



XVII Fórum Ambiental

Alta Paulista

27 a 29 de outubro de 2021

Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo
ISBN - 978-65-86753-38-7

EIXO TEMÁTICO:

- () Ambiente e Saúde pública
- () Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
- () Biodiversidade e Unidades de Conservação
- () Campo, Agronegócio e as Práticas Sustentáveis
- () Cidades Sustentáveis
- () Conforto Ambiental no Ambiente Construído
- () Desastres, Riscos Ambientais e a Resiliência Urbana
- () Direito Ambiental
- () Educação Ambiental e Práticas Ambientais
- () Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental
- () Patrimônio Histórico, Turismo e o Desenvolvimento Local
- (x) Saneamento e Ambiente
- () Segurança e Saúde do Trabalhador

Considerações sobre o tratamento da água e esgoto na cidade contemporânea

Considerations on the treatment of water and sewage in the contemporary city

Consideraciones sobre el tratamiento de agua y alcantarillado en la ciudad contemporánea

Leonardo Cruz Mendes da Silva

Discente do Curso de Geografia da FCT/UNESP, Brasil
leonardo-cruz.silva@unesp.br

Gustavo Fávaro Lopes

Discente do Curso de Geografia da FCT/UNESP, Brasil
gustavo.favaro@unesp.br

Sandra Medina Benini

Docente do Curso de Geografia da FCT/UNESP, Brasil.
arquiteta.benini@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem por objetivo apresentar algumas considerações sobre o tratamento da água e esgoto no espaço urbano. Para o desenvolvimento deste texto, considerou-se que água é um recurso natural finito e renovável, bem como que o ciclo hidrológico é um sistema fechado, mas que sofre constantes influências das intervenções antrópicas. Por esta razão, a universalidade dos serviços de saneamento básico deve ser tratada como direito humano fundamental, considerando que é uma externalidade positiva que incide diretamente na saúde pública, tornando-se assim requisito essencial para a manutenção da dignidade da pessoa humana. A pesquisa foi desenvolvida através de um método qualitativo de investigação, onde os procedimentos adotados tiveram uma base lógica que consistiu na investigação dividida em três fases: aberta ou exploratória, coleta de dados e análise e interpretação sistemática dos dados. Como resultado, verificou-se a necessidade de implementação de políticas públicas para tratamento da água, sendo que este não deve se restringir apenas ao consumo, mas também aos tratamentos dos efluentes produzidos nas casas e pelas indústrias, e sua destinação final adequada. Recomenda-se que o serviço público de saneamento básico, deve ser oferecido de modo universal e eficaz, observando o direito de todos ao uso da água potável e ao esgotamento sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos; Saneamento Básico, Tratamento de água e esgoto.

ABSTRACT

This article aims to present some considerations about the treatment of water and sewage in urban space. For the development of this text, it was considered that water is a finite and renewable natural resource, as well as that the hydrological cycle is a closed system, but that it is constantly influenced by human interventions. For this reason, the universality of basic sanitation services should be treated as a fundamental human right, considering that it is a positive externality that directly affects public health, thus becoming an essential requirement for the maintenance of human dignity. The research was developed through a qualitative method of investigation, where the procedures adopted had a logical basis that consisted of the investigation divided into three phases: open or exploratory, data collection and analysis and systematic interpretation of data. As a result, there was a need to implement public policies for water treatment, which should not only be restricted to consumption, but also to the treatment of effluents produced in homes and industries, and its proper final destination. It is recommended that the public service of basic sanitation should be provided in a universal and effective way, observing the right of everyone to the use of drinking water and sanitary sewage.

KEYWORDS: Water resources; Basic Sanitation, Water and Sewage Treatment.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar algunas consideraciones sobre el tratamiento de agua y alcantarillado en el espacio urbano. Para el desarrollo de este texto se consideró que el agua es un recurso natural finito y renovable, así como que el ciclo hidrológico es un sistema cerrado, pero que está constantemente influenciado por las intervenciones humanas. Por ello, la universalidad de los servicios básicos de saneamiento debe ser tratada como un derecho humano fundamental, considerando que es una externalidad positiva que afecta directamente a la salud pública, convirtiéndose así en un requisito imprescindible para el mantenimiento de la dignidad humana. La investigación se desarrolló a través de un método de investigación cualitativo, donde los procedimientos adoptados tuvieron una base lógica que consistió en la investigación dividida en tres fases: abierta o exploratoria, recolección de datos y análisis e interpretación sistemática de los datos. En consecuencia, surgió la necesidad de implementar políticas públicas para el tratamiento del agua, que no solo debían estar restringidas al consumo, sino también al tratamiento de los efluentes producidos en los hogares e industrias, y su adecuado destino final. Se recomienda que el servicio público de saneamiento básico se brinde de manera universal y eficaz, respetando el derecho de toda persona al uso del agua potable y el saneamiento.

PALABRAS CLAVE: Recursos hídricos; Saneamiento básico, tratamiento de agua y alcantarillado.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Censo de 2010, aproximadamente 84% (oitenta e quatro por cento) da população brasileira vive em áreas urbanas.

Segundo Benini (2015, p. 55), para “abrigar esse contingente populacional, cidades são produzidas em ritmo cada vez mais acelerado, desconsiderando quase sempre as normas urbanísticas vigentes”, estando sujeitas as influências do mercado imobiliário, que se faz presente, incontestavelmente, “no modelo de produção de nossas cidades, seja por meio da verticalização intensa ou pela expansão desordenada das cidades no país”.

O que se assiste como resultado, é o surgimento de uma diversidade de problemas, sobretudo aqueles de natureza socioambiental, tais como: a ocupação de áreas de riscos (Áreas de Preservação Permanente - APPs, áreas com declividades acentuadas e sujeitas a deslizamentos, encostas, etc.), carência de serviços públicos, infraestrutura e mobiliário urbano, ausência/deficiência de saneamento básico, comprometimento do sistema de drenagem, estrangulamento do sistema de tráfego, poluição, contaminação de mananciais, deposição irregular de resíduos sólidos, entre outros. (BENINI, 2015, p. 55).

Frente a este cenário apontado por Benini (2015), Braga (2003, p. 113) explica que as “cidades são, certamente, as construções humanas de maior impacto na superfície terrestre”, considerando que “o avanço da urbanização sobre o meio natural, de maneira desordenada, tem causado a degradação progressiva das áreas de mananciais remanescentes”, assim como, pela “implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio”.

Tucci (2008) esclarece que muitos dos problemas ambientais no espaço urbano, estão relacionados a gestão dos recursos hídricos, como: a) falta de tratamento de esgoto; b) ocupação do leito de inundação ribeirinha, sofrendo frequentes inundações; c) falta de capacidade gerencial para o planejamento e gerenciamento adequado dos diferentes aspectos da água no meio urbano.

Agravando a este cenário, verifica-se um “quadro de desequilíbrio dos recursos hídricos urbanos, como os problemas ambientais associados às enchentes e à deterioração da qualidade das águas, resulta não só da descarga de efluentes, mas também do uso e ocupação inadequados do solo das bacias urbanas” (BRAGA, 2003 p. 125).

Por esta razão, universalidade dos serviços de saneamento básico deve ser tratada como direito humano fundamental, considerando que é uma externalidade positiva que incide diretamente na saúde pública, tornando-se assim requisito essencial para a manutenção da dignidade da pessoa humana.

2 QUALIDADE DA ÁGUA E ABASTECIMENTO HUMANO

Ao longo da história mais recente das cidades no mundo, houveram diferentes concepções do desenvolvimento e tratamento das águas urbanas. No século XVIII, o esgoto corria a céu aberto nas cidades europeias, “favorecendo a proliferação de doenças de origem hídrica, como a cólera, afetando inevitavelmente todos os extratos sociais com taxas de

mortalidades elevadas, o que vem demonstrar a baixa qualidade de vida urbana” (BENINI, 2015, p. 33).

A falta de coleta de lixo, de rede de água e esgoto, as ruas estreitas para circulação, a poluição de toda ordem, moradias apertadas, falta de espaço de lazer, enfim, insalubridade e feiúra eram problemas urbanos, na medida em que se manifestavam de forma acentuada nas cidades, palco de transformações econômicas, sociais e políticas. (SPOSITO, 2004, p. 58).

No final do século XIX, Herzog (2013, p. 42) evidencia o surgimento da “doutrina do higienismo” nas cidades europeias, com o “objetivo de melhorar a salubridade das cidades pós-liberais”, a partir da proposição de novas regras, com a clara função de “orientar as intervenções urbanas, as quais tiveram repercussão social, ambiental e econômica a longo prazo”. O foco dos engenheiros era a implantar um sistema hidráulico que conjugar-se a coleta e tratamento de esgoto doméstico e industrial, bem como, permitisse o amortecimento do escoamento.

Tucci (2008) explica que posteriormente, houve uma preocupação com a recuperação dos rios e o controle da poluição pontual e difusa, marcando assim, a fase “corretiva” na gestão dos recursos hídricos no espaço urbano. Entretanto, deve-se considerar que em pleno século XXI, verifica-se que a maioria das cidades brasileiras ainda se encontra na fase higienista, devido à ausência de tratamento de esgoto, problemas decorrentes no sistema de drenagem e falta de gerenciamento dos resíduos sólidos.

No Brasil, a partir da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), da Lei de Ação Civil Pública (Lei nº 7.347/1985), e da Constituição Federal de 1988, o meio ambiente começa a ser visto de forma holística, contribuindo para que a tutela da água fosse considerada dentro de um conjunto de inter-relações com os demais ecossistemas.

No Texto Constitucional, o inciso XIX, do art. 21 diz que é competência da União ‘instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso’. Tanto que este inciso foi regulamentado pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, adotando os princípios do meio ambiente e de desenvolvimento sustentável, reconhecidos pela comunidade internacional desde a Conferência de Estocolmo, em 1972 (BENINI et al., 2007, p. 2244)

Deve-se destacar que no Estado de São Paulo, por força da Lei nº 7.663/1991, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos bem como o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Benini et al. (2007) esclarece que a “Lei Estadual é anterior a Lei Federal nº 9.433/97, amparada pelo § 3º do art. 24 da Carta Magna, que diz: inexistindo lei federal sobre normas gerais, os Estados exercerão a competência legislativa plena, para atender a suas peculiaridades”.

Por força da legislação em vigor, tanto a Agência Nacional de Águas (ANA), quanto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), adotaram como parâmetro o Índice de Qualidade da Água (IQA).

Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma das referências para verificar a qualidade da água para utilização para alimentação, abastecimento humano/doméstico, irrigação, limpeza pública, infraestrutura, além de uso recreativo, pesca e lazer. A qualidade da água é definida

pelo conjunto de suas características físicas, biológicas, químicas e varia também de acordo com a forma de uso a qual se aplica (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

3 ESGOTO, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SAÚDE

Deve-se considerar que água é um recurso natural finito e renovável, bem como que o ciclo hidrológico é um sistema fechado, mas que sofre constantes influências das intervenções antrópicas.

O ciclo hidrológico pode ser descrito como um sistema de armazenagens (água subterrânea, lagos) ligadas por transferências (rios), onde ocorrem saídas laterais que permitem o escape de vapor para a atmosfera (evapotranspiração)[...] Temos, então, um sistema que apresenta relativa fragilidade, pois pequenas intervenções podem causar grandes alterações em seu funcionamento[...] O processo de urbanização e as alterações decorrentes do uso do solo, como a retirada da vegetação (que desprotege os corpos d'água e diminui a evapotranspiração e a infiltração da água) e a impermeabilização do solo (que impede a infiltração das águas pluviais), causam um dos impactos humanos mais significativos no ciclo hidrológico, principalmente sobre os processos de infiltração, armazenagem nos corpos d'água e fluxo fluvial. (BRAGA, 2003, p. 114-115).

Segundo Benini et al (2007, p. 2246), os “impactos ambientais produzidos pela degradação dos recursos hídricos se tornam produto e produtor de novos impactos, no tempo e no espaço”. O crescimento demográfico, o uso desordenado do solo, a retirada da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo, geraram influências negativas nos centros urbanos, pois estes “[...] se aquecem, formando ilhas de calor, sofrem enchentes, erosões e racionamento de água.” (SILVA; MAGALHÃES, 1993, p. 36). Todavia, o que acende o alerta é que em pleno século XXI, é comum identificar problemas de saúde decorrente de doenças associadas vinculação hídrica por ausência de saneamento básico.

Desde a antiguidade, as cidades enfrentam epidemias diretamente ligadas à falta de saneamento. Um exemplo recorrente, são as epidemias de cólera – doença infecciosa intestinal aguda causada pelo *Vibrio Colerae* que está associada à contaminação por esgotos sanitários sem tratamento – que dizimaram uma parcela significativa da população de muitos países, na Europa do século XIX e ainda continuam sendo um flagelo nas cidades do terceiro mundo.

Destaca-se ainda, doenças infecciosas associadas à vinculação hídrica, a exemplo da leptospirose e a dengue. A leptospirose é uma zoonose transmitida ao homem por uma bactéria presente na urina de certos animais, especialmente o rato, cujo meio principal de propagação são as enchentes urbanas, que carregam esses detritos e os colocam em contato humano. Já no caso da dengue, trata-se de uma doença tipicamente urbana transmitida pela picada de mosquitos do gênero *Aedes*, cujos principais criadouros são as águas paradas, devidas, principalmente à falta de saneamento domiciliar (BRAGA, 2003, p.118).

Todos esses problemas urbanos mencionados acima, sejam eles de saúde ou ambientais, estão relacionados a ausência de tratamento de esgoto e ao lançamento deste efluente *in natura* em rios e mananciais.

4 OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Sobre o alcance ambiental dos instrumentos de gestão urbana, é importante destacar que existem pelo menos três fatores ligados a qualidade ambiental das cidades, como afirma Braga (2003) no seguinte trecho:

São três os principais fatores ligados à qualidade ambiental das cidades: o consumo dos recursos naturais (a água é o principal deles), o despejo de resíduos no meio ambiente (fundamentalmente no ar e na água) e as formas de uso e ocupação do solo (fatores locacionais que maximizam ou minimizam o impacto das atividades no meio e na população). O equacionamento desses três elementos consiste no cerne do que comumente denominamos como gestão ambiental urbana. (BRAGA, 2003, p. 120).

Para o desenvolvimento deste tópico, foi considerado especificamente as questões relacionadas aos recursos hídricos, a exemplo da qualidade da água que é avaliada a partir de parâmetros físicos, como a temperatura, turbidez e sólidos totais, parâmetros químicos como o potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros microbiológicos (que são os coliformes) (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019).

4.1 ENQUADRAMENTO E CLASSES DE QUALIDADE DE ÁGUAS PARA O USO URBANO

A água é um recurso natural que pode ser utilizada para o consumo humano, agricultura, recreação, turismo, geração de energia e entre outros meios de utilização desse bem que é de domínio público.

A classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes, são determinados pela Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.

O enquadramento é um meio utilizado para estabelecer a qualidade da água a ser alcançada (no tempo presente) ou que se deve tentar manter no decorrer do tempo (futuro). Assim, esse método além de servir para classificação, também pode ser considerado como uma forma de planejamento da gestão dos recursos hídricos. De acordo com Brasil (2005), “o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade”

A água doce para o abastecimento público pode ser enquadrada em até 5 classes “segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes” (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019); em primeiro lugar a Classe Especial: que serve ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; em segundo lugar vem a Classe 1: destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Classe 2: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Classe 3: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Classe 4: não é destinada para o consumo humano (BRASIL, 2005).

O quadro 1 descreve de maneira objetiva cada uma das 5 classes de qualidade de águas doces e seus usos mais importantes.

Quadro 1 – Classes de qualidade de águas doces e seus respectivos usos preponderantes

Classificação	Usos preponderantes
Classe especial	a) abastecimento humano com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e, e) proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe 2	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e e) dessedentação de animais.
Classe 4	a) navegação; e b) harmonia paisagística.

Fonte: PINHEIRO; RIBEIRO, 2019, p. 97

O tratamento adequado da água é de extrema importância para “a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, que por lei não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas” (BRASIL, 2005).

4.2 TIPOS DE TRATAMENTO E A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA

De acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, existem três tipos de tratamento desta água, o tratamento avançado, convencional e simplificado. Os três desenvolvem o mesmo papel para tornar água potável, porém com formas e aplicações diferentes na Estação de Tratamento de Água (ETA).

Por esta razão, quando é construída uma ETA, primeiramente é realizado um levantamento para identificar qual tipo de tratamento seria mais adequado para o efluente doméstico do município. Este levantamento tem por objetivo economizar e facilitar a “transformação” da água bruta advinda de um canal hídrico ou águas subterrâneas em água potável própria para o consumo humano.

O artigo 2º, da resolução CONAMA N° 357/2005, exemplifica os três tipos de tratamento de água bruta:

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

[...]

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

Conforme apresentado na CONAMA N° 357/2005, a medida em que o corpo hídrico estiver mais poluído, terá que demandar a utilização de mais produtos e meios para deixá-lo enquadrado nos padrões adequados ao consumo, isso encarece o processo de tratamento principalmente se estiver no tratamento avançado.

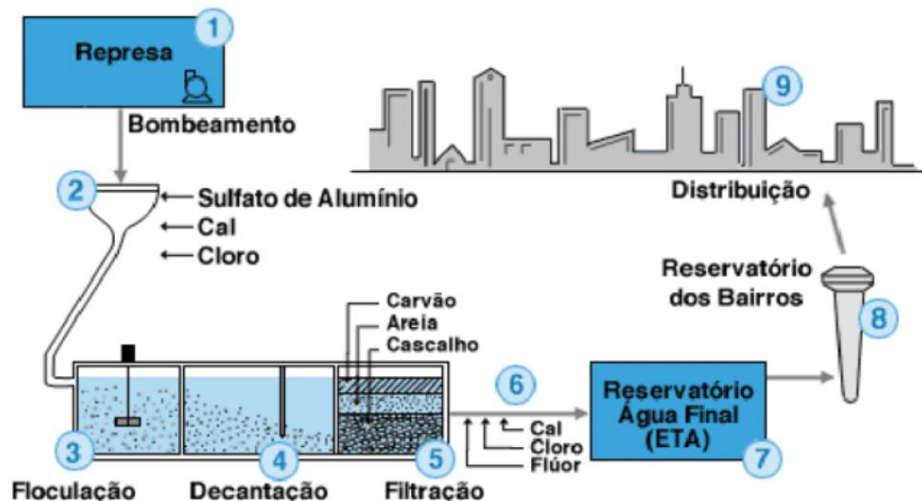
4.3 ETAPAS DO TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUAS DA SABESP

De acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2020) o tratamento convencional é dividido em várias fases, começando pela pré-cloração até fluoretação, indo após essas etapas para abastecimento público do município. Em todas as etapas é feita uma análise da qualidade, pois o produto final deve atender aos padrões da Classe Especial.

Quando a água chega na ETA é realizada a adição do cloro para a retirada de matéria orgânica e metais, esse procedimento é chamado de “pré-cloração”. Em seguida para adequar o pH da água são colocados cal ou soda, pois para o consumo humano o pH tem que ficar entre 6,0 a 9,0 (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019); método esse denominado de “pré-alcalinização”.

A chamada “coagulação”, ocorre quando são postos sulfato de alumínio, cloreto de férrico ou outro coagulante, nessa fase a água passa por uma alta agitação, de modo que “as partículas de sujeira ficam eletricamente desestabilizadas e mais fáceis de agregar” (SABESP, 2020).

Figura 1 - Fases do tratamento convencional



Fonte: SABESP, 2020.

Depois da última etapa, segue para a “floculação”, que consiste numa mistura lenta para formar flocos com as partículas presentes na água. Em seguida, a água passa por tanques com objetivo de separar os flocos formados na etapa anterior, essa etapa é denominada de “decantação”. Na “filtração”, a água passa por um filtro composto por cascalho, área e carvão antracito. Isso contribui para reter a sujeira que restou na fase de decantação.

Na etapa seguinte, chamada de “pós-alkalinização”, é feita novamente a correção do pH, devido a possibilidade de danificar a tubulações. Para a “desinfecção” é adicionado cloro antes da água sair da ETA, de modo a garantir que água chegue ao consumidor, sem vírus e/ou bactérias. Por último a “fluoretação” – é colocado o flúor com o intuito de prevenir cáries.

Apesar do processo apresentado, ainda não é possível a retirada de pesticidas da água tratada, em uma pesquisa feita na cidade de Tianguá-Ceará, foram encontrados, segundo Barreto, Araújo e Nascimento (2004), contaminação de pesticidas em recursos hídricos subterrâneos.

Vários países europeus revelam que, muitos desses compostos estão, frequentemente, acima dos limites estabelecidos pelas legislações desses países. Dessa forma e necessária medidas para diminuir ou extinguir, quantidade de pesticidas na água fornecida para o consumo pois as consequências virão cedo ou tarde sobre a população, sendo ela de alto poder aquisitivo ou baixo (BARRETO, ARAÚJO E NASCIMENTO, 2004).

5 OS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SABESP

Tratamento de esgotos tem por finalidade separar os líquidos dos sólidos, considerando as características físicas, químicas e biológicas presentes no efluente, objetivando reduzir ao máximo a carga poluidora que geralmente é devolvida a córregos ou rios.

O método foi desenvolvido na Inglaterra em 1914 e é amplamente utilizado para tratamento de esgotos domésticos e industriais no mundo inteiro. O tratamento consiste num sistema, no qual uma massa biológica cresce, forma flocos e é continuamente recirculada, sendo colocada em contato com a matéria orgânica, sempre com a presença de oxigênio (aeróbio) (SABESP, 2020).

5.1 TIPOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA SABESP

Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) é um tratamento biológico que ocorre por processo anaeróbio, isto é, sem presença de oxigênio, onde a decomposição da matéria orgânica é feita por microrganismos, presentes num manto de lodo. O esgoto sai da parte de baixo do reator e passa pela camada de lodo que atua como um filtro. A eficiência atinge de 65% a 75% do material e, por isso, é necessário um tratamento complementar que pode ser feito através da lagoa facultativa (SABESP, 2020).

O tratamento por lagoa facultativa (1,5 a 3 metros de profundidade) consiste numa mistura de condições aeróbias e anaeróbias (com e sem oxigenação), onde as condições aeróbias são mantidas nas camadas superiores das águas, enquanto as condições anaeróbias predominam em camadas próximas ao fundo da lagoa.

Embora parte do oxigênio necessário para manter as camadas superiores aeróbias seja fornecido pelo ambiente externo, a maior parte vem da fotossíntese das algas, que crescem naturalmente em águas com grandes quantidades de nutrientes e energia da luz solar. As bactérias que vivem nessas lagoas utilizam o oxigênio produzido pelas algas para oxidar a matéria orgânica. Um dos produtos finais desse processo é o gás carbônico (CO₂), que é utilizado pelas algas na sua fotossíntese (SABESP, 2020).

Já o tratamento por lagoa anaeróbia (com profundidade de 3 à 5 metros), utiliza a redução a penetração de luz nas camadas inferiores, permitindo que seja lançada uma grande carga de matéria orgânica, para que o oxigênio consumido, seja várias vezes maior que o

produzido. O tratamento ocorre em duas etapas. Na primeira, as moléculas da matéria orgânica são quebradas e transformadas em estruturas mais simples. Já na segunda, a matéria orgânica é convertida em metano (CH₄), gás carbônico (CO₂) e água (SABESP, 2020).

O tratamento na lagoa aerada (com profundidade de 2,5 a 4,0 metros), onde utiliza os aeradores servem para garantir oxigênio no meio e manter os sólidos bem separados do líquido (em suspensão).

A qualidade do esgoto que vem da lagoa aerada, não é adequada para lançamento direto, pelo fato de conter uma grande quantidade de sólidos. Por esta razão, o tratamento continua nas lagoas de decantação para remoção dos sólidos, onde as baias e valas de infiltração permite a passagem do esgoto por um filtro instalado no solo, formado por pedregulho e areia (SABESP, 2020).

Ressalta-se ainda, que a flotação é um processo físico-químico, no qual uma substância coagulante ajuda na formação de flocos. Com isso, as partículas ficam mais concentradas e fáceis de serem removidas. Para ajudar no tratamento, a água é pressurizada, formando bolhas que atraem as partículas, fazendo com que elas flutuem na superfície. O lodo formado é removido e enviado para disposição final (SABESP, 2020).

6 ÁGUAS SUPERFICIAIS E PARÂMETROS DE QUALIDADE

Como já foi descrito neste artigo, a qualidade da água é avaliada por meio de diversos parâmetros de ordem física, química e microbiológica. Esses parâmetros são aplicados por meio de monitoramentos dos corpos hídricos, esses monitoramentos no Estado de São Paulo são feitos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) de forma integrada com a Agência Nacional de Águas (ANA) (PINHEIRO, RIBEIRO, 2019).

Segundo Pinheiro e Ribeiro (2019, p. 93), a CETESB definiu 60 variáveis para mensurar a qualidade dessa água, que são determinadas na sua rede básica de monitoramentos, onde as redes de monitoramento subsidiam a realização de “diagnósticos da qualidade das águas superficiais do Estado, bem como avaliam sua evolução no tempo, servindo para identificar áreas prioritárias no controle de poluição dos mananciais, dar subsídio para planos de bacias e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos”.

O quadro 2 apresenta informações sobre as redes de monitoramento integradas CETESB/ANA das águas doces do Estado de São Paulo.

Quadro 2 – Informações sobre as redes de monitoramento integradas CETESB/ANA de água doce no Estado de São Paulo

Tipo de monitoramento	Objetivo	Início da Operação	Nº de pontos	Frequência da avaliação	Variáveis avaliadas
Rede básica	Fornecer um diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo	1974	425	Bimestral	Físicas, químicas e biológicas
Rede de sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna d'água	2002	32	Anual	Físicas, químicas e biológicas
Balneabilidade de rios e reservatórios	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população	1994	30	Semanal/Mensal	Biológicas
Monitoramento automático	Controlar fontes poluidoras domésticas e industriais, bem como controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público	1998	14	Horária	Físicas e químicas

Fonte: PINHEIRO; RIBEIRO, 2019, p. 93

O quadro 3 apresenta os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que são monitorados para avaliar a qualidade da água da rede básica de monitoramento integrada CETESB/ANA de água doce no Estado de São Paulo.

Quadro 3 – Variáveis de qualidade da água da rede básica de monitoramento integrado da CETESB/ANA de água doce no Estado de São Paulo

Tipo de parâmetro monitorado	Principais variáveis*	Variáveis adicionais**
Físicos	Condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, sólido total, temperatura da água, temperatura do ar e turbidez	Cor verdadeira, nível da água, salinidade, transparência, vazão
Químicos	Alumínio dissolvido, alumínio total, bário total, cádmio total, carbono orgânico total, chumbo total, cloreto total, cromo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5,20), ferro dissolvido, ferro total, fósforo total, manganês total, mercúrio total, níquel total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio-nitrato, nitrogênio-nitrito, oxigênio dissolvido, pH, potássio, sódio, substâncias tenso ativas reagidas com azul de metileno e zinco total	Alcalinidade total, arsênio total, bifenilas policloradas, boro total, carbono orgânico dissolvido, compostos orgânicos voláteis, compostos orgânicos semivoláteis, demanda química de oxigênio, dureza, fenóis totais, fluoreto total, herbicidas b, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, microcistinas, óleos e graxas, pesticidas organocloradas, pesticidas organofosforadas, potencial de formação de trihalometanos, saxitoxina
Hidrobiológicos	Clorofila-a e feofitina-a	Comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica
Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>
Ecotoxicológicos	Ensaio de toxicidade crônica com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de toxicidade aguda com a bactéria luminescente – <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox®), Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames)
Bioanalíticos		Atividade Estrogênica por BLYES

* Principais variáveis – monitoradas em mais de 70% dos pontos da rede.

** Variáveis adicionais – monitoradas em menos de 70% dos pontos da rede.

Fonte: PINHEIRO; RIBEIRO, 2019, p. 94

Pinheiro e Ribeiro (2019), esclarecem que esses parâmetros são fundamentais para que possa haver um adequado controle e monitoramento dos recursos hídricos, tanto os que são utilizados para o abastecimento humano, quanto os que são voltados a preservação das comunidades aquáticas.

Dentre os parâmetros, os sólidos totais, podem ser divididos entre os sedimentáveis e os não sedimentáveis e são caracterizados como partículas em um estado de matéria rígida, e que estando em suspensão nas águas, são passíveis de retenção por processos de filtração.

Nos ambientes aquáticos a presença desses sólidos por origem antropogênica (por ação humana) ocorrem devido ao lançamento de resíduos sólidos e esgotos nos corpos hídricos, o que compromete a entrada de luz, o que diminui a fotossíntese no corpo hídrico, prejudica a biota aquática e desova de peixes, bem como a qualidade da água (PINHEIRO; RIBEIRO, 2019 p. 98).

A temperatura da água pode ser alterada pelo lançamento de efluentes industriais, interferindo nas reações químicas e biológicas, solubilidade de gases, aumento da temperatura e provocando a migração de peixes, comprometendo a desova e incubação de ovos.

A turbidez pode ser aferida com a presença de sólidos em suspensão na água, seja por detritos inorgânicos (areia, silte e argila) ou orgânicos (algas e bactérias). Como consequência,

tem-se a diminuição da fotossíntese, causando impacto ambiental direto na fauna aquática que que precisam de luz solar.

O quadro 4 apresenta a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que é a quantidade de oxigênio (O) para oxidar a matéria orgânica transformando-a em inorgânica.

Quadro 4 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio permitida para águas doces, de acordo com as classes de usos estabelecidas na Resolução Conama 357/2005

Classificação	Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	Até 3,0 mg.L ⁻¹
Classe 2	Até 5,0 mg.L ⁻¹
Classe 3	Até 10,0 mg.L ⁻¹
Classe 4	Valor não determinado na resolução

Fonte: PINHEIRO; RIBEIRO, 2019, p. 101.

Também, deve-se destacar que a presença do fósforo na água em condições naturais ocorre em pequenas quantidades, decorrente da decomposição de vegetais. O Fósforo de origem antropogênica está associado ao despejo de esgoto urbano, agrícola ou industrial, contendo detergentes a base de fosfato, que é uma matéria orgânica de origem fecal. (PINHEIRO, RIBEIRO, 2019). O quadro 5 mostra a concentração de fósforo total permitida na água de acordo com as classes de usos.

Quadro 5 – Concentração de fósforo total permitida para águas doces, de acordo com as classes de usos estabelecidas na Resolução Conama 357/2005

Classificação	Concentração de fósforo	
	Ambiente lântico	Ambiente intermediário (tempo de residência: 2 a 40 dias) e tributários diretos de ambiente lântico
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas	
Classe 1	0,020 mg.L ⁻¹	0,025 mg. L ⁻¹
Classe 2	0,030 mg.L-1	0,050 mg.L ⁻¹
Classe 3	0,050 mg.L ⁻¹	0,075 mg.L ⁻¹
Classe 4	Valor não determinado na resolução	

Fonte: PINHEIRO, RIBEIRO, 2019, p. 102.

O nitrogênio total é essencial para os seres vivos aquáticos. Ele aparece nos corpos hídricos nas formas: molecular (N₂); amônia (NH₂); nitrito (NO₂) e nitrato (NO₃) (PINHEIRO, RIBEIRO, 2019). Em águas poluídas por excesso de matéria orgânica os níveis de nitrogênio total são elevados a níveis muito altos, prejudicando a oxigenação.

O oxigênio dissolvido (OD) nos corpos hídricos contribui para a existência dos seres vivos e do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, considerando que este está presente em águas limpas, com presença adequada de matéria orgânica. O quadro 6 apresenta a concentração de oxigênio dissolvido (OD) permitido nas águas doces de acordo com as classes de uso.

Quadro 6 – Concentração de oxigênio dissolvido permitida para águas doces, de acordo com as classes de usos estabelecidas na Resolução Conama 357/2005

Classificação	Concentração oxigênio dissolvido (OD)
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	Não inferior a 6 mg L ⁻¹
Classe 2	Não inferior a 5 mg L ⁻¹
Classe 3	Não inferior a 4 mg L ⁻¹
Classe 4	Superior a 2 mg L ⁻¹

Fonte: PINHEIRO, RIBEIRO, 2019, p. 104.

O potencial hidrogeniônico (pH) é o nível de acidez da água, onde indica a neutralidade ou não do meio, sendo considerado que o nível ideal do pH na água deve estar entre 6,0 e 9,0 segundo está estabelecido pela CETESB (2016).

Por fim, outro parâmetro de relevante importância para o controle da qualidade das águas é a presença dos Coliformes Termotolerantes. Neste sentido, deve-se destacar que as bactérias são encontradas nas fezes de seres humanos e de animais homeotérmicos, das quais se destaca a *Escherichia Coli*. Elas fermentam a lactose nas temperaturas de 44 a 45 °C (BRASIL, 2005). O quadro 7 apresenta as concentrações de coliformes termotolerantes permitidas nas águas de acordo com a classe e o uso preponderantes.

Quadro 7 – Limite permitido de coliformes termotolerantes para águas doces para cada 100 mL de amostra, de acordo com as classes de usos estabelecidas na Resolução Conama 357/2005

Classificação	Limite permitido para coliformes termotolerantes por 100 mL de água
Classe especial	As condições naturais dos corpos hídricos devem ser mantidas
Classe 1	200 coliformes
Classe 2	1000 coliformes
Classe 3	25000 coliformes
Classe 4	Não há limite estabelecido para essa classe

Fonte: PINHEIRO, RIBEIRO, 2019, p. 106.

De acordo com WHO (1996), muitas doenças estão relacionadas com a veiculação dessas bactérias nas águas, como por exemplo: amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifoídes, paratifoídes, hepatite infecciosa, disenteria bacilar e cólera.

Para Libânio, Chernicharo e Nascimento et al. (2005 apud PINHEIRO, RIBEIRO, 2019, p. 106), “a maioria das doenças de veiculação hídrica são ocasionadas em decorrência da ingestão de microrganismos patogênicos, sendo esses especialmente de origem entérica, tanto de animais quanto de humanos”, o que denota a necessidade de atenção das autoridades, para a adequada gestão dos recursos hídricos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso natural, essencial a sobrevivência do homem. Todavia, em decorrência do processo acelerado da urbanização, muitas cidades brasileiras não contemplam a infraestrutura adequada para promoção do saneamento, considerando que o esgoto é coletado e lançado *in natura* nos corpos d’água.

Neste sentido, há necessidade de implementação de políticas públicas para tratamento da água, sendo que este não deve se restringir apenas ao consumo, mas também aos tratamentos dos efluentes produzidos nas casas e pelas indústrias, e sua destinação final adequada.

Ressalta-se que o serviço público de saneamento básico, deve ser oferecido de modo universal e eficaz, observando o direito de todos ao uso da água potável e ao esgotamento sanitário. Sendo assim, considera-se que os serviços de saneamento básico são essenciais a promoção da saúde pública, visto que a disponibilidade de água potável constitui um fator de prevenção de doenças.

8 REFERÊNCIAS

BARRETO, F. F. M. de Sá; ARAÚJO, J. C. de; NASCIMENTO, R. F. do. Caracterização preliminar da carga de agrotóxico presente na água subterrânea em Tianguá-Ceará (Brasil). *Revista Águas Subterrâneas*, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1-20, set. 2004. Disponível em: <<https://doaj.org/article/a5aefcaf82514507972e37ebb6447b0c>> Acesso em: 19 ago. 2020.

BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana**: estudo de caso da cidade de Tupã/SP. 2015. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, 2015.

BENINI, S. M.; SANTOS, A. P. M.; CASEMIRO, A. L.; BENINI, E. M.. Planejamento dos recursos hídricos da Estância Turística de Tupã – SP. *ANAIS... Fórum Ambiental da Alta Paulista*. v 3, 2007.

BRAGA, R. CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução N. 274**, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a balneabilidade dos corpos de água e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 15 de ago de 2020.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução N. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 15 de ago de 2020.

BRASIL. **Lei N. 9433**, de 08 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.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**: parte 1: águas doces 2015. São Paulo, 2016.

HERZOG, Cecília Polacow. **Cidades para Todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013, 312 p.

PINHEIRO, J. H. P. A; RIBEIRO, L. G. R. Monitoramento de recursos hídricos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações** / Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro; Sandra Medina Benini (orgs). 2 ed. Ver. – Tupã: ANAP, 2019. 204 p.

SABESP. **Tratamento de água**. Acesso em: 15 de ago de 2020. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>> Acesso em 15 de ago de 2020.

SÃO PAULO (Estado). Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei 7.663**, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo, 1991. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>> Acesso em 15 de ago de 2020.

SILVA, R.S.; MAGALHÃES, H. Eco técnicas Urbanas. *Revista Ciência & Ambiente*. 1993, p. 33-42.

SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e Urbanização**. 14. ed. São Paulo: Contexto, 2004, 80 p.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). *Estudos avançados* 22 (63), 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for drinking: water quality**. Geneva: WHO, 1996. 990 p.