sul. Em particular, há um elevado consumo *per capita* de água nos Estados Unidos da América (EUA) e no Canadá. A água é principalmente utilizada para gerar eletricidade através de usinas termelétricas na área. Porém, o consumo interno

também é muito alto: os EUA e o Canadá são respectivamente o primeiro e o segundo países industrializados com os maiores consumo de água no setor doméstico. Por essa razão, os cidadãos não dão o valor correto à água e não combatem o desperdício dela. No sul, há um claro consumo de água *per capita* muito elevada no Chile e na Argentina. Esses territórios são bastante secos e o recurso hídrico é utilizado sobretudo para a agricultura, o que representa 83% e 74% do total de captação de água no Chile e na Argentina, respectivamente.



Figura 3: Levantamento de consumo de água *per capita*.

Fonte: adaptada de Water Management Report (2018).

Na Austrália, há um alto consumo de água *per capita*. A agricultura é o setor que tem o maior impacto e representa quase 60% do total de retirada de água. A Austrália está entre os países que extraem mais água, embora nos últimos anos tenha conseguido colocar em prática soluções relativas a um uso mais eficiente do recurso.

Na Ásia, de particular interesse é a área do Oriente Médio e países limítrofes, onde encontramos dois dos países com o maior consumo *per capita* do mundo: Turcomenistão (5754 metros cúbicos por ano *per capita*) e Iraque (2616 metros cúbicos por ano *per capita*). O Oriente Médio é caracterizado por precipitação de chuva reduzidas e também por enormes perdas de água devido a estações de bombeamento excessivas (*overpumping*) muito velhas que dispersam cerca de metade da água retirada dos aquíferos subterrâneos.

Na África, há uma baixa captação de água *per capita* e a maioria dos países tem uma retirada inferior a cerca de 100 metros cúbicos/ano *per capita*. Valores menores podem ser observados na área da África Central. Em particular, a República Democrática do Congo registra o consumo mínimo *per capita*, equivalente a cerca de 11.25 metros cúbicos/ano.

No entanto, a África é o continente que mais utiliza água na agricultura (82%) e o mais baixo no setor industrial (5%).

Na Europa, o consumo de água *per capita* varia ligeiramente em diferentes estados e com uma média de cerca de 422,75 metros cúbicos/ano. Existem três países que têm uma retirada *per capita* que excede 800 metros cubos/ano (Estónia, Portugal e Grécia). Apenas a Bósnia Herzegovina tem um consumo de retirada *per capita* inferior de 100 metros cúbicos/ano.

2.4 Brasil

O Brasil apresenta uma grande oferta de recursos hídricos, possuindo em seu território 12% do estoque mundial de água doce com um potencial na ordem de 35 mil m³ para cada habitante em um ano. Só as reservas de águas subterrâneas seriam suficientes para abastecer 82% das cidades brasileiras. Se estima que 53% da água presente na América do Sul se encontra no Brasil, com uma reserva 47% superior à dos EUA e Canadá. Só na região amazônica, encontram-se dez dos 20 maiores rios do mundo. Atualmente, o Brasil utiliza apenas um pouco mais de 2% do seu potencial.

Uma das maiores reservas de água subterrânea do mundo fica no Brasil no Aquífero Guarani, lago descoberto a uma grande e variável profundidade da superfície e que cobre uma área de 1,2 milhão de km². O aquífero ocupa o território de oito estados brasileiros, desde Minas Gerais até o sul, atingindo territórios da Argentina, Uruguai e Paraguai. Esse aquífero pode atender a uma população de 360 milhões, e cidades grandes como Ribeirão Preto já utilizam água desse manancial. O problema é o risco de poluição: na fronteira entre o Brasil e o Uruguai, foi descoberto um foco de poluição que destruiria essa riqueza natural.

Entretanto, muitos rios brasileiros foram transformados em esgotos e inúmeras fontes secaram. Órgãos especializados constatam: nos rios brasileiros, em apenas 20 anos, o número de espécies vivas diminuiu 50%.

Em um estudo internacional sobre a crise mundial de água, publicado no dia 11 de dezembro de 2002, pelo Conselho Mundial da Água e o Centro para a Ecologia e Hidrologia, ambos organismos ligados à ONU, dos 147 países avaliados, o Brasil alcançou a 50^a colocação. Ficou como o terceiro mais pobre entre os países da América Latina.

O Índice de Pobreza e de Água (IPA) é formado a partir de cinco critérios – recursos disponíveis, acesso, capacidade, uso da água e impacto ambiental –, o Brasil recebeu a nota 61,2, abaixo do Chile, um país obrigado a dessalinizar água do mar para ter toda a água potável de que precisa. Os autores do estudo atribuíram o mau desempenho do Brasil a dois fatores: o uso da água e a preservação do meio-ambiente, no qual o principal problema no Brasil é o gerenciamento dos recursos disponíveis.

Estima-se que 90% da população rural brasileira não tem acesso à água encanada, ainda que isso não signifique não ter acesso a água, o importante é garantir que a água

disponível para a população seja potável. Essa é a perspectiva da construção de 1 milhão de cisternas no semiárido, onde está a maior parte da população brasileira sem água potável.

O semiárido nordestino é um dos maiores do planeta, em extensão geográfica e população. Tem perto de 868 mil quilômetros quadrados: abrange o norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e uma parte do nordeste do Maranhão. Nessa região, vivem mais de 18 milhões de pessoas. Denomina-se “semiárida” uma área territorial em que há deficiência e/ou irregularidade de chuvas, fazendo com que a evaporação seja superior à precipitação. Geralmente, nessas áreas, há ocorrências de secas periódicas. Apesar de tudo, o semiárido brasileiro é um dos mais úmidos do mundo. A precipitação pluviométrica é, em média de 750 milímetros. Em condições normais, chove mais de 1000 milímetros. Em comparação com outras áreas semiáridas, esse é um índice privilegiado. No sertão do Nordeste brasileiro, chove quatro vezes mais do que na Califórnia. O problema do semiárido brasileiro é que o cristalino está praticamente à flor da terra. O solo é muito raso, a retenção da água subterrânea é muito difícil. Normalmente se tem pouca água retida, porque o escoamento é muito. Se escavar na superfície, encontra-se rocha cristalina, rocha matriz. Portanto, os solos capazes de reter água não são muito fundos. Lençóis freáticos, só em certas regiões se tem, isso tudo com brechas e com rupturas. Em alguns lugares, dentro da rocha cristalina, se tem uma falha grande onde se encontra água de boa qualidade. No Piauí e em outras áreas do Nordeste, a rocha granítica matriz se rompeu, acumulou e tem uma piscina de água retida, guardada.

Essa rápida caracterização indica que o desafio central do semiárido é o armazenamento e o uso adequado da água das chuvas. Existem rios, tem água subterrânea, foram construídas grandes barragens, existem áreas de irrigação com água captada de rios ou de poços artesianos.

Em grandes centros urbanos, não necessariamente é disponível água de qualidade adequada, como no caso do Rio de Janeiro. O Rio de Janeiro utiliza do Rio Guandu 3,5 bilhões de litros por dia. O diretor de produção e tratamento de águas do estado declarou: “Devemos ressaltar que toda a bacia desse importante e único manancial, capaz de abastecer toda a região metropolitana do Rio de Janeiro, está em adiantado estado de degradação”. Rio tem lixões às margens do Rio Guandu e o polo industrial de Queimados derrama toneladas diárias de metal pesado e que as empresas de extração de areia poluem todos os rios da baixada.

O estado do Espírito Santo sofre com a transformação de suas matas em imensas plantações de eucalipto da Aracruz Celulose, responsável pela seca de muitos pequenos rios e riachos. Ocupando extensas áreas da faixa nobre litorânea capixaba, avança para o extremo sul da Bahia. As monoculturas exigem um balanço social, econômico e ambiental.

A realidade no sul do Brasil não é diferente. Em Rivera, cidade fronteira com o Uruguai, os técnicos descobriram uma fonte de poluição do próprio Aquífero Guarani. Em Santa Catarina, o governo brasileiro tem implementado uma política de grandes hidroelétricas, barragens e hidrovias nos rios brasileiros. Essas obras são necessárias para o desenvolvimento do país, mas isso deve ser feito com respeito às condições naturais dos rios, sem obras que possam alterar sua hidrologia.

3 . REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Águas provenientes de recursos hídricos não convencionais são aquelas que não provêm de corpos d'água naturais ou artificiais, geralmente utilizados como fontes de abastecimento dos sistemas de aquedutos para uso civil, agrícola e industrial.

Essas águas não são convencionalmente consideradas devido às suas características de disponibilidade e qualidade, geralmente inferiores ou assim consideradas em relação às provenientes de outros recursos. As razões subjacentes à sua consideração limitada, no entanto, nem sempre são totalmente fundamentadas.

Para classificar os recursos hídricos, é mais correto, e também mais útil do ponto de vista operacional, falar em adequação para atender a uma necessidade específica de água. Essa adequação depende tanto de suas características físico-químicas quanto da compatibilidade temporal e espacial dos volumes e vazões disponíveis com as necessidades.

ID	Tipologia	Qualidade	Disponibilidade
1	Águas da chuva	Alta	média – baixa Variável ao longo do tempo
2	Águas meteorológicas	Média – baixa	média – alta Variável ao longo do tempo
3	Águas subterrâneas	Média – baixa	alta Constante ao longo do tempo
4	Águas rasas	Média – alta	média Variável ao longo do tempo
5	Águas cinzas	Baixa	média Constante ao longo do tempo
6	Águas de purificação	Média – alta	média – alta Constante ao longo do tempo
7	Águas técnicas	Média – baixa	média – baixa Constante ao longo do tempo

Tabela 1: Tipos de água de recursos não convencionais.

Fonte: elaborado pelos autores.

Nesse estudo, foram identificados sete tipos principais de água de recursos não convencionais que têm potencial significativo para uso em áreas urbanas. A Tabela 1

mostra a lista desses tipos, com uma avaliação aproximada do nível médio de qualidade e disponibilidade ao longo do tempo.

3.1 Estratégias para reuso

O reuso representa um recurso hídrico determinado, pois não pode ser referido a um único tipo de água. Na verdade, tem por objeto todas as águas que já foram utilizadas para um fim específico e que geralmente se destinam a ser despejadas em um corpo d'água, natural ou artificial, no solo ou subsolo. Essas águas, embora reintroduzidas no ciclo hidrológico natural, podem constituir um perigo para o meio ambiente, como veículo de poluentes, e um aumento do risco de inundações à medida que se agregam ao fluxo natural do receptor. A necessidade de proteção ambiental e proteção hidráulica de áreas urbanizadas, portanto, requerem processos de purificação e controle de descargas.

Sua origem pode ser uma das fontes convencionais de abastecimento de água, como no caso da água cinza, mas também uma fonte alternativa não convencional. A mesma água pode estar envolvida em múltiplos processos em cascata de reuso, com possíveis processos de tratamento intermediários.

Reutilizar, portanto, representa uma oportunidade significativa e praticável para aumentar os recursos hídricos utilizáveis (ASANO et al., 2007; USEPA, 2012). Em muitas cidades e países, o reuso é considerado um importante componente da gestão integrada dos recursos hídricos, integrada ao ciclo urbano da água e permite preservar o ciclo natural dos recursos hídricos e da biodiversidade.

A maior parte dos avanços significativos no reuso de água ocorreu em regiões áridas do mundo, como Austrália, China, países mediterrâneos, Oriente Médio e EUA, embora já exista uma tendência e interesse global por esse tipo de prática. Para uma série de países onde as reservas de água potável estão ou estarão prestes a se esgotar em um futuro próximo, a reutilização pode, de fato, ser o único recurso alternativo para o abastecimento de água. A mudança climática em curso incentiva ainda mais o reaproveitamento dos recursos hídricos.

Apesar do grande impulso que as técnicas de reuso estão tendo em várias partes do planeta, frente ao aumento da demanda hídrica, o volume total de água reciclada ainda permanece relativamente baixo e representa apenas 0,3% da demanda total (GLOBAL WATER INTELLIGENCE, 2009).

O sucesso no desenvolvimento desse recurso hídrico alternativo depende muito da coordenação das políticas hídricas, do planeamento de infraestruturas, da qualidade da água e da seleção e viabilidade dos processos de tratamento. As estratégias de incentivo à reutilização e de desenvolvimento das infraestruturas necessárias devem centrar-se nos três aspectos principais:

- melhoria da relação custo-benefício;
- identificação de áreas ótimas de uso;
- construção de uma consciência sociocultural correta.

Esses aspectos são, pelo menos parcialmente, também comuns ao uso direto de água não convencional, mas são particularmente importantes no caso de reuso.

A viabilidade econômica é um grande desafio para a maioria dos projetos de reutilização. Benefícios ocupacionais no setor de indústria de água, com empregos qualificados no desenvolvimento, gestão e manutenção de soluções de tratamento e recuperação de água, bem como em pesquisa e desenvolvimento, também devem ser considerados na avaliação de conveniência, levando em consideração o potencial de inovação dessa área. Os benefícios trabalhistas também se estendem a fornecedores de sistemas, equipamentos e produtos químicos para tratamento e reutilização. Os setores do tratamento de águas residuais e do abastecimento de água representam, de fato, entre 22 e 34% do emprego nas eco indústrias da União Europeia (UE) e têm um potencial crescente. Além disso, deve-se considerar na avaliação da conveniência, especialmente no nível de escolhas de políticas de planejamento, que o reuso permite, por um lado, reduzir a demanda de água potável no setor residencial em até 50-70%, reduzindo também o consumo relativo de energia para sua aquisição, tratamento e distribuição.

Em geral, observa-se que o reuso da água pode ser conveniente em longo prazo quando não são necessários tratamentos terciários ou sistemas complexos de distribuição de água. Portanto, é importante identificar os usos ideais em relação ao tipo de água reciclada. Embora os usos não potáveis sejam preferidos, vários estudos têm mostrado que o reuso pode ser uma solução competitiva mesmo na produção de água de alta pureza, especialmente em contextos de escassez frequente ou crônica de água.

Os principais desafios relacionados com a reutilização prendem-se principalmente com a satisfação e confiança da população, que continua baixa, nomeadamente no que diz respeito à reutilização para beber, e a acessibilidade, que pode estar em risco devido ao elevado custo do tratamento avançado das águas não convencionais e à necessidade para infraestrutura de abastecimento adicional. Conscientizar a população sobre a importância do uso de recursos hídricos sustentáveis é, portanto, essencial para o sucesso e desenvolvimento de sistemas de reuso e as estratégias para aumentá-lo devem incluir modelos de envolvimento da comunidade, para o compartilhamento de escolhas e informações corretas sobre riscos e benefícios. Para explicar aos utilizadores o valor da reutilização e criar credibilidade e confiança, é necessário fazê-los compreender a segurança e relevância do projeto, antes de mais nada utilizando uma terminologia clara e positiva e dando explicações simples sobre a qualidade da água, a tecnologia de tratamento e as vantagens que o reuso envolve.

Os tipos de reuso são divididos principalmente em:

- reuso potável direto;
- reuso potável indireto;
- reuso por propósitos não potável.

A Tabela 2 mostra potenciais aplicações e limitações para as diferentes categorias de reuso.

Tabela 2: Categorias de reuso, potenciais relativos e limites.

Categorias de reuso	Potencial	Limites	Observações
Uso de irrigação para fins agrícolas e paisagísticos	Cultura alimentar para consumo cru, alimentos processados ou cozidos. Pastagem para produção de leite. Pomares ou vinhedos com ou sem contato com frutas comestíveis. Culturas industriais e forragens.	Impacto da qualidade da água nos solos, lavouras e aquíferos. Controle de escoamento de água e aerossóis. Impacto na saúde. Aceitação dos agricultores e comercialização da safra. Requisitos para zonas tampão (buffer zones).	Boas práticas disponíveis para mitigar impactos negativos à saúde e agronômicos. O projeto de armazenamento e as técnicas de irrigação são elementos importantes a serem considerados. Numerosas vantagens observadas.
	Campos de golfe e paisagens. Parques públicos, pátio de escola; pequenos jardins, cinturão verde (áreas não desenvolvidas ao redor de um assentamento urbano); cemitérios.	Impacto da qualidade da água em plantas ornamentais. Controle de escoamento de água e aerossóis. Impacto na saúde. Aceitação pública.	Experiências de sucesso de longo prazo. Boas práticas e controle de qualidade da água <i>on-line</i> garantem a segurança da saúde.
Usos urbanos não potáveis	Reuso dentro de edifícios, descargas de WC. Uso de irrigação para paisagens (ver item citado acima). Ar-condicionado, proteção contra incêndio. Lavagens de carros e caminhões comerciais. Purga de esgoto. Lavagem de calçadas para carros e quadras de tênis. Degelo.	Impacto na saúde. Corrosão, incrustação e crescimento biológico. Conexão errada com canos de água potável. Poluição dos cursos de água.	A instalação dupla requer manutenção eficaz e verificações com conexões cruzadas; Não foram registrados problemas de saúde, mesmo em casos de conexão incorreta (no caso de águas residuais terciárias desinfetadas).
Usos ambientais e recreativos	Lagoas recreativas. Melhoria ambiental (proteção da água doce ou do mar). Restauração de áreas úmidas (<i>wetlands</i>) e biodiversidade. Pescaria. Lagos e lagoas artificiais. Neve artificial.	Impacto na saúde. Eutrofização devido ao excesso de nutrientes. Toxicidade para a vida aquática.	Novas aplicações com inúmeras vantagens para as cidades do futuro: valorização do meio ambiente, bem-estar humano, biodiversidade e outros. Boas práticas e controle de qualidade da água <i>on-line</i> garantem a segurança da saúde.

Usos industriais	Esfriamento. Alimentação da caldeira. Água processada. Construção pesada (controle de poeira, cura do concreto, enchimento, compactação e lavagem).	Corrosão, incrustação e crescimento biológico. Aerossol de torres de resfriamento. Eliminação de ralos. Conexões erradas com água potável.	Prática de sucesso desde 1970. Vários tratamentos garantem uma produção segura de água potável. Controle efetivo por meio de modelagem avançada.
Uso potável indireto por recarga de água subterrânea e reservatórios.	Recarga de água subterrânea por meio de bacias ou poços de infiltração. Barreira contra a intrusão de água salobra ou do mar (recarga direta). Verificações de subsidência de terra.	Contaminação de águas subterrâneas. Efeitos toxicológicos de produtos químicos orgânicos. Aumento de sais e minerais. Aceitação pública.	
	Aumento dos reservatórios de superfície. Mistura em tanques de abastecimento de água antes da purificação.	Preocupações com a saúde. Aceitação pública.	Prática de sucesso desde 1970. Vários tratamentos garantem uma produção segura de água potável. Melhoria da qualidade da água.
Uso potável direto	Mistura <i>pipe-to-pipe</i> de água purificada e água potável. A água purificada é uma fonte de abastecimento de água potável mista para tratamento posterior.	Preocupações e problemas de saúde com compostos químicos emergentes. Aceitação pública. Economicamente atrativo na reutilização em larga escala.	Múltiplos tratamentos garantem uma produção segura de água potável. Não houve problemas de saúde relacionados ao uso de águas de recuperação na Namíbia desde 1968.

Fonte: adaptada de Asano e demais autores (2007).

3.2 Reuso potável direto/indireto

Com relação ao reuso potável, uma distinção deve primeiro ser feita entre o reuso potável direto e o reuso potável indireto. No caso de reuso direto de água potável, a água de recuperação devidamente tratada é introduzida na rede de abastecimento; no caso de reuso indireto, a água tratada é lançada em águas superficiais e subterrâneas, que depois são utilizadas como fonte de água potável. O reuso de água para beber remonta à década de 1960 com a recarga de aquíferos na Califórnia em 1962 e o reuso potável direto na Namíbia em 1968. Essa prática requer um alto nível de tratamento para atingir um maior grau de confiabilidade respeito ao tratamento de sistemas e reutilização de águas residuais convencionais. Nesse período de experiência operacional, o reuso direto *pipe-to-pipe* demonstrou a viabilidade e a ausência de efeitos na saúde; no entanto, a oposição pública e a preocupação com a presença de micropoluentes são os principais constrangimentos para o desenvolvimento dessa prática.

O reuso potável indireto por meio de recarga de aquíferos é dividido em duas categorias:

- difusão superficial e reconstituição de depósitos superficiais;
- injeção direta, como nas barreiras à intrusão de água do mar.

A experiência operacional mostrou que, para todas as aplicações de reuso indireto, o progresso tecnológico e os custos mais baixos favoreceram a implementação de esquemas avançados; comprehensivelmente, porém, o reuso potável continua a ser o menos difundido e ainda levanta preocupações na opinião pública.

3.3 Reuso para fins não potáveis

O reuso para fins não potáveis é bastante difundido, aceito pela população e consolidado a nível tecnológico. Os principais campos de aplicação são:

- irrigação para fins agrícolas;
- uso industrial;
- uso recreativo;
- melhoria ambiental;
- reaproveitamento interno de edifícios;
- uso urbano.

Em particular, a prática de reutilização de água para agricultura e indústria é uma das aplicações de crescimento mais rápido em nível internacional (cerca de três vezes o crescimento da dessalinização) (EUREAU, 2009).

Irrigação para fins agrícolas

O reuso na agricultura é amplamente praticado em todo o mundo com diretrizes de proteção à saúde e práticas agronômicas estabelecidas (ASANO et al., 2007). O reuso da água traz benefícios econômicos para as fazendas, aumentando a disponibilidade de água para irrigação com benefícios também do ponto de vista social, ou seja, garantindo empregos e oferecendo benefícios às comunidades locais.

Uso industrial

Um dos grandes setores com potencial de reaproveitamento é o industrial, que representa o segundo maior mercado de abastecimento de água depois da agricultura, com cerca de 25% da demanda global. O reuso e a reciclagem internos estão se tornando uma prática comum em muitos países, especialmente para indústrias com alta demanda de água, favorecidas pelo aumento do custo da água potável e pela demanda por padrões mais rígidos para regulamentações de drenagem. Os principais usos da água a nível

industrial consistem em:

- água de alimentação da caldeira;
- água de reposição do sistema de resfriamento;
- água de processos;
- água de lavagem;
- proteção contrafogo;
- limpeza de superfícies.

No nível industrial, as seguintes estratégias são frequentemente adotadas para favorecer a economia de água e a minimização de águas residuais:

- reutilização em cascata, que implica em reutilização direta com pouco ou nenhum tratamento;
- reciclagem de águas residuais após tratamento adequado;
- redução da fonte pela diminuição da necessidade de água para um determinado processo industrial.

Uso recreativo

O turismo é outro setor da economia em que o reuso da água tem uma influência crescente, permitindo o desenvolvimento de atividades relacionadas à água e mais em harmonia com o meio ambiente. Em particular, as águas reutilizadas são utilizadas para criar a cobertura de neve ou para irrigação paisagística – parques públicos, campos desportivos, cinturões verdes, campos de golfe – que hoje se desenvolvem rapidamente e desempenham um papel crucial na sustentabilidade, incluindo a redução da pegada energética. O sector do turismo, que inclui um grande número de microempresas, também se beneficia da “imagem mais verde” associada ao reuso da água. Por exemplo, a reutilização de águas residuais é uma forma de contrabalançar o desenvolvimento ambientalmente controverso de campos de golfe em áreas com escassez de água (SALGOT; PRIESTLEY; FOLCH, 2012). Muitos operadores turísticos em áreas insulares com escassez de água – por exemplo, muitas ilhas gregas e Chipre – usam água recuperada para irrigação paisagística, embora a taxas altamente subsidiadas.

Valorização ambiental

As águas de reuso para a valorização ambiental incluem a restauração de pântanos, reposição de corpos d’água, lagos e cursos d’água urbanos para lazer ou pesca.

Reuso interno aos edifícios

O reuso interno aos edifícios é uma prática comum, especialmente em grandes edifícios de escritórios e grandes áreas residenciais e inclui, principalmente, descargas de vasos sanitários, ar-condicionado, máquinas de lavar. O tipo de água mais utilizado é o de lavagem dos telhados; o reuso de água cinza em edifícios residenciais ainda está sendo desenvolvido em países tecnologicamente avançados, muitas vezes em combinação com o reaproveitamento de água da chuva. Num consumo doméstico médio diário de água potável de 140 l / pessoa, 50% pode ser reposto por água não potável.

Uso urbano

Nas áreas urbanas, a água de reuso é utilizada principalmente para limpeza de ruas, lavagem de carros e combate a incêndio.

4 . ENVOLVIMENTO E PARTICIPAÇÃO DAS PESSOAS

Mesmo existindo domínio das técnicas e da tecnologia, tal conhecimento, por si só, é insuficiente para a superação das necessidades da população. A complexidade das situações vem demandando uma visão interdisciplinar e uma atuação intersetorial, a partir de um paradigma de atuação ainda por se construir e consolidar, visando assegurar a participação da sociedade no processo. Aspectos técnicos e financeiros são, sem dúvida, importantes, mas na ausência de uma abordagem política, na qual se privilegiem as condições sociais e as relações entre o sistema socioeconômico e o ambiente, não haverá uma verdadeira modificação do atual quadro (HELLER, 2005; LUNDQVIST; NARAIN; TURTON, 2001).

A seguir, são mostrados alguns obstáculos para o que pode ser chamado de “mudança de paradigma” e como eles podem ser tratados.

4.1 Aceitação Pública

O reuso de águas residuais levanta questões em termos de aceitação pública, particularmente para aplicações de água potável. O tipo de aplicação para a qual a água é reaproveitada é um fator importante para a aceitação pública, que diminui quando a saúde pública está em jogo ou quando há risco de contato ou ingestão de águas residuais. Por exemplo, a aceitação pública do reuso de água para irrigação de plantações para consumo ou para lavagem de roupas pode ser baixa, enquanto o reuso de água para colheita de bioenergia não causará sérias preocupações (INSTITUTE EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY, 2012).

O inquérito realizado no âmbito do projeto Aquarec (2006) revelou que, de acordo com muitas pessoas, as águas residuais tratadas continuam a ser essencialmente águas residuais. Além disso, não se sabe que em muitas áreas urbanas e semiurbanas da Europa as águas superficiais ou subterrâneas têm uma qualidade bacteriana pior do que as águas residuais tratadas secundárias e que algumas áreas agrícolas são irrigadas com água extraída de qualidade inferior à da água tratada secundária. Também não se sabe que, em muitas bacias urbanizadas, os ciclos da água incluem, na verdade, o reuso indireto, não planejado e não controlado de águas residuais – às vezes até sem tratamento (BIXIO et al., 2006).

A aceitação pública é difícil até que os cidadãos estejam totalmente cientes da necessidade de reutilizar as águas residuais tratadas e considerem isso uma solução eficaz para lidar com a escassez de água e reservar água de alta qualidade para fins de água potável. A primeira fase de aceitação do uso de água regenerada é a aceitação pela comunidade da necessidade de fazê-lo. Nesse caso, o uso de água regenerada torna-se uma solução para um problema e este, por sua vez, é um fator importante de percepção pública (UK WATER INDUSTRY RESEARCH, 2005).

A aceitação pública também depende fortemente da compreensão do ciclo da água local. Uma consideração importante é a questão de quando as águas residuais deixam de ser “águas residuais” e se tornam apenas mais um recurso hídrico (UK WATER INDUSTRY RESEARCH, 2005). Nesse sentido, separar a fase de remediação e a fase de aplicação por diluição e armazenamento em um tanque ou água subterrânea pode ser um passo importante para ganhar aceitação, particularmente quando a retenção pode ser medida em semanas ou meses ao invés de dias (STRANG, 2004).

Um estudo recente teve como objetivo avaliar se o conhecimento prévio da reutilização potável não planejada afeta a aceitação da reutilização potável planejada (MACPHERSON; SNYDER, 2011), e revelou que a percepção dos usuários sobre a água recuperada pode melhorar significativamente, uma vez que recebem informações da existência de reuso não planejado de água potável. Também revelou que a terminologia continua a ter uma forte influência no nível de aceitabilidade, por exemplo, “água purificada” muito melhor percebida do que “águas residuais tratadas”, e que mais informações sobre monitoramento e testes são necessárias para aumentar a confiança.

As aplicações públicas de reuso de água podem ser instrumentais na construção de suporte para reuso em geral, com muitos planos estaduais ou nacionais de reuso usando aplicações ambientais como a primeira etapa em uma abordagem em várias camadas para abordar as percepções públicas e ampliar as aplicações (LAZAROVA et al., 2013).

A aceitação pública aumenta com um maior grau de envolvimento das partes interessadas. A esse respeito, o público, o fornecedor de água purificada e seus clientes são partes interessadas, juntamente com grupos ambientais, prestadores de serviços e

reguladores de água residual e água potável (UK WATER INDUSTRY RESEARCH, 2005).

Em 2012, foi realizada uma pesquisa sobre a percepção do público sobre a água reciclada entre os visitantes do Parque Olímpico de Londres, que inclui vários locais abastecidos com água reciclada não potável (SMITH; RUTTER; JEFFREY 2013). Os resultados mostraram um nível muito alto de apoio ao uso de água não potável reciclada, tanto em locais públicos como em residências. Embora esse estudo não tenha considerado a receptividade a quaisquer esquemas de reutilização de água potável, que são muito mais propensos a receber objeções, ele sugere que pode haver um amadurecimento crescente no diálogo público em geral.

Em França, durante um inquérito (COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 2014), também se observou um bom nível de aceitabilidade no que diz respeito ao reuso da água: a maioria da população francesa (68%) concorda em consumir frutas e legumes irrigados com água reciclada. No entanto, a pesquisa mostrou que menos da metade da população (45%) aceitaria o abastecimento doméstico de água potável produzida a partir de águas residuais.

Na Itália e na Grécia, as partes interessadas relataram que a aceitação pública foi um obstáculo fundamental para a disseminação mais ampla da reutilização de água para fins agrícolas. Na Itália, também foi relatado que os agricultores que produzem “alimentos de alta qualidade” ou “alimentos tradicionais” estão preocupados com a reação dos consumidores ao reaproveitamento da água nessas produções.

Nesse contexto, destaca-se a importância da integração entre as diversas políticas públicas que têm relação com o saneamento, por meio da parceria entre os setores do saneamento, da saúde, do meio ambiente, da habitação, da energia, do transporte e do planejamento urbano, entre outros, visando ao sucesso dos esforços para a proteção da saúde humana e da preservação do meio ambiente (HELLER, 2005; MOORE; GOULD; KEARY, 2003).

4.2 Governança e participação

Muitos participantes da indústria estão cientes de que a participação das partes interessadas é um fator-chave de sucesso para o desenvolvimento e operação eficiente de esquemas de reuso de água.

Para construir confiança e obter apoio, os desenvolvedores e as autoridades locais devem, portanto, iniciar ações de conscientização das partes interessadas, atividades de consulta e colaboração durante o desenvolvimento de novos esquemas de reutilização de água. Na maioria dos casos, o desenvolvimento de projetos de reuso de água representa, portanto, uma oportunidade para melhorar as práticas de boa governança e participação pública.

Frequentemente, o gerente se preocupa em fazer melhorias técnicas em seus sistemas, o que é recomendável, mas negligencia a comunicação com o usuário final.

Independentemente do escopo do projeto, é essencial desenvolver um plano de comunicação estratégica abrangente que identifique como a concessionária apresentará as informações e solicitará o envolvimento das partes interessadas. Esse plano deve pré-identificar e fornecer treinamento para aqueles que falarão em nome do projeto. O plano precisa considerar mensagens consistentes, incluindo as implicações de longo prazo da reutilização de mensagens.

Para se comunicar com o público de uma forma que os torne compreensíveis, as concessionárias precisam considerar cuidadosamente como as informações são apresentadas.

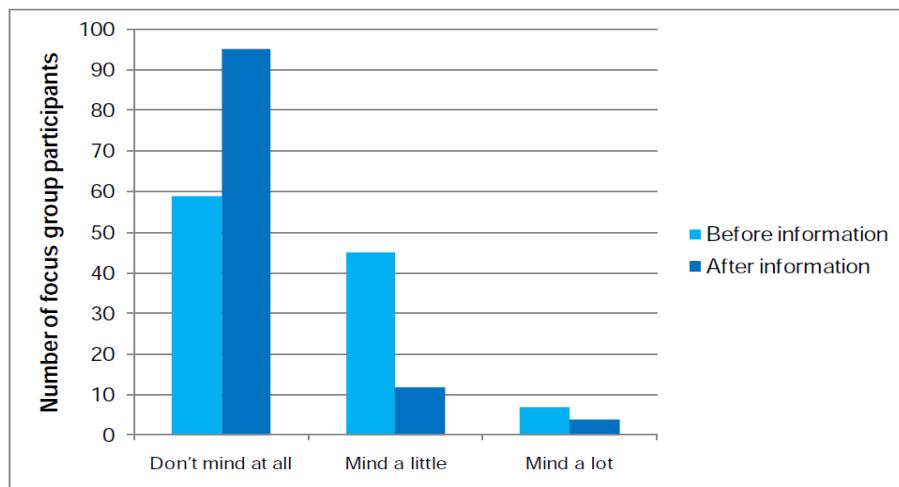


Figure 8-2
Focus group participant responses: before and after viewing information (Source: Adapted From WRRF, 2011)

Figura 4: Respostas dos participantes do grupo de foco: antes e depois de receber informações.

Fonte: adaptada de Watereuse Research Foundation (2011).

Imagens e frases que apoiam decisões informadas sobre o reuso da água ilustram que, embora alguns oponentes ferrenhos não mudem de ideia, uma parte significativa dos membros da comunidade pode mudar para encorajar a reutilização quando informações claras são fornecidas (WATEREUSE RESEARCH FOUNDATION, 2011). A Figura 4 fornece dados de grupos de foco em que as pessoas foram notadas como pertencentes a uma das três mentalidades com base em suas respostas à ingestão de água de reuso: “Eu me importo um pouco”, “Eu não me importo” ou “Eu me importo muito” (WATEREUSE

RESEARCH FOUNDATION, 2011). Os participantes receberam informações relacionadas ao reuso da água, incluindo detalhes técnicos de fácil compreensão e gráficos explicando o processo de purificação da água. Após essa partilha de informação, a maioria dos que se “preocupavam um pouco” mudou a sua opinião para “não faz mal”, embora muitos tivessem mais questões. A maioria dos que indicaram que “me importo muito” manteve essa posição.

Essa pesquisa mostrou claramente que se o vocabulário do setor e os meios de comunicação com o público não são bem compreendidos ou bem-vindos, muitas vezes causam confusão e contribuem para a desconfiança do público ou a não aceitação de projetos de reuso de água. Os termos para descrever a água reciclada produzida para aumentar o fornecimento de água potável que os entrevistados consideraram mais tranquilizadores, todos descreveram a altíssima qualidade da água e não incluíram o prefixo “re” (reutilizar, regenerar etc.). No outro extremo do espectro, os termos menos tranquilizadores encontrados são os mais usados pela indústria de água (WATEREUSE RESEARCH FOUNDATION, 2011).

Esse estudo também constatou que a maioria dos participantes prefere que a qualidade da água purificada seja descrita pelos usos para os quais é adequada, ao invés de um sistema de classificação, grau ou tipo de tratamento ou tipo de poluente removido. Pesquisas anteriores falam da aversão “visceral” das pessoas aos dejetos humanos e da dificuldade em superar a percepção de contaminação (ROZIN; FALLON, 1987).

Como um todo, esta pesquisa destaca a importância da linguagem na definição do contexto para as percepções das pessoas sobre a água purificada. Os resultados dos estudos incluem recomendações para práticas e terminologia relacionadas ao reuso de água que irão facilitar, em vez de erodir, a capacidade das pessoas de compreender e aceitar a água reutilizada como uma opção de abastecimento de água segura e confiável. Estes incluem:

- **Facilitar o entendimento:** os grupos focais mostraram que informações simples e fáceis de entender se traduzem em maior conhecimento e aceitação do reuso da água. Ao mesmo tempo, os materiais não devem ser excessivamente simplistas. As pessoas não querem informações gerais sobre a água, mas sim informações detalhadas (WATEREUSE RESEARCH FOUNDATION, 2011).
- **Esqueça o passado:** a água reciclada é melhor apresentada em termos de adequação para usos específicos, em vez de sua fonte.
- **Enfatize a pureza:** a palavra “puro” e seus derivados ajudam a tranquilizar as pessoas de que a água é segura.
- **Demonstrar que é parte integrante do ciclo:** o reuso da água é melhor apresentado no contexto do ciclo completo da água, estabelecendo as bases para que as pessoas entendam a verdade de que toda a água é reciclada.

- **Evite jargões:** muitos termos comuns aos profissionais de serviços de água – “floculação”, “tratamento primário”, “efluente” – são obscuros para a maioria das pessoas. É importante explicar o processo de purificação e seus resultados em termos claros e de fácil compreensão. Algumas pessoas percebem a terminologia altamente técnica como uma tentativa de ofuscar, que serve mais para corroer do que para gerar confiança.
- **Use imagens:** gráficos e imagens que ilustram de forma clara – e também inteligente – as etapas técnicas do processo de tratamento de água ajudam as pessoas a entender e acreditar na tecnologia por trás da purificação de água.
- **Analogações atuais:** as comparações podem ajudar as pessoas a compreender e avaliar melhor o risco.
- **Conte como está:** a terminologia comumente usada pela indústria pode dificultar a compreensão e aceitação pública da água reciclada. Os termos “constituintes emergentes da poluição”, “compostos orgânicos residuais” e “microconstituintes” são termos que podem ser confusos ou alarmantes para o público. O termo “emergente” provavelmente aumentará o senso de preocupação de uma pessoa, conotando isso não apenas como existente, mas como sujeito a se tornar maior ou mais virulento. O uso da palavra “poluição” expressa que isso é algo que deve ser motivo de preocupação. Termos alternativos foram propostos, classificando-os de acordo com o uso final, ou por possíveis efeitos no meio ambiente e na saúde humana. A ampla gama de diferentes tipos de compostos também pode causar confusão e não é bem compreendida pelo público em geral.

4.3 Água, saúde, cidadania ativa

Verifica-se, em localidades onde não há prestação de serviços pelos setores público e/ou privado, a adoção de medidas por conta da própria população que, sem orientação adequada, pode executá-las de forma imprópria, favorecendo danos à saúde.

Destaca-se aqui uma interessante observação aventada por Cairncross (1997) a respeito da importância do saneamento sob a perspectiva de um tipo específico de usuário: a saúde não é geralmente o objetivo mais importante do saneamento, na perspectiva dos usuários. Do ponto de vista do consumidor de baixa renda, o principal benefício do abastecimento de água é a conveniência de abastecer-se em casa e, em certos casos, a economia do custo da água comprada dos vendedores. (CAIRNCROSS, 1997).

A identificação da maneira como a comunidade entende suas condições de vida, de habitação, de saúde e sua relação com o meio ambiente pode vir a favorecer a implementação de medidas sanitárias e, consequentemente, a concretização dos objetivos

do saneamento, ou seja, a promoção da saúde e da qualidade de vida.

O desafio nesse sentido seria tratar o saneamento segundo uma abordagem que não assuma um caráter marcadamente técnico, mas que tenha de dar a devida importância ao homem e ao meio ambiente, objetivo final de suas ações. Assim, associada à implantação de estruturas físicas compostas por sistemas de engenharia, caberia incluir um conjunto de ações orientadas para a ampliação da consciência política da população, para atuar em prol de sua saúde, bem como uma estrutura institucional apta a gerenciar com base em uma visão intersetorial e capaz de compartilhar decisões com os usuários, atenta à relevância da participação popular, do controle e da inclusão sociais (SOUZA; FREITAS, 2006). Ressalta-se a importância da elaboração de políticas públicas que não apenas tenham como objetivo somente aumentar o atendimento de serviços de saneamento, mas também, e principalmente, trabalhar o homem como objeto detentor de conhecimento, que possui competência para agir em função da melhoria das condições de saúde (SOUZA, 2007).

Se não há consciência e compreensão da saúde, não haverá mudanças perduráveis no comportamento das pessoas.

De acordo com a abordagem de um trabalho da Organização Mundial da Saúde (OMS) (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1996), quando as pessoas sabem que são responsáveis por encontrar uma solução, começam a exigir informação, demandas que, por sua vez, abrem caminho para o intercâmbio de informações e o diálogo. Tendo em vista a existência de um conjunto de barreiras que podem ser manejadas para ajudar a bloquear a transmissão de doenças, infere-se que há a possibilidade de as comunidades identificarem as intervenções apropriadas a elas, segundo as percebam como efetivas e de acordo com os recursos locais. Em suma, o enfoque dessa iniciativa é orientado ao crescimento.

Considera-se de grande relevância o entendimento da população no que se refere ao saneamento, de forma que as pessoas possam compreender a importância de seus serviços, reivindicá-los e utilizá-los, assim como promover a divulgação do conhecimento a respeito, visando à saúde. O entendimento sobre os serviços de saneamento e a integração entre eles possivelmente permite uma conscientização a respeito dos hábitos diários.

Com relação à percepção da população, Souza (2007) identificou, no discurso dos sujeitos pesquisados em seu estudo, o não entendimento do saneamento como um direito, considerando, por exemplo, enunciados do tipo “Eles fizeram, nos deram [...]”: “Nós ganhamos [...]”. Da mesma forma, é bem provável que grande parte da população não reconheça seu direito ao saneamento, assim como outros serviços, cuja oferta é de obrigação do poder público. Isso provavelmente está vinculado à carência de conhecimento pela população, principalmente aquela parcela mais desprovida, fruto da ausência de veiculação necessária de informações.

Embora se considere a importância da transmissão da informação, é preciso ter em mente que somente a posse de determinado saber não garante a atuação da pessoa. É preciso haver a capacitação do indivíduo de forma que ele assimile a informação e seja capaz de buscar informações e auxílio ou até mesmo de definir soluções. Isto é, que ele seja capaz de adquirir autonomia para realizar, por si, as ações e mudanças necessárias ao seu crescimento e desenvolvimento pessoal e social (COMUNICARTE, 2004). Quando se trata dos serviços de saneamento, o controle social e a participação popular são identificados como incipientes, ou até mesmo ausentes, ao contrário do que se pode notar nas áreas da saúde, do meio ambiente, de políticas urbanas e de recursos hídricos, as quais alcançaram legitimidade com velocidade muito maior (HELLER, 2007).

Da mesma forma que é importante responsabilizar o poder público e os gestores de serviços coletivos pela difusão da informação, identifica-se o papel da área académica como fundamental na transmissão de conhecimentos à população. À academia caberia, além da realização de pesquisas de ponta, a produção de conhecimentos que promovam melhorias para as populações, tornando socialmente relevante o conhecimento produzido. Simeone (2005) considera que a cidadania não se restringe à inscrição de direitos nos dispositivos legais e só se completa quando os sujeitos têm consciência de sua capacidade de interferir na ordem social em que vivem, sendo apreendida pelos sujeitos em seu próprio movimento na sociedade. O autor alerta para o papel fundamental da universidade em aproximar da realidade cotidiana o saber nela e por ela produzido, com a cautela de não se dar, simplesmente, esse saber aos sujeitos, mas sim construí-lo na interação com eles, visando a uma produção coletiva de saberes. Acrescenta, ainda, que a aquisição da consciência cívica deve-se dar com a própria vivência da cidadania, com todas as suas contradições, pois, de outra forma, não há como garantir que, mesmo instituídos, os direitos da população concretizem-se no cotidiano.

5 . CONCLUSÕES

Este capítulo pretendeu traçar brevemente um caminho bastante amplo: em primeiro lugar, são relatados os consumos de água doce e sua disponibilidade. É fácil perceber como a demanda por água aumentou muito nos últimos anos, mais do que a população cresceu. Mas é igualmente fácil ver como esses pedidos de água são extremamente diversificados e como a demanda por água potável é completamente minoritária, embora de – literalmente – importância vital.

A técnica moderna prevê, portanto, o uso de fontes ditas “não convencionais”, significando essencialmente o reaproveitamento de águas cinzas, devidamente tratadas se necessário, e da chuva. Numa sociedade em que, tradicionalmente, a água potável é utilizada para todos os fins e toda a água recolhida – águas residuais e pluviais – deve ser encaminhada para a purificação, esta nova orientação que prevê o reuso da água corre o

risco de ser percebida como um “novo paradigma”, dificilmente aceito pelos cidadãos.

Para tal, portanto, é necessário um trabalho cultural com os cidadãos que utilizam o serviço. Esse trabalho exige um esforço adicional por parte dos Gestores dos Serviços de Águas, normalmente empenhados no certamente louvável e em qualquer caso indispensável esforço técnico para melhorar a eficiência dos sistemas e redes, mas não igualmente empenhados no esforço de envolver a população e na explicação das escolhas técnicas.

Sem dúvida, há um problema de dificuldade em explicar corretamente a técnica devido à sua complexidade. Porém, acredita-se que a mudança de paradigma delineada, tecnicamente necessária para reduzir o impacto ambiental do uso dos recursos hídricos, pode constituir uma oportunidade de crescimento cultural e de cidadania consciente, de modo que sejam parte ativa e pró-ativa da mudança que se está se tornando cada vez mais necessária para o uso sustentável de nossos recursos vitais.

REFERÊNCIAS

AQUAREC. **Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater**. Barcelona, 2006.

ASANO, T. *et al.* **Water reuse**: issues, technologies, and applications. New York: McGraw-Hill, 2007.

BIXIO D. *et al.* Wastewater reuse in Europe. **Desalination**, v. 187, n. 1/3, p. 89-101, 2006.

CAIRNCROSS, S. Modelos conceituais para a relação entre a saúde e o saneamento básico. In: HELLER L. *et al.* (ed.). **Saneamento e saúde em países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: CC&P Editores, 1997. p. 30-53.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE. Ressources en eau: perception et consommation des ménages français – résultats d'enquête. **Études & documents**, Paris, n. 106, p. 1-80, 2014. Disponível em: <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0081/Temis-0081062/21654.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2021.

COMUNICARTE. **Glossário social**: mais que uma fonte de conhecimento, uma ferramenta indispensável de ação social. Rio de Janeiro: Comunicarte, 2004. Disponível em: https://www.comunicarte.com.br/assets/comunicarte_glossario_social.pdf. Acesso em: 28 nov. 2021.

EUREAU. **Statistics overview on water and wastewater in Europe 2008**. Brussels: EUREAU, 2009. Disponível em: <https://www.riool.net/documents/20182/331026/EUREAU+Statistics+2008.pdf/b76c-1848-50eb-4bb5-a239-5533244fdb86>. Acesso em: 28 nov. 2021.

GLOBAL WATER INTELLIGENCE. **Market-leading analysis of the international water industry**. Oxford: GWI, 2009.

GLOBAL WATER INTELLIGENCE. **Municipal water reuse markets 2010**. Oxford: Media Analytics Ltd., 2009.

HELLER, L. Basic Sanitation in Brasil: lessons from the past, opportunities for the present, challenges for the future. **Journal of Comparative Social Welfare**, Bode, v. 23, n. 2, p. 141-153, 2007.

HELLER, L. Política pública e gestão dos serviços de saneamento a partir de uma visão de saúde pública. In: ENCUENTRO POR UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN AMERICA LATINA, FUNDACIÓN NUEVA CULTURA DEL AGUA, 1., 2005, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Fundación Nueva Cultura del Agua, 2005.

INSTITUTE EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY. **Service contract to support the impact assessment of the blueprint to safeguard Europe's waters**: assessment of policy options for the Blueprint. [Bruxelles]: IEEP: Acteon: Arcadis, 2012. (Report for DG ENV). Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/FINAL%20REPORT%20LOT%202%202013%20Nov.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2021.

LAZAROVA, V. et al. **Milestones in water reuse**: the best success stories. London: IWA Publishing, 2013.

LUNDQVIST, J.; NARAIN, S.; TURTON, A. Social, institutional and regulatory issues. In: MAKSIMOVIC, C.; TEJADA-GUIBERT, J. A. **Frontiers in urban water management**. London: IWA Publishing, 2001. p. 30-53.

MACPHERSON, L.; SNYDER, S. Terminology, images and context: key to a sustainable future. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RECLAMATION & REUSE, 8., 2011, Barcelona. **Anais** [...]. Barcelona: IWA, 2011.

MOORE, M.; GOULD, P.; KEARY, B. S. Global urbanization and impact on health. **International Journal on Hygiene and Environmental Health**, Jena, v. 206, n. 4/5, p. 269-278, 2003.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **La iniciativa PHAST – transformación participativa para la higiene y el saneamiento**: un nuevo enfoque para el trabajo comunitario. Geneve: OMS, 1996. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68960/WHO_EOS_96.11_spn.pdf. Acesso em: 28 nov. 2021.

ROZIN, P.; FALLON, A. E. A perspective on disgust. **Psychological Review**, Washington, D. C., v. 94, n. 1, p. 23-41, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/0033-295X.94.1.23>. Acesso em: 28 nov. 2021.

SALGOT, M.; PRIESTLEY, G. K.; FOLCH, M. Golf course irrigation with reclaimed water in the mediterranean: a risk management matter. **Water**, Basel, v. 4, n. 2, p. 389-429, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w4020389>. Acesso em: 28 nov. 2021.

SIMEONE, M. A cidadania como possibilidade. **Diversa**, Belo Horizonte, v. 3, n. 8, 2005. Não paginado. Disponível em: <https://www.ufmg.br/diversa/8/artigo-acidadaniacomopossibilidade.htm>. Acesso em: 28 nov. 2021.

SMITH, H. M.; RUTTER, P.; JEFFREY, P. Public perceptions of recycled water: a survey of visitors to the London 2012 olympic park. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RECLAMATION AND REUSE, 12., 2013, Windhoek. **Anais** [...]. Windhoek: IWA, 2013.

SOUZA, C. M. N. **A relação saneamento – saúde – ambiente: um estudo sobre discursos setoriais na perspectiva da promoção da saúde e da prevenção de doenças**. 2007. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M. O. O saneamento na ótica da prevenção de doenças e da prevenção da saúde. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Leste. **Anais** [...]. Punta del Leste: AIDIS, 2006.

STRANG, V. **The meaning of water**. New York: Berg Publishers, 2004.

UK WATER INDUSTRY RESEARCH. **Framework for developing water reuse criteria with reference to drinking water supplies**. London: UK Water Industry Research, 2005.

USEPA. **2012: guidelines for water reuse**. Washington, D. C: USEPA, 2012.

WATER MANAGEMENT REPORT. **Dipartimento di ingegneria gestionale, politecnico di Milano**. Milano: Water Management Report, 2018.

WATERREUSE RESEARCH FOUNDATION. **Extending the integrated resource planning process to include water reuse and other nontraditional water sources**. Alexandria: WRRF, 2011.

TÉCNICAS DE TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO PARA POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA

Layane Priscila de Azevedo Silva

Ademar Nogueira do Nascimento

1. INTRODUÇÃO

A universalização do acesso aos serviços de saneamento é um princípio fundamental que permanece no novo Marco Regulatório do Saneamento Brasileiro (BRASIL, 2020), contudo, as mudanças que dizem respeito à prestação do serviço têm gerado muitas discussões, sobretudo quanto à cobertura das áreas que apresentam menor arrecadação.

As populações com menor capacidade de pagamento são aquelas que mais carecem de infraestrutura de saneamento básico. Dessa forma, com o estímulo da concorrência, garantida no novo Marco Legal, estima-se que os maiores investimentos se concentrarão em locais que apresentem condição econômica privilegiada. Contudo, o propósito para atingir a universalização é justamente o contrário, os serviços precisam chegar aonde há maior déficit social.

Nesse contexto, de um ambiente regulatório que permita o equilíbrio entre as necessidades sociais e a gestão sustentável dos contratos para os operadores do serviço, encontra-se o desafio de promover a inclusão de áreas vulneráveis e de baixa densidade

populacional (SANTOS et al., 2015).

Regiões isoladas, ou com vulnerabilidade social, normalmente não são atendidas por sistemas centralizados, uma vez que não compreendem a diluição dos custos do investimento. Tal situação compromete a universalização dos serviços de saneamento.

Logo, a adoção de sistemas descentralizados de tratamento e/ou aproveitamento de esgotos para populações de baixa renda, a serem mencionados neste capítulo, poderão contribuir para atingir esse objetivo.

2. CENÁRIO ATUAL E DESAFIOS DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM COMUNIDADES DE BAIXA RENDA

Segundo o *Atlas Esgotos* lançado pela Agência Nacional de Águas (ANA), apenas 43% da população brasileira apresenta esgoto coletado e tratado (BRASIL, 2017). Tal situação é preocupante, pois a ausência do tratamento adequado dos esgotos compromete a qualidade das águas, o equilíbrio do meio ambiente e a saúde das pessoas.

Este capítulo terá enfoque nas populações de baixa renda, que sofrem privações em todas as áreas –educacional, alimentar, habitacional, saúde, infraestrutura e, inclusive, sanitária.

O novo Marco Regulatório do

Saneamento (BRASIL, 2020), artigo 3º e inciso VII, prevê que o Plano Nacional de Saneamento Básico deverá contemplar ações de saneamento básico em núcleos urbanos informais ocupados por populações de baixa renda, quando estes forem consolidados e não se encontrarem em situação de risco. O artigo 3º e inciso VII prevê ainda o emprego de subsídios como instrumentos econômicos de política social, que contribuam para a universalização do acesso aos serviços públicos de saneamento básico por parte de populações de baixa renda (BRASIL, 2020).

O tema é complexo, pois as populações de baixa renda encontram-se em variações geográficas muito distintas: comunidades rurais, tradicionais, isoladas e favelizadas. Em pesquisas realizadas pelo Instituto Trata Brasil, estimou-se que cerca de 10 milhões de pessoas moram em áreas urbanas irregulares (PESQUISA..., 2016).

Acerca das comunidades isoladas, sete entre dez pessoas que não têm acesso aos serviços adequados de saneamento básico, moram em zonas rurais. Parece uma realidade distante para quem vive no meio urbano, mas 49% da população que habita essas áreas ainda convivem com práticas consideradas inadequadas, como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

3 . GESTÃO DESCENTRALIZADA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM COMUNIDADES DE BAIXA RENDA

Existem dois tipos de gestão para a execução dos serviços de saneamento: a centralizada e a descentralizada.

A gestão centralizada é utilizada como solução de tratamento para grandes vazões. Normalmente, são administradas por concessionárias, exigindo técnicas avançadas e grandes áreas para instalação das unidades de coleta e tratamento, bem como elevados investimentos financeiros para implantação e manutenção de todo o sistema (SURIYACHAN; NITIVATTANANON; AMIN, 2012).

Entretanto, a população de baixa renda geralmente se encontra em áreas sem infraestrutura, na zona rural ou nos pequenos núcleos urbanos. Desse modo, pensar na gestão centralizada para atender a esse grupo pode ser inviável financeiramente. Sendo assim, para assistir essa população de forma sustentável, a gestão descentralizada parece ser a melhor opção.

Para Larsen, Udet e Lienert (2013), um sistema descentralizado pode ser definido como: “sistemas autônomos utilizados para tratamento de pequenas vazões, nas quais os resíduos podem ser processados no local ou tratados em outras unidades”. De acordo com Rodriguez (2009), as tecnologias de tratamento descentralizadas devem ser aplicadas em

comunidades com população inferior a 2 mil habitantes.

Antes de tudo é importante destacar que a associação de sistemas descentralizados à precariedade e ao subdesenvolvimento é equivocada. Essa percepção não pondera o contexto social e os entraves técnicos existentes em determinadas localidades, na qual impedem a adoção de alternativas convencionais para o tratamento de esgotos domésticos, consideradas mais eficientes e modernas pela maioria da população (SERAFIM; DIAS, 2013). Sendo assim, uma estratégia complementar e não oposta à centralização, objetivando a universalização dos serviços de esgotamento sanitário (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012).

3.1 Tipos de sistemas descentralizados

Há dois tipos de sistemas descentralizados: o local e o coletivo.

No sistema local, a coleta e o tratamento acontecem no próprio local da geração do esgoto, com efluentes provenientes de uma única propriedade, seja residência ou edifício, seja residencial ou comercial.

Já o sistema coletivo é caracterizado pelo atendimento de mais de uma propriedade, podendo receber várias conexões, e conduzindo todo o efluente a uma unidade de tratamento comum, localizada perto das fontes geradoras de esgoto (LOMBARDO, 2004).

4 . TÉCNICAS PARA TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM COMUNIDADES DE BAIXA RENDA

Nos itens subsequentes serão abordadas as principais técnicas de tratamento de esgotos domésticos para as comunidades de baixa renda.

As sessões serão divididas entre técnicas descentralizadas locais e coletivas. Inicialmente, serão apresentadas as tecnologias locais.

4.1 SISTEMA DESCENTRALIZADO LOCAL

4.1.1 Fossa seca

Embora o Brasil apresente uma alta cobertura com abastecimento de água tratada (83,7% da população), quando comparada ao de esgotamento sanitário, cerca de 16% dos brasileiros ainda não são atendidos com rede pública de abastecimento (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2019).

A fossa seca consiste num buraco escavado no solo, sobre o qual é construído um piso e uma “casinha”, que pode ser construída com material de baixo custo, e que estejam

disponíveis na localidade (Figura 7), é destinada a receber somente as excretas, ou seja, não dispõe de veiculação hídrica (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015).

O buraco pode ser redondo, com 90 cm de diâmetro, ou quadrado, com 80 cm de lado, podendo ser revestido ou não. Sua profundidade depende das características do solo e do nível do lençol freático, sendo comum a adoção de 2,50 m (TONETTI et al., 2018).

Em terrenos com pouca estabilidade, a fossa seca deverá ser revestida com manilhas de concreto armado, tijolos, madeiras etc. Também é necessário construir uma base de 20 cm, a fim de distribuir uniformemente o peso da casinha sobre o terreno, apoiar o piso e impedir a entrada de pequenos animais. Recomenda-se ainda instalar um tubo de ventilação na parte interna da casinha, para impedir o desprendimento abrupto dos gases, no momento em que o usuário retirar a tampa do buraco do piso. A porta deve estar sempre fechada e o buraco tampado, quando a fossa estiver fora de uso, a fim de evitar a proliferação de vetores (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015).

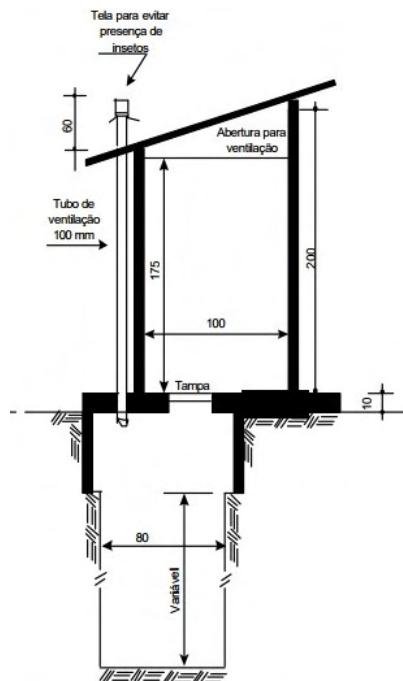


Figura 1: Privada com fossa seca ventilada.

Fonte: adaptada da Fundação Nacional de Saúde (2015).

Sobre o local de instalação da fossa seca, o *Manual de Saneamento* da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) (2015) recomenda que seja distante de poços e fontes, no mínimo 15 metros, e em cota inferior a esses mananciais, a fim de evitar a contaminação

dos mesmos.



Figura 2: Fossa seca construída em madeira.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).

4.1.2 *Fossa séptica biodigestora*

Desenvolvida pela Embrapa Instrumentação, a Fossa Séptica Biodigestora (FSB) é uma tecnologia composta por três caixas d'água conectadas, em que ocorre a degradação da matéria orgânica do esgototransformando-o em biofertilizante (GALINDO et al., 2010).

A FSB é aplicada apenas ao esgoto do vaso sanitário, não podendo ser incorporado a ele qualquer outro resíduo. Segundo Galindo e demais autores (2010), a indicação é para atender uma família de até cinco pessoas, devendo conter no mínimo três caixas d'água, cada uma com capacidade para 1000 litros. Os dejetos devem fermentar por um período mínimo de 25 dias. As caixas ainda devem contar com tubos para alívio do biogás, a fim de evitar que a pressão no interior do sistema se eleve.

Para utilizar o fertilizante, o agricultor deve usar os equipamentos de segurança e respeitar as doses de aplicação recomendadas. Se o biofertilizante não puder ser utilizado, um dispositivo convencional de infiltração deve ser construído, a exemplo da vala de infiltração. Vale ressaltar que a aplicação desse composto não pode ser feita em verduras, hortaliças ou frutas que crescem rente ao solo (TONETTI et al., 2018).

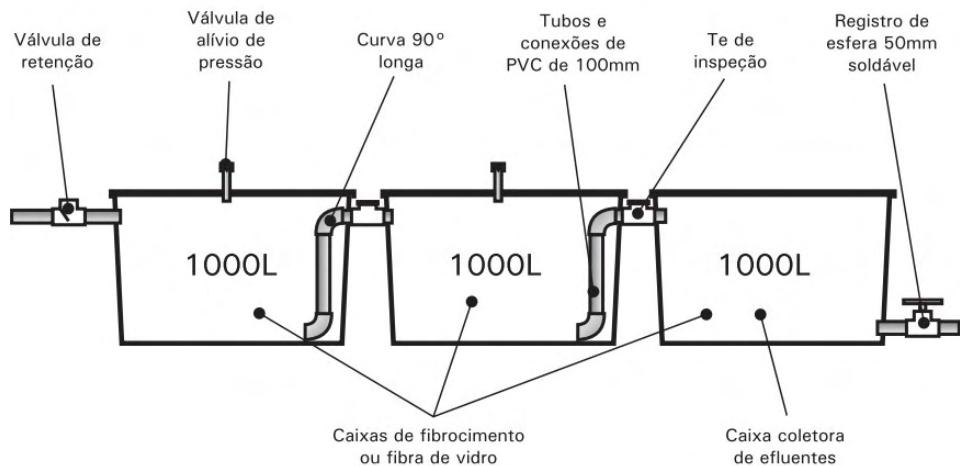


Figura 3: Esquema da FSB.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).



Figura 4: FSB instalada em Holambra.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).

4.1.3 Fossa séptica

A fossa séptica é uma câmara fechada, com a finalidade de deter os despejos domésticos, por um período de tempo estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015).

Elá é aplicada tanto para sistemas descentralizados locais quanto coletivos. Porém, segundo a Funasa (2015), economicamente, ela é recomendada para até 100 habitantes, e requer que as residências disponham de suprimento de água.

Diferentemente da fossa seca, a séptica pode receber todos os despejos domésticos (cozinhas, lavanderias, banheiros, pisos etc.). As águas pluviais, e quaisquer outros tipos de contribuições não domésticas devem ser desviados. Recomenda-se também a instalação de uma caixa de gordura, uma vez que esse componente apresenta prejuízos ao tratamento.

O tanque séptico trata-se de uma unidade ambientalmente mais correta que a fossa seca. O projeto, construção e operação desse dispositivo são normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 7.229/1993.

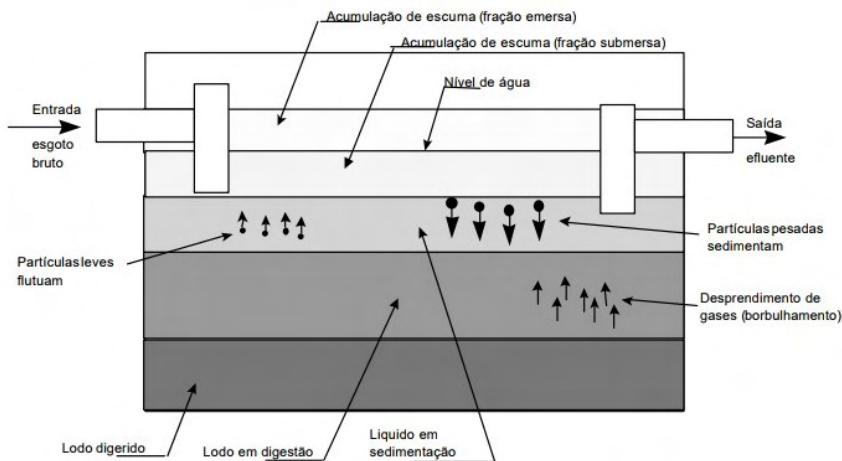


Figura 5: Esquema do tanque séptico.

Fonte: adaptada de Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993).

Trata-se de uma unidade impermeável, podendo ser construído com anéis de concreto, alvenaria, ou qualquer outro material que garanta a estanqueidade das paredes e do fundo. Há modelos pré-fabricados já prontos para serem instalados (Figura 6).



Figura 6: Fossa séptica pré-fabricada em plástico reforçado com fibra de vidro.

Fonte: adaptada de Fortlev ([20--]).

O funcionamento do tanque séptico compreende três fases: retenção, decantação e digestão. Primeiramente, o esgoto é retido por um tempo de detenção de 12 a 24 horas, a depender da contribuição diária afluente. Em seguida, tem-se a decantação de 60 a 70% dos sólidos suspensos formando o lodo. Os sólidos que não sedimentaram se misturam a outros componentes, como gases e gordura, e forma a escuma. A matéria orgânica é digerida por bactérias anaeróbias, finalizando o processo (PESSÔA; JORDÃO, 2009).

O destino do esgoto tratado deverá ser avaliado em função da qualidade, observando os limites estipulados pela legislação ambiental, bem como as características ambientais locais (TONETTI et al., 2018).

O lodo e a escuma acumulados no interior da fossa séptica devem ser removidos em intervalos de tempo definidos no seu dimensionamento, e encaminhados para destino sanitário seguro.

4.1.4 Zona de raízes

Segundo a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec) (1985), uma solução apropriada para localidades do meio rural é o sistema de tratamento de esgoto sanitário através de zona de raízes.

Essa é uma tecnologia autossustentável, baseada em solos filtrantes, que pode ser aplicada para uma única residência até pequenas comunidades (LEMES et al., 2008). Outro aspecto positivo do sistema é a ausência da produção de lodo, e a não exalação de maus odores, pois as próprias raízes filtram esses gases (VAN KAICK, 2002).

O tratamento por zona de raízes é o resultado da união entre os processos físicos, químicos e biológicos. O filtro propicia a formação do biofilme bacteriano em seu meio suporte, este é responsável pela degradação da matéria orgânica presente no esgoto. As condições aeróbias e anóxicas só acontecem devido ao fornecimento de oxigênio pelas raízes das macrófitas, utilizadas nesse processo (VALENTIN, 1999). A espécie mais comumente utilizada na zona de raízes, principalmente por sua fácil adaptação, é a *Zantedeschia aethiopica*, popularmente conhecida como copo-de-leite (LEMES et al., 2008).

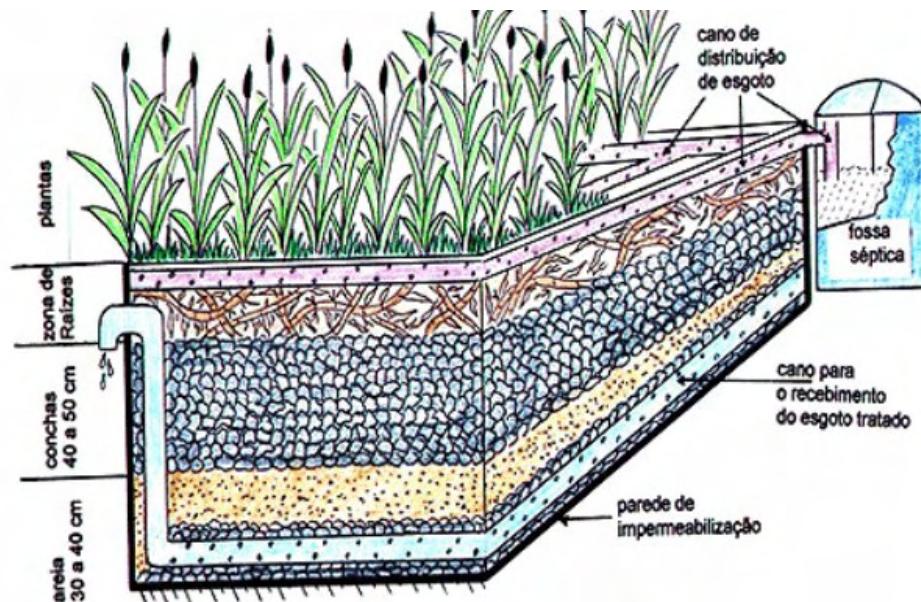


Figura 7: Esquema de um filtro por meio de zona de raízes.

Fonte: adaptada de Ramos e demais autores (2017).

Nesse sistema, o esgoto deve primeiro ser submetido a um tratamento primário, geralmente, a fossa séptica, para serem retidos os sólidos sedimentáveis. Em seguida, o efluente será encaminhado através de tubulação perfurada até um filtro, onde estarão instaladas as plantas acrófitas. O filtro deve ser estruturado por uma camada de brita nº 2, de 50 cm de profundidade, e sobre a rede de distribuição do afluente. Logo abaixo da camada de brita, deve ser adicionada a camada de areia –com granulometria de média

para grossa –, com 40 cm de profundidade. No fundo do filtro, se encontrarão as tubulações de coleta do efluente tratado (LEMES et al., 2008).



Figura 8: Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) através de zona de raízes em Angra dos Reis (RJ).

Fonte: adaptada de Tratamento de esgoto por zona de raízes (2012).

4.2 Sistema descentralizado coletivo

Nos itens a seguir, serão apresentadas as tecnologias descentralizadas coletivas, para tratamento de esgotos sanitários em populações de baixa renda.

4.2.1 *Reator anaeróbio compartimentado*

O Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) é um sistema de tratamento composto por câmaras em série. Em cada uma delas, o esgoto é direcionado para o fundo e a saída é feita sempre pela parte superior. Isso permite que o esgoto tenha um maior contato com o lodo que se acumula no fundo de cada câmara, num tempo de detenção entre 10 e 24 horas. Durante esse processo, ocorre o depósito de partículas em suspensão presentes no líquido, formando um lodo rico em micro-organismos, responsável pela degradação anaeróbia do esgoto. O lodo excedente deve ser removido periodicamente, de acordo com o intervalo definido em projeto (TONETTI et al., 2018).

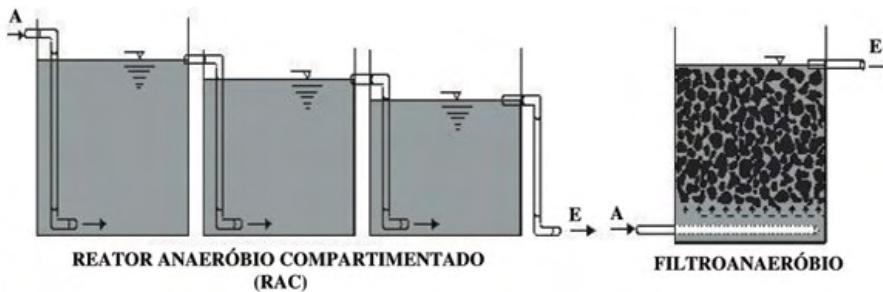


Figura 9: RAC associado a filtro anaeróbio.

Fonte: adaptada de Javaréz Júnior e demais autores (2007).

O efluente RAC apresenta qualidade superior ao gerado ao da fossa séptica. Para um esgoto tratado de melhor qualidade, deve-se adotar um pós-tratamento, com as tecnologias a serem indicadas nos próximos itens.

De acordo com Tonnetti e demais autores (2018), O RAC pode ser construído com anéis de concreto, alvenaria, bombonas plásticas, caixas d'água, dentre outros materiais, desde que suas paredes sejam impermeáveis.



Figura 10: RAC com bombonas.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).

4.2.2 Filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio trata-se de um tanque, retangular ou circular, que apresenta em seu interior um leito fixo submerso– brita nº 4 ou peças plásticas –, no qual se desenvolve o biofilme bacteriano responsável pela degradação da matéria orgânica presente no esgoto sanitário. Nos interstícios do leito, existem ainda flocos de bactérias que contribuem também para o processo (PESSÔA; JORDÃO, 2009).

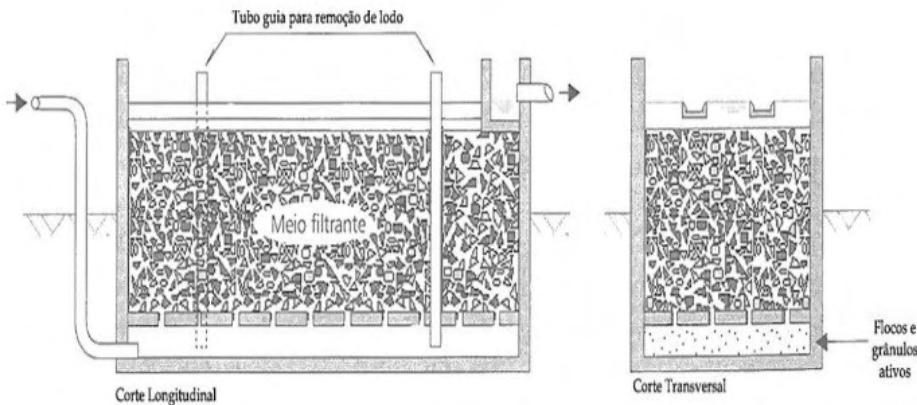


Figura 11: Cortes longitudinal e transversal de um filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente.

Fonte: adaptada de Campos (1999).

O filtro anaeróbio não deve tratar esgoto sanitário bruto, sob pena de sofrer obstrução. Sendo assim, normalmente ele é precedido por uma fossa séptica, servindo como complementação ao tratamento efetuado por ela. No caso, o conjunto fossa-filtro pode resultar em uma remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da ordem de 80% (VON SPERLING, 2005).

O dimensionamento dessa unidade de tratamento também é normatizado pela ABNT e pode ser encontrado na NBR 13.969/1997. Além do filtro anaeróbio, ela dispõe sobre o projeto, construção e operação de demais unidades de tratamento complementares ao tanque séptico.

Em relação à produção de lodo, ele pode encontrar-se aderido ao material suporte e/ou retido no fundo falso. De acordo com a NBR 13969/1997 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), o filtro anaeróbio deve ser limpo quando for observado a obstrução do leito. A remoção deve ser feita com uma bomba de recalque ou sucção por mangote de carro limpa fossa. O volume a ser retirado é de aproximadamente 10% do total (TONETTI et al., 2018).

No entanto, para populações de baixa renda, o investimento para aquisição de uma bomba ou contratação periódica de carros limpa fossa pode inviabilizar economicamente o projeto. Uma alternativa, desde que haja declividade suficiente no terreno, é incluir um registro para descarga hidráulica do lodo de fundo.

A Funasa (2015) sugere também a construção de uma bomba de sucção manual, confeccionada com tubulação de PVC de 40 mm de diâmetro, e um êmbolo de madeira. Com esses materiais de fácil acesso, é possível construir uma espécie de seringa, que

puxa o lodo do fundo do reator até a superfície.

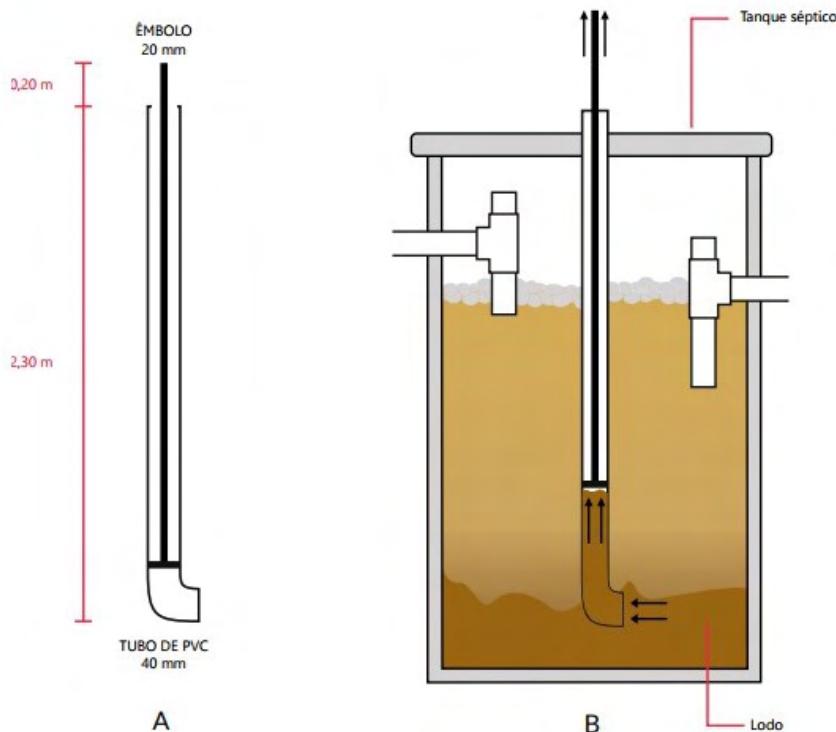


Figura 12: Esquema construído por Tonetti de bomba de sucção proposta pela Funasa.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018) e da Funasa (2015).

O filtro anaeróbio pode ser construído em concreto ou pré-fabricado em plástico reforçado com fibra de vidro, por exemplo. A configuração fossa séptica + filtro anaeróbio + sumidouro é a mais comum no Brasil. Existem ainda soluções mais sustentáveis com reuso de resíduos, como pneus por exemplo, solução essa adotada pela Prefeitura de Guapimirim (Figura 13).



Figura 13: Fossa, filtro e sumidouro com pneus.

Fonte: adaptada de Sousa (2021).

4.3 Disposição final do esgoto tratado

O esgoto tratado pode ser infiltrado, lançado em corpo receptor ou reutilizado. Todas essas alternativas devem obedecer aos normativos legais estabelecidos em cada região.

A solução mais comum em comunidades de baixa renda é a infiltração por meio de sumidouro ou vala de infiltração. O reuso pode ser viável, dependendo da qualidade do esgoto. Já o lançamento em corpo receptor pode se tornar inviável, em função do custo do emissário.

4.3.1 Sumidouro

Também chamado de “poço absorvente”, o sumidouro é uma unidade cujo objetivo principal é infiltrar o esgoto tratado no solo. Seu formato pode ser cilíndrico ou prismático. Suas paredes devem ser revestidas com alvenaria de tijolos, anéis de concreto ou pedras, no entanto as juntas devem ser livres, para que o efluente infiltre pelas paredes. O fundo deve ser preenchido com cascalho. A laje de cobertura deve ficar no nível do terreno, com dimensão mínima de 0,60 m, com fechamento hermético e tampa de inspeção. O sumidouro não pode receber esgoto bruto, pois rapidamente seria colmatado, podendo assim ocorrer transbordamento. Além disso, deve ser instalado longe de fontes de água – mínimo de 30 metros – e o seu fundo a uma distância mínima de 1,50 metros do lençol freático (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015).

A performance desse dispositivo depende das características do solo, sobretudo seu grau de saturação. O ideal é que sejam feitos testes para que a sua capacidade de

infiltração seja conhecida (TONETTI et al., 2018).

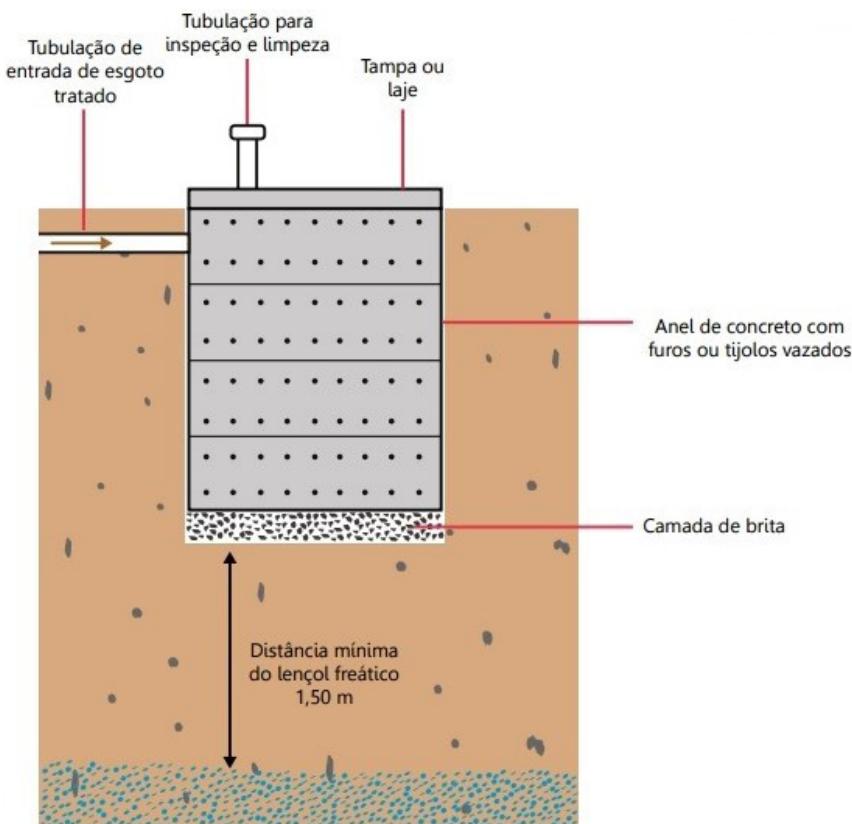


Figura 14: Esquema de um sumidouro.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).

4.3.2 Vala de Infiltração

A vala de infiltração é um dispositivo de profundidade bem inferior ao sumidouro, própria para solos com lençol freático alto. Além da infiltração, também ocorrerá a depuração final da matéria orgânica ao longo de todo o comprimento da vala.

Para o dimensionamento da vala de infiltração, deve-se considerar uma profundidade entre 0,60-1,00 metro, largura mínima de 0,50 e máxima de 1,00 metro, comprimento máximo de 30 metros. Devem ser assentadas em tubos de drenagem de no mínimo 100mm de diâmetro, a tubulação deve ser envolvida em material filtrante (ex.: brita). Deve haver pelo menos duas valas de infiltração para disposição do efluente de uma fossa séptica (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015).



Figura 15: Vala de infiltração.

Fonte: adaptada de L&L Engenharia Ambiental (2021).

4.3.3 *Reuso*

Nesse contexto, o reuso empregado seria o local, ou seja, utilizado na própria comunidade que produziu os efluentes. Há muitos usos possíveis para utilização da água de reuso, cada um deles com uma determinada qualidade requerida. Aqui, focaremos no reuso agrícola, sobretudo de culturas consumidas cozidas, pois requerem qualidade inferior, quando comparado a outros tipos de atividades, e o contato com o usuário é indireto. Além disso, essa é uma demanda da população de baixa renda, que habita em zonas rurais desprovidas de redes de esgotamento de esgotamento sanitário.

O reuso agrícola apresenta várias vantagens, como: economia de água potável para usos mais nobres, a exemplo do abastecimento doméstico; aumento da oferta de água para demais atividades e regiões; reciclagem de nutrientes, diminuindo o uso de fertilizantes sintéticos; e redução do lançamento de esgotos tratados em corpos hídricos, diminuindo a sua poluição e contaminação (HESPAÑOL, 2002).

Apesar das vantagens, existem os riscos que devem ser considerados. Além dos patógenos, que podem causar doenças quando do contato sem os devidos equipamentos de segurança, ainda se tem a concentração de sais, que em excesso podem prejudicar a fertilidade do solo. Dessa forma, é muito importante atentar para o que as autoridades sobre o assunto recomendam acerca dessa prática, observando as legislações pertinentes.

NORMA	APLICAÇÕES	QUALIDADE REQUERIDA	OBSERVAÇÕES
FAO, 1985	Sem restrição de aplicação quanto ao solo e à cultura.	<ul style="list-style-type: none"> Conduvidade elétrica (CE) menor do que 0,7 Ds/m; Concentração de sódio menor do que 70mg/l; Sólidos dissolvidos totais em quantidades menores do que 450 mg/l. 	Esta recomendação é relacionada ao grau de salinidade do esgoto a ser reutilizado na irrigação agrícola.
NBR 13969/1997	Reuso nos pomares, cereais, forragens e pastagens para gados. Cultivos com escoamento superficial ou por irrigação pontual.	<ul style="list-style-type: none"> Oxigênio dissolvido em concentração maior do que 2,0 mg/l; Coliformes fecais em quantidade menor do que 5000 NMP/100MI. 	Aplicações devem ser interrompidas dez dias antes da colheita.
WHO, 2006	Irrigação localizada em plantas que se desenvolvem distantes do nível do solo.	<ul style="list-style-type: none"> Ovos de helmintos em quantidade menor ou igual a 1 ovo/l; Concentração de E.Coli menor do que 104 NMP/100MI. 	-
CETESB Nº 31, 2006	Solos bem drenados e cultivo de espécies tolerantes a salinidade.	<ul style="list-style-type: none"> CE com valores entre 0,75 e 2,9 ds/cm. 	Algumas frutíferas são sensíveis. Observar as concentrações máximas de cloreto e de sódio: 106,5 e 69 mg/L, respectivamente.

Tabela1: Principais normas relacionadas ao reuso agrícola.

Fonte: adaptada de Tonetti e demais autores (2018).



Figura 16: Palma forrageiro sendo irrigada com água de reuso no município de Santana do Seridó (RN) – Projeto Palmas para Santava.

Fonte: adaptada de Brasil (2021).

4.4 Disposição do lodo

O lodo removido em ETEs não pode, de maneira nenhuma, ser lançado em corpos hídricos. Ele deve ser encaminhado para destino sanitário seguro ou ser reaproveitado.

Algumas formas de disposição do lodo excedente são: coleta por caminhão limpa fossa; secagem natural em leito e posterior encaminhamento para aterros sanitários; uso agrícola ou florestal (após secagem); recuperação de solos degradados (após secagem); incineração; reuso industrial, como fabricação de tijolos, cerâmica e cimento (TONETTI et al., 2018):



Figura 17: Leito de secagem de lodo.

Fonte: adaptada de Lodo de esgoto é distribuído a agricultores do norte do Paraná (2009).

4.5 Aproveitamento de esgotos para produção de biogás

A digestão anaeróbia de águas residuárias domésticas (esgotos) em reatores (biodigestores) é uma útil opção para pré-tratamento e destinação final deste tipo de resíduo, visto que, além de reduzir a carga poluidora na qual constitui-se, representa uma importante aplicação, sobretudo para comunidades carentes, diante da possibilidade de

produção de biocombustível como alternativa complementar ao gás de cozinha (GLP).

4.5.1 Biodigestão e biodigestores aplicados ao aproveitamento de esgotos domésticos

Podendo ser definido como um fluido gasoso, constituído principalmente de metano e gás carbônico, originário da decomposição anaeróbia da matéria orgânica pela ação de bactérias, a tecnologia de produção de biogás, a depender do grau de exigência, é muito antiga, tendo sido inicialmente concebida no século XVI (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2021).

Tecnologias para a produção de biogás têm sido bastante empregadas no Brasil desde a década de 1980, assim como também na Europa, tendo aumentado de 7934 tep ($9,298 \times 10^9$ L), em 2009, para 14 120 tep ($1,6548 \times 10^{10}$ L), em 2016 (ACHINAS; ACHINAS; EUVERINK, 2017).

De um modo geral, e para os fins aqui propostos, o ciclo da produção de biogás resulta em dois produtos: a mistura energético-gasosa – biogás propriamente dito –, podendo ser usada como fonte de calor; e o biofertilizante, corrente líquida densa, assim caracterizada em razão da satisfatória concentração de nitrogênio bem como de outros micronutrientes, portanto, útil para a fertilização do solo.

Além dos benefícios do uso desses efluentes, a conversão de matéria orgânica, sobretudo presente nos esgotos sanitários, apresenta também a importante vantagem de contribuir com o saneamento ambiental, minimizando a sobrecarga de sistemas de tratamento ou mesmo sua indesejável disposição em cursos d'água – comprometendo a DBO –, ainda mais em se tratando de áreas de população de baixa renda, onde muitas vezes não há acesso à infraestrutura de esgotamento e muito menos de atendimento à coleta e destinação final do mesmo.

No que se refere ao seu uso para fins energéticos, o biogás, principalmente em razão de sua concentração média de metano que, a depender da matéria-prima, pode situar entre 50% e 75%, e poder calorífico em torno de 5.500 Kcal/Nm³, tem importante apelo socioeconômico diante do potencial de seu aproveitamento, sobretudo para emprego como fonte de cocção de alimentos, principalmente para famílias de baixa renda. Observa-se, nesse caso, que a fonte fóssil tradicional empregada no Brasil diz respeito ao difundido Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), geralmente comercializado em preços sempre crescentes e que impactam significativamente a renda de famílias pobres nas periferias das grandes cidades ou mesmo na zona rural. Tal uso sustentável tem ainda efeito complementar na redução da oferta de combustível fóssil (GLP), bem como a consequente dispensa na distribuição, visto que poderá ser produzido e utilizado localmente e ainda empregando-se tecnologias de fácil operação.

Há de se destacar ainda a possibilidade de emprego do biogás para fins de geração de eletricidade, sobretudo se forem instalados sistemas concentradores de captação de esgotos para tais fins, podendo viabilizar determinada potência a ser instalada empregando-se esse energético como fonte de calor em sistemas geradores de vapor. Outra possibilidade diz respeito ao aproveitamento do efluente do biodigestor que, a depender dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas, poderia ser empregado como biofertilizante em hortas das comunidades carentes onde esses equipamentos possam estar instalados.

Apesar das possibilidades do emprego de esgotos domésticos em biodigestores para produção de biogás, existem muitas limitações quando o objetivo se refere ao uso em áreas carentes dadas as dificuldades operacionais desses sistemas que geralmente demandam pré-tratamento do lodo em razão de fatores adversos à biodigestão, a exemplo da concentração de sólidos e pH do meio.

4.5.2 Breves fundamentos sobre digestão anaeróbia

De modo geral, a degradação de compostos orgânicos em meio anaeróbio, principalmente através de diferentes espécies de bactérias, levando à formação de uma mistura líquido-gasosa, ocorre, de modo mais amplo, em duas etapas: acidogênica/acetogênica e metanogênica.

Na primeira, a matéria orgânica – geralmente proteínas, gorduras e carboidratos – é inicialmente submetida ao processo de hidrólise decompondo-se em substâncias menos complexas tais como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos de cadeias longas, seguida de fermentação acidogênica e acetogênica, gerando predominantemente ácidos orgânicos de cadeias menores, álcoois primários, ácidos lácticos, carboidratos mais simples, acetatos, aminoácidos e hidrogênio livre. Na segunda etapa, por sua vez, o material gerado é igualmente convertido por ação de bactérias metanogênicas em mistura gasosa, em que predomina o metano e dióxido de carbono. A representação esquemática simplificada dessas etapas, sugerida por Wang (2018), pode ser observada na Figura 18.

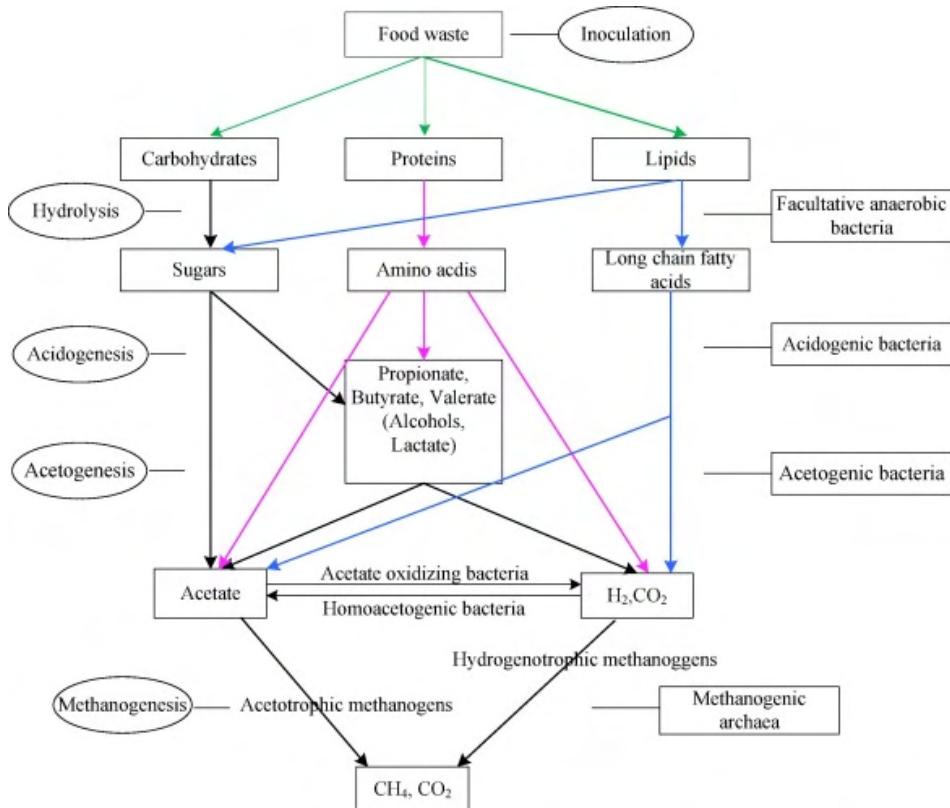
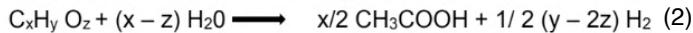
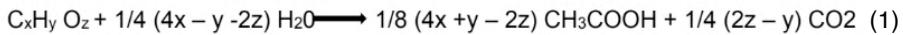


Figura 18: Fases da biodigestão anaeróbia.

Fonte: adaptada de Wang e demais autores (2018).

De acordo com o diagrama da Figura 18, pode-se concluir que a biodigestão anaeróbia desagrega-se em quatro fases, quais sejam: hidrólise, acidogênica, acetogênica e metanogênica. Segundo Hameed (2019), os três primeiros estágios são geralmente realizados por bactérias, enquanto a fase metanogênica estaria sob a ação de arqueias – micro-organismos eucariontes, mas com semelhanças às bactérias –, impulsionando essa fase final da fermentação. Ainda segundo Hameed (2019), a hidrólise é um passo importante que limita as taxas de conversão final, pois os produtos da hidrólise são rapidamente consumidos por methanogênios.

Haandel e Lettinga(1994), por sua vez, afirmam que a acetogênese é a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de metano. Dependendo do estágio de oxidação da matéria-prima a ser digerida, a formação de ácido acético pode ser acompanhada de dióxido de carbono e hidrogênio. As equações (1) e (2), representam esse processo:



Admite-se, nesses casos, que em misturas de efluentes como esgoto doméstico, ambos os processos (Equações 1 e 2) podem ocorrer simultaneamente, contudo a possibilidade maior seria de formar mais hidrogênio que dióxido de carbono.

Ainda segundo Haandele Lettinga (1994), a metanogênese é a etapa que limitaria a velocidade do processo de digestão como um todo, embora reconheça que em temperaturas inferiores a 20°C a fase de hidrólise possa se tornar limitante. Assim sendo, o metano é produzido por bactérias metanogênicas, quais sejam acetotróficas e hidrogenotróficas, tanto da redução do ácido acético quanto da redução do dióxido de carbono, respectivamente. A Equação 3 e a Equação 4 detalham as respectivas conversões bioquímicas:



Em resumo, os diferentes tipos de bactérias que atuam sobre o efluente doméstico apresentam tanto atividade catabólica quanto anabólica, visto que existe a tanto a formação de produtos da fermentação quanto a formação de novas células, dando origem a diferentes populações bacterianas no reator (biodigestor).

As bactérias que produzem metano a partir de hidrogênio crescem mais rapidamente que aquelas que usam ácido acético, de modo que as metanogênicas acetotróficas geralmente limitam a taxa de transformação de material orgânico complexo presente no esgoto (HAANDEL; LETTINGA, 1994).

4.5.3 Cinética resumida da biodigestão anaeróbia

De acordo com Monod (1948) citado por Haandel & Lettinga (1994), a cinética da digestão anaeróbia, mensurada pela taxa de crescimento de micro-organismos em função do tempo, pode ser resumidamente representada pela Equação 5:

$$(dX/dt)_c = (dS/dt)_u = \mu \cdot X = \mu_m \cdot X \cdot S / (S + K_s) \quad (5)$$

Onde:

X = Concentração de micro-organismos (mg/L);

S = Concentração de substrato (mg DQO/L);

μ = Constante específica de crescimento (aumento da massa de micro-organismo/

tempo);

μ_m = Valor máximo de μ ;

b = Constante da taxa de decaimento (d^{-1});

Ks = Constante de Mood (ou de meia-saturação) (mg DQO.L⁻¹).

Dessa expressão (5), conclui-se que a taxa de crescimento é diretamente proporcional à concentração de substratos e à concentração dos próprios micro-organismos. Apesar de outras expressões para a velocidade específica de crescimento terem sido sugeridas, a equação de Monod é a mais amplamente aceita e utilizada (BORZANI; LIMA; AQUARONE, 1975).

Pode-se deduzir, aplicando-se limite, que, para concentrações de substrato muito baixas, a razão, $S/(S+K_s)$, tende a S/K_s , de modo que a taxa de crescimento torna-se proporcional à concentração do substrato, ou seja, a concentração de micro-organismos aumenta à medida que S aumenta. Por sua vez, para concentrações elevadas de substratos, a razão $S/(S+K_s)$ tende à unidade e, portanto, a taxa de crescimento se torna independente da concentração de substrato, tendendo à máxima velocidade específica de crescimento (μ_m), conforme observado na Figura 19.

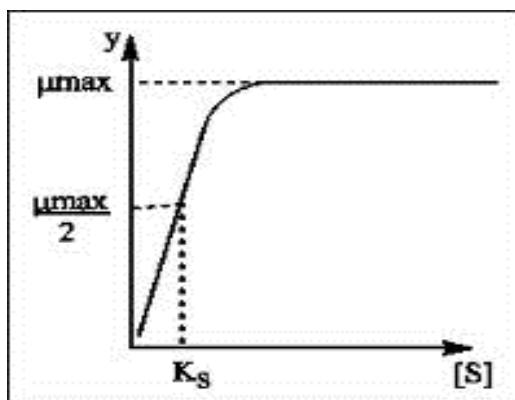


Figura 19: Velocidade de crescimento de bactérias em função do substrato.

Fonte: adaptada de BORZANI; LIMA; AQUARONE, 1975.

Conforme HaandeleLettinga (1994), deve-se ainda considerar a taxa de decaimento de células vivas, em razão da morte das mesmas, podendo ser expressa pela Equação 6.

$$(dX/dt)_d = - b \cdot X \quad (6)$$

Deduz-se, portanto, que o valor de S_{min} , menor valor de concentração operacional do sistema, como é o caso da geração de biogás em esgotos, pode ser calculado impondo-

se nula a taxa de variação do crescimento de micro-organismos ($dX/dt = 0$), na Equação 6, o que resulta em:

$$S_{min} = \frac{Ks \cdot b}{(\mu_m - b)} \quad (7)$$

Visto que Ks e b são constantes, aumentos na taxa específica de crescimento de micro-organismos (μ) deverão diminuir o valor de S_{min} , limitado ao valor de μ_m para que a otimização seja mantida.

4.5.4 Fatores que influenciam na digestão anaeróbia

Vários são os fatores que impactam a degradação microbiana de águas residuárias tal como o próprio esgoto doméstico. Dentre esses fatores, destacam-se: temperatura do meio em decomposição, a acidez (pH) e a presença de materiais tóxicos que inibem a ação bacteriana.

4.5.4.1 Influência da temperatura

De um modo geral, já está consolidado que três grupos de bactérias podem estar presentes em um processo de biodigestão anaeróbia: psicrofílicas (inferiores a 20 °C), mesofílicas (entre 20°C e 45°C) e termofílicas (acima de 45°C). Contudo, as do grupo mesofílicas são predominantes e mais relevantes para águas residuárias residenciais (esgotos domésticos), muito embora a temperatura do meio certamente é menor que a faixa mais produtiva, ou seja, em torno de 35°C, de modo que a taxa de digestão, apesar de ser menor, não inviabiliza o emprego dessa matéria-prima para a produção de biogás. Uma possibilidade para se alcançar temperaturas mais recomendadas (30°C a 35°C) pode ser o aquecimento da alimentação do biodigestor, empregando-se o próprio biogás como fonte térmica, o que é muito importante visto que estando o esgoto geralmente à temperatura entre 25°C e 30°C, a taxa de digestão, e consequentemente de produção de gás, dobra para cada aumento de 10°C antes de alcançar os 30°C (HAANDEL; LETTINGA, 1994).

4.5.4.2 Influência da acidez (pH) do meio

A acidez do meio é dos mais sensíveis fatores de controle da biodigestão anaeróbia, de modo que pequenas mudanças de faixa podem comprometer significativamente esse desempenho. De acordo com Ventura, Lee e Jahng (2014), os melhores desempenhos da metanogênese situa-se na faixa de pH entre 6,6 a 7,8. Valores de pH predominantemente ácidos poderão favorecer acidogênese inibindo a formação de metano, situação equivalente também ocorre em pH mais elevados (alcalinos). Adição de carbonatos visando a correção de pH mais baixo ou mesmo a redução da alimentação por algum período são geralmente

estratégias frequentes que visam estabilizar as variações do pH.

4.5.4.3 Materiais tóxicos

De acordo com Nogueira (1986), bactérias metanogênicas são muito sensíveis a determinados níveis máximos de concentração de algumas substâncias, a depender do pH do meio, que podem reduzir ou mesmo inibir a formação de metano, dentre as quais, destacam-se íons de amônio (3000 mg/L), ácidos voláteis (2000 mg/L), acetatos (10.000 mg/L) e elementos químicos como sódio (8.000 mg/L), potássio (12.000 mg/L) e cálcio (8.000 mg/L). Em se tratando de emprego de biomassa de águas residuárias domésticas (esgoto), o tradicional emprego de detergentes tem sido um fator muito limitante quando presentes em concentrações superiores a 15 mg/L.

4.5.5 Características termodinâmicas do biogás

O biogás consiste em uma mistura de gases originário da decomposição biológica de matéria orgânica, animal ou vegetal, na ausência de oxigênio, em que predominam o gás metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e pequenas frações de gás sulfídrico e hidrogênio (H_2). Assim, diante dessas características é considerado um biocombustível, portanto, renovável que pode servir como fonte de energia e calor, inclusive substituir o GLP, muito difundido para cocção de alimentos. Detalhes da composição química média do biogás podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Composição média do biogás.

Gás constituinte	Em volume (%) de gás produzido
Metano (CH_4)	50 - 75
Dióxido de carbono (CO_2)	25 - 40
Hidrogênio	1,0 – 3,0
Nitrogênio (N_2)	0,5 – 2,0
Oxigênio (O_2)	0,1 – 1,0
Gás sulfídrico	0,1 – 0,5
Outros (incluindo H_2O)	0,0 – 0,1

Fonte: adaptada de Zank e demais autores (2020).

Destaca-se, pela Tabela 2, que o metano é predominante na composição do biogás, podendo chegar a 75% v/v, seguido do dióxido de carbono (CO_2) com concentrações de até 40%. Tendo em vista o foco na concentração do metano, sendo possível a desumidificação do biogás, bem como o eficiente controle de fatores como concentração de sólidos e toxicidade do meio, temperatura e pH da mistura em digestão, certamente a participação

desse gás na mistura deverá aumentar.

Dentre as possibilidades de emprego do biogás, destaca-se o seu uso como fonte geradora de calor (queima), dado o seu considerável poder calorífico, visto que, embora menor que o GLP (25.775 Kcal/Nm³) e o gás natural (7.600 Kcal/Nm³), ainda assim é relevante, mesmo considerando sua composição bruta, sem purificação. A Tabela 3 apresenta o poder calorífico de misturas de gases – metano e dióxido de carbono –, principais componentes do biogás, à medida que se possa aumentar a concentração de metano na mistura.

Composição do biogás	PCI (Kcal/Nm ³)
0,10CH ₄ ; 0,9CO ₂	856,06
0,40CH ₄ ; 0,6CO ₂	3.424,29
0,60CH ₄ ; 0,4CO ₂	5.136,46
0,65CH ₄ ; 0,35CO ₂	5.564,50
0,75CH ₄ ; 0,25CO ₂	6.420,59
0,95CH ₄ ; 0,05CO ₂	8.132,78
0,99 CH ₄ ; 0,01CO ₂	8.475,23

Tabela 3: Poder Calorífico Inferior (PCI) em função da composição do biogás.

Fonte: adaptada de Passamani e Lima (2012).

Frações mais frequentes na composição do biogás são intermediárias em termos da participação de metano, ficando em torno de 70%, de modo que seu poder calorífico geralmente varia entre 5.136,46 Kcal/Nm³ a 6.420,59 Kcal/Nm³, para concentrações de metano entre 60% e 75%, respectivamente, em operações regulares do biodigestor.

Tais características reforçam a possibilidade do emprego do biogás como fonte geradora de calor para a preparação de alimentos em residências de famílias de baixa renda, tendo ainda importante efeito complementar de sustentabilidade ambiental, visto que a equivalente quantidade de esgoto doméstico geradora deste gás, se não destinado para fins tão nobres, certamente seria disposto em condições de fermentação natural no ambiente, liberando gases de efeito estufa, sem antes ter sido útil à sociedade, principalmente populações pobres.

4.5.6 Modelos de biodigestores adequados ao uso por populações carentes

Biodigestores podem ser entendidos como um reator no qual ocorrem transformações bioquímicas de matéria-orgânica (biomassa) por micro-organismos, predominantemente bactérias. A depender, portanto, da matéria-prima a ser digerida, vários modelos de

equipamentos com essa finalidade encontram-se disponíveis, sendo aqui apresentado três possibilidades, conforme a seguir descritos.

4.5.6.1 Modelo DAFA

O mais difundido digestor anaeróbio adequado para converter, em larga escala, esgotos domésticos em biogás refere-se ao Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (DAFA) (HAANDEL; LETTINGA, 1994), cuja estrutura é apresentada na Figura 20.

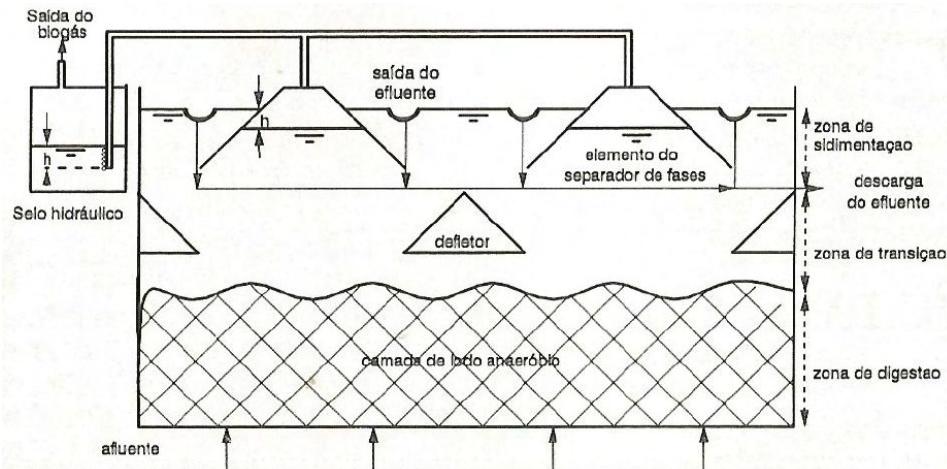


Figura 20: Modelo de biodigestor DAFA.

Fonte: Haandel e Lettinga (1994).

Conforme descrito por Haandel e Lettinga (1994), o principal componente desse reator diz respeito ao separador de fases, o qual divide o equipamento em duas partes: inferior e superior. Na região inferior, predomina a manta de lodo responsável pela digestão anaeróbia, enquanto na fase superior ocorre a sedimentação. O esgoto fluido adentra o DAFA em sua região inferior iniciando um fluxo ascendente através da região de sedimentação. Uma vez no interior do digestor, ocorre a mistura do material orgânico da água residuária (esgoto) com o lodo contido na zona de digestão anaeróbia, onde ocorre a formação do biogás. Ainda em ascensão, o fluido alcança e atravessa o separador de fases através de aberturas projetadas para o mesmo. Constatata-se que a área de percolação do material em movimento aumenta na medida em que este se aproxima da superfície mais líquida presente na superfície de contato do separador, impondo redução de velocidade dessa fase. Nesse movimento, flocos de lodo que possam ser arrastados passam para a parte superior do reator, sendo depositados sobre a superfície inclinada do separador até que em razão do peso e do efeito da gravidade retornam ao fundo (zona de digestão). Admite-

se que a zona de sedimentação acima do separador de fases resulte na retenção do lodo, promovendo expressivo volume de massa em que ao mesmo tempo descarrega efluente com baixa concentração de sólidos. Haandel e Lettinga (1994), citando experimentos em laboratório, indicam reduções quase totais de Demanda Química de Oxigênio (DQO) para tempos de residência superiores a 20 horas.

À medida que os gases são formados, naturalmente tendem a ascender o reator, atravessando uma zona de transição pastosa-fluida alcançando a fase líquida contida no separador, formando a fase líquido-gás que; em razão da turbulência, os gases desprendem-se formando uma fase predominantemente de biogás. Com o objetivo de evitar a perda de biogás pelas saídas laterais do separador, o projeto do DAFA prevê a instalação de defletores abaixo da zona de sedimentação e acima da zona de transição, forçando a fase gasosa a passar através de conduto coletor de gás com selo hidráulico.

Naturalmente que projetos como o DAFA implicam custos que certamente devem ser assumidos pela iniciativa privada, a concessionária do serviço público, visto que dificilmente comunidades carentes, ainda que em modo cooperado, poderão assumir além das óbvias complexidades técnicas envolvidas na construção e operação desses equipamentos.

4.5.6.2 *Modelo indiano acoplado com campânula de contenção de gás*

Os mais tradicionais biodigestores de certa forma artesanais e muito popularizados no Brasil dizem respeito ao intitulado de “modelo indiano”. Tais equipamentos, geralmente construídos em material mineral (alvenaria), blocos ou pedras ligados por cimento ou argamassa, constituem-se em três partes componentes: i) tanque cilíndrico; ii) tanques retangulares; iii) acumulador de gás (gasômetro). A Figura 21 ilustra com o seu correspondente desenho um biodigestor em “modelo chinês”.

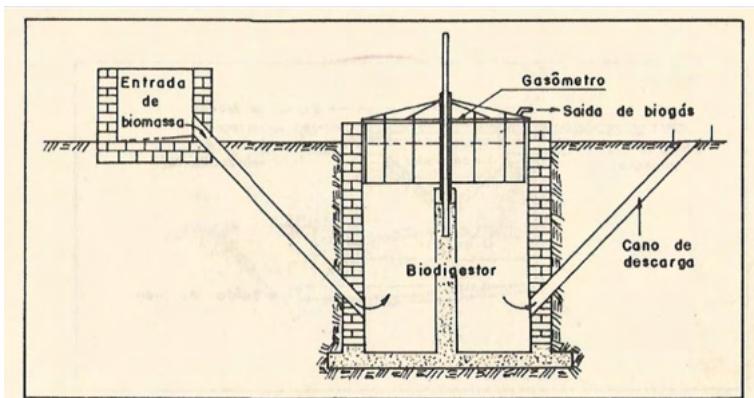


Figura 21: Modelo de biodigestor indiano.

Fonte: adaptada de Nogueira (1986).

O tanque cilíndrico pode ser compreendido como um reator, visto que consiste no meio em que deverá ocorrer a decomposição da biomassa, a qual, em forma fluido-pastosa é alimentada no tanque retangular que, após a digestão e continuamente, é transferida por diferença de pressão gravitacional ao tanque retangular de saída. Sobre o diâmetro da base do reator (tanque cilíndrico), projeta-se uma parede divisória até à altura de 2/3, que o segregá em dois compartimentos: o que recebe gradualmente e inicia o processo fermentativo e o que complementa a digestão, transferindo a massa fluido-pastosa digerida à caixa de contenção desse material. No ponto central dessa parede, ergue-se um eixo que servirá de guia para a campânula contentora do biogás, tendo a típica função de um gasômetro. Assim, à medida que o gás é gerado e gradualmente acumulado, exerce pressão sobre a mesma, deslocando-a ao longo do eixo, o qual ocupa todo o volume entre o meio em digestão e a superfície dessa campânula. O sentido do fluxo gasoso então se inverte a partir do instante em que o gás passa a ser consumido para a queima – geralmente cocção de alimentos e/ou iluminação –, de modo que o peso da campânula exerce pressão sobre essa mistura gasosa, facilitando a combustão nos queimadores.

O contínuo movimento da campânula, contudo, implica em frequentes problemas nos pontos de contato das superfícies eixo-campânula, exigindo também frequentes ações de manutenção e disposição de pesos sobre a mesma a fim de recompor a pressão à medida em que a fração molar do gás diminui. Para evitar esse problema, dispõe-se de modelo alternativo de gasômetro que opera de modo independente da câmara de digestão.

4.5.6.3 Modelo indiano com gasômetro independente da câmara de digestão

Este modelo é vinculado a um projeto de acumulador de gás que opera em separado do tanque digestor, cujo desenho contém dois recipientes sobrepostos, os quais se comunicam por dois condutos cilíndricos, por onde ocorre o fluxo de água e de gás, conforme ilustrado na Figura 22.



Figura 22: Modelo de biodigestor com gasômetro independente da câmara digestora.

Fonte: Protótipo desenvolvido pelo autor.

O carregamento do biogás no gasômetro dá-se de modo contínuo, sendo este fluido, que inicialmente fica contido no plano superior acima da parede divisória do biodigestor, transferido por conduto ao gasômetro à medida que é produzido. Inicialmente, o volume inferior deste equipamento (gasômetro) encontra-se totalmente ocupado com água e, com o fluxo gasoso sobre pressão exercida pelo acúmulo de gás no biodigestor, este pressiona a coluna d'água de modo que um volume aquoso correspondente ascende à parte superior do gasômetro até alcançar o equilíbrio hidrostático com a ocupação do gás em seu interior. Posteriormente, durante a liberação do gás para uso (queima), a pressão interna reduz, de modo que a coluna d'água percola a tubulação hídrica, acendendo no reservatório e, ao ocupar e expulsar o gás de seu interior, este passa a ser utilizado nos queimadores (fogões, por exemplo). Esse processo tem contínua operação em regime estacionário à medida que a alimentação de biomassa, a exemplo de esgoto, seja feita no tanque de carga.

De acordo com o funcional *design* do equipamento e as facilidades de encontrar seus materiais de construção, sobretudo alvenaria, cimento, areia conexões metálicas e plásticas, bem como tradicionais válvulas de fluxo de gás, fica evidente tratar-se de proposta de equipamento mais fácil de ser instalado com os propósitos de atender populações de baixa renda, muito embora ainda exigiria a participação da concessionária de saneamento.

5 . CONCLUSÕES

O atendimento às populações de baixa renda com esgotamento sanitário não é tão simples, pois estão inseridas em vários contextos: comunidades isoladas geograficamente, assentamentos rurais, instaladas até em áreas de risco geológico, ultrapassando a competência do saneamento.

No entanto, historicamente, essas populações já sobrevivem com todo tipo de escassez, e não devem continuar dessa forma, devendo sim serem inseridas nos planos municipais de saneamento, sendo atendidas dentro do seu contexto geográfico, econômico e social.

As tecnologias apresentadas no presente capítulo, portanto, demonstram ser factíveis de aplicação nessas comunidades, e contribuir ao disposto na Lei nº 14.026 que estabelece o atendimento a toda a população brasileira com 90% de coleta e tratamento de esgotos até 2033, sobretudo considerando o estabelecido no referente normativo que prever a possibilidade do prestador do serviço de saneamento, utilizar métodos alternativos e descentralizados para a coleta e tratamento de esgotos com vistas a garantir a economicidade desse serviço.

Constata-se, portanto, conforme aqui evidenciado, que existem tecnologias simplificadas, capazes de remover matéria orgânica, sólidos em suspensão e micro-organismos, diminuindo assim o passivo ambiental e preservando a saúde dos usuários, além de agregar valor final a este efluente (esgoto), passando a ser matéria-prima para a produção de energia térmica (biogás), útil para populações carentes e consolidadas em núcleos urbanos geralmente nas periferias de grandes cidades.

REFERÊNCIAS

ACHINAS, S.; ACHINAS, V.; EUVERINK, J-W. A technological overview of biogás production from biological waste. **Engineering**, Bristol, v. 3, n. 3, p. 299-307, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.969**: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7.229**: projeto, construção e elaboração de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BORZANI, W.; LIMA, U.; AQUARONE, E. **Engenharia bioquímica**. São Paulo: Blucher, 1975.

BRASIL. **Atlas Esgoto**. Brasília, DF, [2017]. Disponível em: <http://atlassesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 23 dez. 2021.

BRASIL. Detalhes do projeto. Brasília, DF, [2021]. Disponível em: [https://premio.ana.gov.br/Edicao/projeto-detalhe.aspx?id=129&\\$ListID=A2CB8C6D-6FE2-4E67-BD57-5254DBCF88DD](https://premio.ana.gov.br/Edicao/projeto-detalhe.aspx?id=129&$ListID=A2CB8C6D-6FE2-4E67-BD57-5254DBCF88DD). Acesso em: 23 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 02/11/21.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 02/11/2021.

CAMPOS, J. R. (coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Biogás. **CETESB**, São Paulo, 2021. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/>. Acesso em: 12 maio 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução técnica nº 31:** aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo: CETESB, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Waterquality for agriculture.** Rome: FAO, 1985.

FORTLEV. [S. I.], [20-]. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/biodigestor-500l-esgoto-dia/>. Acesso em: 3 nov. 2021.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. Prática de implantação de disseminação de tecnologias apropriadas ao meio Rural: Projeto Juramento. Belo Horizonte: Fundação CETEC, 1985

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento.** Brasília, DF: Funasa, 2015. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-saneamento?inheritRedirect=false. Acesso em: 3 nov. 2021.

GALINDO, N.; SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P. *et al.* **Perguntas e respostas:** fossa séptica biodigestora.

Brasília, DF: Embrapa, 2010. (Documento 49)

HAANDEL, A.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos:** um manual para regiões de climas quentes. João Pessoa: Ed. UFPB, 1994.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil agricultura, industria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

JAVAREZ JÚNIOR.; DE PAULA JÚNIOR, D. R.; GAZZOLA, Jonathan. Avaliação do desempenho de dois sistemas modulares no tratamento anaeróbico de esgotos em comunidades rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 794-803, set/dez,2007.

LARSEN T. A.; UDERT. K. M.; LIENERT, J. **Sources separation and decentralization for wastewater management**. London: IWA Publishing, 2013.

LEMES, J. L. V. B. *et al.* Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. **Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, 2008.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. M. V.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 94, n. 1, p.61-68, fev. 2012.

LODO de esgoto é distribuído a agricultores do norte do Paraná. **Revista Dae**, São Paulo, 11 maio 2009. Disponível em: <http://revistadae.com.br/site/noticia/1057-Lodo-de-esgoto-e-distribuido-a-agricultores-do-Norte-do-Parana>. Acesso em: 4 nov. 2021.

LOMBARDO, P. **Cluster wastewater systems planning handbook**: project n° WUHT-01-45: prepared for the national de centralized water resources capacity development project. Newton: Lombardo Associates, 2004.

MADENOĞLU, T. G. *et al.* Kinetic analysis of methane production from anaerobic digestion of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) with waste sludge. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Oxford, v. 94, n. 6, p. 1893-1903, 2019.

MONOD, J. La Technique de culture continue: theori et applications. **Annales de l'Institut Pasteur**, Paris, v. 79, n. 4, p. 390-410, 1948.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão**: a alternativa energética. São Paulo: Ed. Nobel, 1986.

PASSAMANI, F. C.; LIMA, A. C. G. **Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

PESQUISA Saneamento básico em áreas irregulares – relatório Brasil. São Paulo: Trata Brasil: OAB: Reinfra, 2016.

PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RAMOS, D. A. *et al.* Tratamento de esgoto por zona de raízes: uma revisão de literatura. In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO, 11., 2017, Montes Claros. **Anais**[...]. Montes Claros: UEMC, 2017.

RODRÍGUEZ, L. B. El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba. **Ingeniería Hidráulica y Ambiental**, vol. XXX, nº. 1, 2009.

SANTOS, R. F. *et al.* Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, São Paulo, n. 16, p. 35-44, 2015.

HAMEED, S. *et al.* Microbial population dynamics in anaerobicdigestion in municipal wastewatersludge-temperaturestages. **JournalofChemical Technology andBiotechnology**, Oxford, v. 94, n. 6, 2019. Não paginado.

SERAFIM, M. P.; DIAS, R. B. Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural. *In:* COSTA, A. B. (org.). **Tecnologia social e políticas públicas**. São Paulo: Instituto Polis, 2013. p. 184-206.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Painel de informações sobre saneamento. **SNIS**, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

SOUSA, M. Prefeitura de Guapimirim instala fossas ecológicas em residências. **Ciclo Vivo**, [s. l.], 18 jun. 2021. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/permacultura/guapimirim-instala-fossas-ecologicas/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

SURIYACHAN, C.; NITIVATTANANON, V.; AMIN NURUL, A.T.M. Potencial of decentralized wastewater management for urban. **Habitat Internacional**, v.36, n.1, p 85-92, 2012.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para escolha de soluções**. Biblioteca UNICAMP, Campinas, 2018. Disponível em: https://cfg.com.br/up_catalogos/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Domesticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepd.pdf. Acesso em: 2 nov. 2021.

TRATAMENTO de esgoto por zona de raízes. **Prefeitura de Angra dos Reis**, Angra dos Reis, 7 nov. 2012. Disponível em: https://www.angra.rj.gov.br/noticia.asp?vid_noticia=26042&IndexSigla=imp. Acesso em: 4 nov. 2021.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluentes de tanque séptico modificado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

VENTURA, J.; LEE, J.; JAHNG, D. A. comparative study on the alternating mesophilic and thermophilic two-stagean aerobic digestion off oodwaste. **Journalof Environmental Sciences**, New York, v. 26, n. 6, p. 1274-1283, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.

WANG, P.; WANG, H.; QIU, Y. *REN, L; JIANG, B.* Microbial characteristics in anaerobicdigestionproces-sofoodwaste for methaneproduction–A review. **Bioresource Technology**, v. 248, p. 28-36, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-waterquality**. Geneve: WHO, 2006. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789241549950>. Acesso em: 4 nov. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progressonsanitationanddrinkingwáter**: 2015. Geneve: WHO: UNICEF, 2015.

ZANK, J. C.; BRANDT, L, S.; BEZERRA, R. C. *et al.* As características do biogás e avaliação de substituição de combustíveis. **Exacta**: Engenharia de Produção, v. 18, n. 3, p. 502-516, 2020.

SOBRE OS ORGANIZADORES

STEFANO MAMBRETTI - Engenheiro civil com doutorado em Engenharia Hidráulica, professor de Hidráulica do Politécnico de Milão. É professor adjunto e membro do Board of Directors do Wessex Institute of Technology. Há 25 anos, exerce atividade profissional no setor de redes de água. Foi professor visitante da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e consultor da OPAS.

ADEMAR NOGUEIRA DO NASCIMENTO - Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foi professor no Departamento de Engenharia Química da UFBA, onde lecionou as disciplinas Microbiologia Industrial e Processos da Indústria Química Orgânica. Pesquisador na Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia, gerenciando a produção de etanol combustível em microdestilarias, oportunidade em que operou biodigestor de bancada, inovando design tradicional desses reatores, segregando o biogás em gasômetros independentes da câmara de digestão. Atualmente atua na área de Modelagem Matemática no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial e o IHAC.

SOBRE OS AUTORES

GIANFRANCO BECCIU - Engenheiro civil com doutorado em Engenharia Hidráulica, professor de Construções hidráulicas do Politécnico de Milão. Autor de mais de cem publicações científicas e diretor científico de inúmeros projetos de pesquisa.

PATRÍCIA CAMPOS BORJA - Engenheira Sanitarista e Ambiental, MSc.e doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. Líder do grupo de pesquisa Saneamento e Saúde Ambiental, certificado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Estágio pós-doutoral no Instituto de Governo e Políticas Públicas da Universidade Autônoma de Barcelona e no Centro para Pesquisa Ambiental e Sustentabilidade na Universidade Nova de Lisboa.

LUCAS CUSTÓDIO - Bacharel em Direito pela Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo (USP), formado pela Escola de Formação Pública da Sociedade Brasileira de Direito Público e pesquisador vinculado ao Núcleo de Constituição e Justiça da Fundação Getúlio Vargas (FGV). É advogado especializado em infraestrutura e energia.

LAFAYETTE DANTAS DA LUZ - Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), especialista em Irrigação pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), mestre em Recursos Hídricos pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas(IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e PhD em Engenharia Ambiental pela Cornell University (EUA). Professor Titular do Departamento de Engenharia Ambiental da UFBA. Área de maior interesse: Águas. Linhas temáticas de interesse: ecohidrologia, recuperação de rios, vazões ambientais e ecológicas, análise de sistemas de recursos hídricos, riscos e desastres hidrológicos, manejo e drenagem de águas urbanas, modelagem matemática. Editor da Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – Revista GESTA..

ALESSANDRO DE CARLI - Engenheiro ambiental emprestado para economia ambiental. Nascido em 1973, concluiu sua graduação no Politecnico di Milano em Engenharia Ambiental e de Planejamento Territorial em 1999. Desde 2000, é pesquisador em Economia e Política da Água na Universidade Bocconi (2000-2010 IEFE; 2011-2018 CERTeT; de 2019 VERDE). Desde 2016, é o diretor da Fundação AquaLAB, centro de pesquisa multidisciplinar em recursos hídricos e serviços hídricos. Esteve envolvido em vários projetos nacionais e da UE (União Européia). De 2008 a 2013, foi coordenador do mestrado em Gestão Verde, Energia e Responsabilidade Social Corporativa (MaGER) da Universidade Bocconi. É um dos membros fundadores da Associação Italiana de Engenheiros Ambientais (AIAT). Desenvolve atividades de pesquisa e consultoria no campo da Economia Ecológica aplicada aos recursos hídricos de forma a conciliar o desenvolvimento territorial com a proteção dos recursos ambientais.

ABELARDO DE OLIVEIRA FILHO - Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da UFBA, com 44 anos de experiência na área de água e saneamento e professor do curso de pós-graduação em Direito Administrativo Municipal da Universidade Católica de Salvador (UCSal). Foi secretário nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (2003-2007); presidente da Empresa Baiana de Águas

e Saneamento (Embasa) (2007-2015); Diretor no Brasil e membro do Conselho Executivo Mundial da Public Services International (PSI) (1997-2002). Atualmente, é conselheiro do Conselho de Administração da Embasa e do Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento (Ondas).

CAMYLYN LEWIS - BEng Honors em Engenharia Civil pela Oxford Brookes University, Inglaterra. Engenheira Profissional na Comunidade da Virgínia e Gerente Certificado de Floodplain. Engenheira profissional com mais de 25 anos de experiência em água, incluindo mais de 10 anos em gerenciamento de águas pluviais. Ampla experiência com aprovação e licenciamento de planos de Fairfax County, incluindo revisão e análise de planos de VDOT (Virginia Department of Transportation) na área de risco de inundaçao especial e planos do desenvolvedor para águas pluviais (melhores práticas de gerenciamento BMP (Best Management Practice) e cálculos de qualidade da água da Baía de Chesapeake CBAY).

MARIANA MARCHIONI - Pesquisadora no Politecnico di Milano na Seção de Ciência e Engenharia da Água (SIA) do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DICA). Atua como consultora e projetista na área de Drenagem Urbana, principalmente com os pavimentos permeáveis. Foi engenheira na área de mercado da Associação Brasileira de Cimento Portland, sendo responsável pelo projeto pavimentos permeáveis e outros projetos ligados à sustentabilidade de sistemas construtivos. Participou da elaboração da Norma Brasileira de Pavimentos Permeáveis de Concreto (ABNT NBR 16416) e revisão da norma de pavimento intertravado. Lecionou no curso de Arquitetura do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU). Facilitadora no blog da ConstruLiga.

LAYANE PRISCILA DE AZEVEDO SILVA - Bióloga pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e Mestre em Engenharia Sanitária pela mesma universidade. Atua na área do Saneamento Ambiental desde 2006, com ênfase nas subáreas de tratamento de água, tratamento de efluentes sanitários e industriais, reuso e microbiologia ambiental. Atualmente exerce o cargo de Analista na empresa A&E Saneamento, sendo também integrante do Comitê de Pesquisa & Desenvolvimento da mesma organização.

LUIZ FERNANDO ORSINI YAZAKI - Engenheiro civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), foi coordenador de projetos da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica(FCTH) da USP, coordenador da Cooperação Técnica Brasil-Itália em Saneamento Ambiental pelo Ministério das Cidades, Gerente de projetos da CH2M Hill do Brasil, entre outros. Atualmente, é consultor em saneamento, meio ambiente, recursos hídricos e manejo de águas pluviais, tendo participado nos últimos anos de importantes projetos como o Diagnóstico Nacional de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (SNIS Drenagem), Plano Nacional de Reuso de Efluentes Sanitários Tratados, Revisão do Manual de Drenagem do Distrito Federal e Plano de Modernização do Tratamento de Esgotos na Região Metropolitana de São Paulo. Exerce também os cargos de coordenador nacional da Câmara Técnica de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental(ABES) e diretor do Departamento de Infraestrutura de Saneamento da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp).

DAVID W. SCHNARE - Advogado, cientista, autor e editor de livros, capítulos e artigos sobre Gestão Ambiental, Política e Direito, refletindo uma carreira federal de 37 anos como um profissional de Ciência e Gestão Ambiental e palestrante com experiência no setor privado em consultoria e litígio local, estadual, federal e gestão de risco ambiental internacional e questões ambientais de mercado livre. Atualmente, ele atua como diretor de Políticas e Regulamentações da Pinnacle Waste Solutions, LLC (Limited Liability Company) e é membro do Instituto Thomas Jefferson de Políticas Públicas.

SARA ZANINI - Graduada em 2019 em M.Sc. e Doutorado em Economia Ambiental e Alimentar pela Universidade Milano-Statale, com especialização em Economia de Recursos Naturais, Energia e Mudanças Climáticas. Durante 2020, trabalhou no âmbito da economia da água como pesquisadora júnior no Centro de Geografia, Recursos, Meio Ambiente, Energia e Redes (Green) da Universidade Bocconi em Milão, no qual colaborou em um projeto europeu dedicado ao reuso de água.

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
 - ✉ contato@atenaeditora.com.br
 - 👤 [@atenaeditora](https://www.atenaeditora.com.br)
 - 🌐 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Gestão e Tecnologia do

SANEAMENTO BÁSICO:



Uma abordagem na Perspectiva

Brasileira e Internacional

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
👤 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
👤 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Gestão e Tecnologia do

SANEAMENTO BÁSICO:



Uma abordagem na Perspectiva
Brasileira e Internacional