



Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade

Versão on-line ISSN2319-2856

Volume 13, número 6. Curitiba – PR. jun/dez - 2017

## **Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil**

**Elisa Mercês Soares**

elisasoares\_22@hotmail.com

Bióloga (Universidade Federal de São João del-Rei/MG - UFSJ). Mestre em Bioengenharia de Sistemas Ecológicos (UFSJ). Doutora em Bioengenharia de Sistemas Ecológicos (UFSJ).

**Rafael Lopes Ferreira**

rafa.gestor\_amb@hotmail.com

Gestor Ambiental (Faculdades Integradas Camões/ PR). Especialista em Biotecnologia (Pontifícia Universidade Católica - PUC/PR)

Recebido em: 16/08/2017

Aprovado em: 16/11/2017

### **RESUMO**

A diminuição da mata ciliar e o despejo de dejetos nos mananciais têm afetado a disponibilidade de água nos corpos hídricos e essa escassez não se restringe somente a quantidade de água disponível, como também a perda de sua qualidade. A avaliação dessa qualidade ocorre pela averiguação das suas naturezas físicas, químicas e biológicas. Esta revisão propôs uma discussão sobre os marcadores utilizados no Brasil e no mundo para acessar a potabilidade da água e também a situação atual do saneamento básico no Brasil. As informações aqui apresentadas foram obtidas a partir de pesquisa em literatura especializada. As análises das características microbiológicas têm apresentado avanços graças às novas tecnologias empregadas, mas a maioria dessas técnicas ainda são inviáveis pelo alto custo. Contudo, sugere-se a inclusão da identificação de vírus, bactérias não coliformes como a *Helicobacter pylori* e alguns protozoários. Houve crescimento na estrutura de saneamento básico no Brasil, contudo, ainda existem grandes falhas no monitoramento e controle da qualidade da água.

**Palavras-chave:** Qualidade da Água.

Potabilidade. Poluição. Saneamento Básico.

## Water quality assessment and the importance of basic sanitation in Brazil

### ABSTRACT

The decrease of riparian vegetation and the dispose of waste into ground and surface waters have affected the water availability and the scarcity of water is not restricted only to the quantity of water available, but also to the loss of its quality. The evaluation of such quality occurs by the investigation of its physical, chemical and biological nature. This review proposed a discussion about the standards used in Brazil and in the world to access potability and the current situation of basic sanitation in Brazil. The information presented here was obtained from a research done through specialized literature. The analysis of the microbiological characteristics have shown advances due to the new technologies employed, but many of these techniques are not feasible due to the high cost. However, it is suggested to include the identification of viruses, non-coliform bacteria such as *Helicobacter pylori* and some protozoa. There has been a growth in the basic sanitation structure in Brazil. However, there are still great failures in monitoring and controlling water quality.

**Keywords:** Water Quality. Potability. Pollution. Basic Sanitation.

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para todas as formas de vida existentes no planeta, por estar presente em diversos processos físicos, químicos e biológicos (TUNDISI, 2003), e sua disponibilidade é um dos fatores mais importantes a moldar e sustentar os ecossistemas (BRAGA *et al.*, 2009). Além das necessidades ligadas aos processos biológicos, ela constitui elemento vital para as atividades desenvolvidas pelo homem, como abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação de plantações, geração de energia elétrica, navegação, assimilação e transporte de poluentes, aquicultura e recreação (BRAGA *et al.*, 2009; DÖLL & SIEBERT, 2002; ESTEVES, 1998; NAYLOR *et al.*, 2000; PAULINO *et al.*, 2011; REBOUÇAS, 2002; TUCCI, 2006; VICENTE *et al.*, 2014).

Contudo, a sociedade humana tem explorado este recurso natural de forma não sustentável. A supressão de matas ciliares, o avanço da urbanização sobre as planícies de inundação, a poluição dos corpos hídricos pelo despejo de resíduos *in natura*, o crescimento da população e o aumento das demandas para suprir novos usos têm gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos, ocasionando graves problemas relacionados à disponibilidade da água (TUNDISI, 2003; MACHADO & TORRES, 2013). O que significa que a água deve estar presente não somente em quantidade adequada em

uma região, mas também com qualidade satisfatória para suprir as necessidades dos seres vivos (BRAGA *et al.*, 2009).

As fontes de poluentes que levam à degradação da qualidade da água podem ser classificadas em pontuais ou difusas (CETESB, 2009). As fontes pontuais atingem o corpo d'água de maneira concentrada em um único ponto e são caracterizadas pelos efluentes domésticos e industriais. Já as fontes difusas são caracterizadas por resíduos provenientes da agricultura e do escoamento superficial urbano e rural, e adentram o corpo d'água distribuindo-se ao longo de parte de sua extensão (CETESB, 2009; VON SPERLING, 2005).

À medida que a degradação ambiental afeta significativamente a disponibilidade dos recursos hídricos, a gestão de bacias hidrográficas assume uma crescente importância no Brasil (JACOBI & BARBI, 2007). TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI (2008) enfatizam a necessidade de uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas com uma descentralização para a bacia hidrográfica, valorização dos “serviços” prestados pelos ecossistemas aquáticos (por exemplo, controle do clima, abastecimento de água, produção de peixes, produção de energia, oportunidade para atividades recreativas e transporte e processamento de poluentes e contaminantes originários da paisagem ao redor) (MEA, 2003; CARRIZO *et al.*, 2013) e a formação de uma base de dados de monitoramento ambiental. Essa abordagem também possibilita a elaboração de planos e estratégias de manejo que garantam à conservação e recuperação de ambientes naturais impactados (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013).

Assim, na gestão dos recursos hídricos ganham importância as questões situadas entre as áreas de recursos hídricos e de saneamento ambiental, por sua estreita relação com a saúde pública, caso dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (LIBÂNIO *et al.*, 2005). Aumentar o número de pessoas que tenham a oportunidade de consumir água potável, ou seja, com qualidade para o consumo e sem risco significativo à saúde frente as diferentes sensibilidades presentes nos vários estágios da vida, tem muitos efeitos favoráveis à saúde pública, e deve ser feito um esforço para que a água destinada ao consumo humano seja livre de riscos à saúde e economicamente viável (WHO, 2008).

Sendo assim, o objetivo geral desse trabalho foi discutir o monitoramento da qualidade da água no Brasil e no mundo, a partir de uma revisão dos parâmetros de avaliação da qualidade da água comumente utilizados e alguns marcadores de potabilidade existentes. Também se apresentou uma breve discussão sobre a questão do saneamento básico no Brasil e sua relação direta com a saúde pública.

## **METODOLOGIA**

A metodologia baseou-se em uma pesquisa bibliográfica em sites de divulgação científica, como o “Google Acadêmico”, “SciELO” e “Web of Science”, utilizando palavras-chave como: qualidade da água, potabilidade, poluição, marcadores da qualidade da água e saneamento básico no Brasil.

Nesta revisão foram selecionados vários artigos científicos de publicação recente, relatórios e guias governamentais e livros acadêmicos que discutem e avaliam o monitoramento da qualidade da água no Brasil e no mundo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **POLUIÇÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

Os ecossistemas de água doce fornecem importantes serviços ecossistêmicos, (MEA, 2003; CARRIZO *et al.*, 2013), mas por causa do uso desequilibrado e insustentável desse recurso, provocado por atividades de uso da terra, como agricultura, pecuária e urbanização, ocorrem degradações no curso das águas, aumento da poluição, introdução de novas espécies, degradação de habitat e perda da biodiversidade (MALMQVIST & RUNDLE, 2002; DUDGEON *et al.*, 2006). Como resultado, os ecossistemas de água doce são um dos mais ameaçados no mundo (DUDGEON *et al.*, 2006) e cerca de 80% da população mundial está exposta a ameaças à segurança da água (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010).

A poluição das águas pode ser definida de várias formas, mas a maioria dos

trabalhos concordam que excessivas concentrações de uma substância em particular ou conjunto de substâncias, por longos períodos de tempo, podem causar grandes efeitos prejudiciais ao ambiente aquático e ao uso da água para um propósito em específico (HARROP & NIXON, 1999). De acordo com Goel (2006), o aumento dessa poluição está diretamente relacionado ao crescimento demográfico e aos níveis de desenvolvimento da sociedade, sendo que, a poluição em países desenvolvidos é proporcionada principalmente pela industrialização que consome recursos e energia, enquanto países em desenvolvimento geram poluição das águas pela superpopulação e despejo de esgoto doméstico, na maioria das vezes sem tratamento, nos corpos d'água. Outra diferença é que os países mais ricos investem em tecnologias para o tratamento da água, mas não investem de forma significativa na diminuição e controle dos agentes poluidores, enquanto países mais pobres continuam vulneráveis quanto a qualidade da água para o consumo humano e controle da poluição (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010).

As águas doces continentais sempre foram essenciais para manter os ecossistemas e a sobrevivência da espécie humana, e a quantidade e qualidade de água disponível também é fundamental para a economia regional, continental e mundial (TUNDISI, 2003). Contudo, apesar da importância da água para a vida no planeta e para o desenvolvimento e manutenção da sociedade humana, há permanentes ameaças aos corpos d'água (TUNDISI, 2006). O problema da poluição das águas vem assumindo nos últimos anos condições críticas, inclusive no território brasileiro, devido ao uso excessivo da água para várias atividades humanas (TUNDISI, 2006). A necessidade de seu gerenciamento decorre fundamentalmente do descompasso entre as demandas requeridas por aglomerações humanas e a disponibilidade oferecida pela natureza (BARBOSA, 1997).

Sendo assim, torna-se cada vez mais importante planejar, executar e controlar a utilização da água em termos globais, já que o sistema fluvial, por possuir uma extensa superfície de contato com a atmosfera e por apresentar uma mescla de elementos que reagem no interior do corpo d'água, está particularmente pré-adaptado a uma decomposição relativamente rápida e em termos limnológicos pouco eficiente, da matéria orgânica que nele é introduzida (MARGALEF, 1977). A água é um importante

veículo de transmissão de doenças parasitárias e infecciosas notadamente do aparelho intestinal, patógenos entéricos que pertencem a um grupo de organismos basicamente transmitidos pela rota fecal-oral (FORD & HAMNER, 2010; LIBÂNIO *et al.*, 2005). Os riscos à saúde relacionados com a água podem ser classificados em duas categorias principais: riscos relativos à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (vírus, bactérias e parasitas) e através de contato direto ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico; riscos derivados de poluentes químicos, em geral, efluentes de esgotos industriais e agrícolas (CHARRIERE *et al.*, 1994; KRAMER *et al.*, 1996; MERTEN & MINELLA, 2002).

Para realizar o controle da poluição das águas de nossos rios e reservatórios, utilizam-se os padrões de qualidade que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer (BRASIL, 1986). Esses padrões dependem da classificação das águas interiores, que é estabelecida segundo seus usos preponderantes, variando da Classe Especial, a mais nobre, até a Classe 4, a menos nobre, pela Resolução CONAMA 20/86. São representados por características intrínsecas, normalmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica (HARROP & NIXON, 1999; MACHADO & TORRES, 2013).

A água destinada ao consumo humano deve obedecer a uma série de requisitos para se constituir em água potável. O padrão de potabilidade da água é definido na Portaria 36, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde, que sofreu alterações conforme Portaria nº1469 de 29 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000). A importância dos sistemas de abastecimento de água está relacionada com a melhoria da qualidade de vida e com o aumento da vida média dos habitantes. À medida que se aumenta a eficiência dos serviços de abastecimento de água, diminui-se a incidência de doenças relacionadas com a água (STEEL, 1966). Outro aspecto a ser ressaltado é que a qualidade da água também depende de todas as fases de tratamento, distribuição e armazenamento do produto (BENETTI & BIDONE, 1993; BJÖRNSEN *et al.*, 1998; DREWES & FOX, 2000).

## MARCADORES FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

A avaliação da qualidade da água segue normas de análise pré-estabelecidas pelos órgãos competentes de acordo com a finalidade à qual ela se destina (YASSUDA & NOGAMI, 1978; TERPSTRA, 1999), sendo que a água para o consumo humano deve ser adequada à manutenção da saúde e seguir as normas de potabilidade (OLIVEIRA, 1978; BRASIL, 2000). Essas normas representam as quantidades limítrofes dos diversos elementos que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público (OLIVEIRA, 1978).

O processo de análise ocorre pela averiguação das suas naturezas físicas, químicas e biológicas, que estão associadas a uma série de processos do corpo hídrico e em sua bacia de drenagem (BRASIL, 2014). Ao abordar a questão da qualidade da água, é importante considerar que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam a conformação desta qualidade, a capacidade de dissolução e a capacidade de transporte (BRASIL, 2014). Os parâmetros físicos são medidos em escalas próprias, os parâmetros químicos são usualmente dados em concentração ( $\text{mg L}^{-1}$  ou ppm) e os parâmetros biológicos, pela indicação da densidade populacional do organismo de interesse (BRAGA *et al.*, 2009).

## MARCADORES FÍSICOS

### Temperatura

A temperatura é uma variável ambiental crítica nos ecossistemas de água doce, por ser fator determinante das taxas metabólicas dos organismos e processos ecossistêmicos, podendo ser medida em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) (ESTEVES, 1998; ALLAN & CASTILLO, 2007). Além disso, ela condiciona as influências de uma série de variáveis físicas e químicas, como tensão superficial, constante de ionização, pressão de vapor e solubilidade de gases (ESTEVES, 1998; CETESB, 2009; BRÖNNMARK & HANSSON, 2010). Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical

(BRÖNMARK & HANSSON, 2010).

Nos organismos afeta, por exemplo, a velocidade das reações químicas, as atividades metabólicas e padrões de distribuição e comportamento. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais, águas de resfriamento de máquina e usinas termoelétricas). Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam em geral temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C (BRASIL, 2006; BRÖNMARK & HANSSON, 2010).

### **Sabor e odor**

A expressão conjunta “sabor e odor” estão associados tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns microorganismos, notadamente algas. Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora (VON SPERLING, 2005).

Contudo, a utilização de técnicas analíticas sofisticadas para a identificação e quantificação dos compostos orgânicos causadores de gosto e odor em águas de abastecimento não tem sido comum entre a maioria das companhias de saneamento, já que o investimento necessário em equipamentos e mão de obra qualificada é significativamente elevado (FILHO & ALVES, 2006). Assim, podem ser empregadas técnicas alternativas como o Painel Sensorial (*Flavor Profile Analysis*), utilizado na indústria alimentícia (RASHASH *et al.*, 1997), e o Número de Limiar de Odor (*Threshold Odor Number*), ambos descritos no APHA (1999).

### **Cor**

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1 µm – denominadas colóides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) relacionadas ao húmus do solo ou mineral (compostos de ferro e outros metais) de origem corrosiva natural ou proveniente de resíduos industriais (BRASIL, 2006; OMS, 2006).

A avaliação da cor da água se dá por distinção entre cor aparente e cor verdadeira. A cor verdadeira se refere a determinação de cor em amostras sem turbidez (removida por centrifugação, por exemplo), e a cor aparente à determinação de cor em



amostras com turbidez, e essa intensidade pode ser medida em unidades de cor (uC) (APHA, 1999; VON SPERLING, 2005). As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 uC e para atender ao padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a 5 uC (VON SPERLING, 2005).

### **Turbidez**

A turbidez da água é definida como a medida da propriedade de dispersão da radiação, devido a presença de materiais em suspensão (ESTEVEZ, 1998; BRAGA *et al.*, 2009). Ela é um parâmetro chave no monitoramento da qualidade de águas superficiais por sua influência na ecologia do ambiente aquático (GÖRANSSON *et al.*, 2013). A turbidez pode atenuar a penetração da luz na coluna d'água e, assim, reduzir a sua transparência, de modo a prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas (WETZEL, 2001). Outro aspecto a ser considerado é que a turbidez também pode reduzir a eficiência da cloração, pela proteção física que pode propiciar aos microorganismos evitando contato direto com os desinfetantes, além de transportar matérias orgânicas capazes de causar sabor e odor indesejáveis (CAMPOS *et al.*, 2003).

### **Sólidos**

Os sólidos totais são substâncias caracterizadas pela rigidez e forma própria, que permanecem nas águas naturais e residuárias mesmo após várias operações como secagem e calcinação. São classificados em sólidos totais dissolvidos e em suspensão na água (NTS, 1999). Em águas de sistemas lóticos, sólidos dissolvidos consistem em partículas de íons (como cálcio, nitrato e fósforo) que passam através de filtros com porosidade ao redor de 2  $\mu\text{m}$  e sólidos suspensos incluem partículas de areia, argila, plâncton e outros materiais particulados (APHA, 1999). O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000  $\text{mg L}^{-1}$ ), já que essa parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (APHA, 1999).

## Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água indica sua habilidade de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons e essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações de cada íon (CPRM, 2007). Vários fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água, como: a geologia da área de drenagem dos efluentes, geologia da bacia de acumulação do lago, regime de chuvas e o tipo de influência antrópica à quais estes são submetidos. Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (ESTEVES, 1998; BRASIL, 2006).

## MARCADORES QUÍMICOS

### pH, acidez e alcalinidade

O potencial hidrogeniônico (pH) é outro importante fator abiótico e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido ( $\log[1/H]$ ) (BRÖNNMARK & HANSSON, 2010). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, influencia na solubilidade de substâncias e define o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais) (WETZEL, 2001). O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pela Portaria MS no 1469/2000 entre 6,5 e 9,5, pois este parâmetro minimiza os problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição (BRASIL, 2014).

A acidez é a medida da capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devida principalmente à presença de gás carbônico livre que resulta em valor de pH abaixo de 4,5 (WETZEL, 2001). A origem da acidez pode ser natural ( $\text{CO}_2$  absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica e

presença de H<sub>2</sub>S) ou antropogênica (despejos industriais, atividade de mineração). Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo, portanto, desaconselhadas para abastecimento doméstico (VON SPERLING, 2005).

A alcalinidade é um termo referente à capacidade de tamponamento do sistema carbonato na água (WETZEL, 2001). Compostos alcalinos na água como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos removem os íons H<sup>+</sup> e diminuem a acidez da água. A medida da alcalinidade é importante na determinação da habilidade dos córregos em neutralizar a poluição ácida e uma das melhores medidas da acidificação da água (APHA, 1999).

### Dureza

É a característica conferida à água pela presença de sais de metais alcalino-terrosos (cálcio, magnésio, etc.) e alguns metais em menor intensidade. A dureza de amostras de água é mensurada em mg L<sup>-1</sup> como carbonato de cálcio. Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (WURTS, 1993; BRASIL, 2006).

### Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

As variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água e é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos e para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg L<sup>-1</sup> (ESTEVES, 1998; BRASIL, 2006).

A DBO é a medida da poluição orgânica da água que pode ser degradada biologicamente, ou seja, indica em uma amostra a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia, para uma forma inorgânica estável e, na prática, é normalmente expressa em miligramas de oxigênio por litro (NAGEL *et al.*, 1992). Um período de 5 dias em uma temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO, sendo um parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica, principalmente o lançamento de esgotos *in natura* (CETESB, 2008).

## Série nitrogenada

O nitrogênio está presente na natureza na forma molecular ( $N_2$ ), íons amônio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e formas orgânicas, como proteínas, além de ter uma significativa origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento, em corpos d'água, de rejeitos domésticos, industriais e agropecuários (BRASIL, 2014). A atmosfera também é outra fonte importante devido a diversos mecanismos de biofixação desempenhadas por bactérias e algas, que incorporam nitrogênio atmosférico em seus tecidos (CETESB, 2008).

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato e pode-se associar a idade da poluição com relação entre as formas de nitrogênio. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio da amônia livre (ou não ionizável), que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos. Já o nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metaemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por essa enfermidade (CETESB, 2008; BRASIL, 2006).

## Fósforo

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade, por ser um nutriente mineral essencial para todas as formas de vida e, assim, é apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas, resultando em uma produção excessiva de autotróficos, especialmente algas e cianobactérias (CORRELL, 1998).

O fósforo encontra-se presente na água na forma inorgânica como fosfato ( $PO_4$ ), que possui grande importância para os organismos, mas grande parte do fósforo presente na água, normalmente acima de 80%, está incluída na fração orgânica (por exemplo, incorporado nos organismos). A soma de toda a fração de fósforo, incluindo formas orgânicas e inorgânicas, é chamada de fósforo total e também utilizada para quantificação e análise do grau de trofia dos sistemas aquáticos (BRÖNMARK & HANSSON, 2010). A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais

(dissolução de rochas, carreamento do solo, etc.) ou antropogênicos (esgoto doméstico e agrícola). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$  a  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  (BRASIL, 2006).

### Ferro e manganês

Os compostos de ferro e manganês são encontrados naturalmente em todos os corpos de água, podendo conferir cor e turbidez dependendo da concentração (APHA, 1999). O ferro, com certa frequência associado ao manganês, confere à água sabor adstringente e coloração avermelhada, decorrente de sua precipitação (BRAGA *et al.*, 2009). Estão presentes na água sob a forma oxidada e reduzida e suas concentrações dependem de vários fatores ambientais, como pH (DVORAK *et al.*, 2014).

O padrão de potabilidade das águas determina valores máximos de  $0,3 \text{ mg. L}^{-1}$  para o ferro e  $0,1 \text{ mg. L}^{-1}$  para o manganês, mas deve ser destacado que as águas de muitas regiões brasileiras, em função das características geoquímicas das bacias de drenagem, apresentam naturalmente teores elevados de ferro e manganês, que podem até mesmo superar os limites fixados pelo padrão de potabilidade (BRASIL, 2006). Geralmente sua presença na água é considerada danosa à saúde bem como sua cor e sabor desagradáveis (DVORAK *et al.*, 2014).

### Micropoluentes

Existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem à água características de toxicidade, são os micropoluentes (BRASIL, 2006).

Os micropoluentes inorgânicos mais tóxicos são os metais pesados (por exemplo, arsênio, cádmio, cromo, mercúrio, etc.), que se dissolvem na água e ainda se acumulam no ambiente aquático, aumentando sua concentração na biomassa dos organismos na passagem de cada nível trófico da cadeia alimentar (VON SPERLING, 2005).

Já os micropoluentes orgânicos caracterizam-se por compostos orgânicos resistentes à biodegradação, que podem permanecer por muito tempo no ambiente e se bioacumular nos tecidos dos seres vivos, não interagindo com os ciclos biogeoquímicos.

Entre estes, destacam-se os defensivos agrícolas, alguns detergentes e compostos organossintéticos (BRASIL, 2006). Além de sua difícil biodegradabilidade, muitos desses compostos apresentam características de toxicidade aguda e crônica em baixas concentrações, sendo carcinogênicos, mutagênicos e até mesmo teratogênicos (BRASIL, 2006; BILA & DEZOTTI, 2007; VON SPERLING, 2005).

## MARCADORES MICROBIOLÓGICOS

Os microrganismos aquáticos desenvolvem, na água, suas atividades biológicas e metabólicas, provocando modificações de caráter químico e ecológico no próprio ambiente. Já os microrganismos patogênicos, que são introduzidos na água pelo despejo de esgoto doméstico (matéria fecal), têm caráter transitório nesse ambiente (BRAGA *et al.*, 2009).

O exame microbiológico da água é utilizado mundialmente para monitorar e controlar a qualidade e segurança da água para diversos usos. É inviável analisar amostras buscando por patógenos em potencial, já que muitos organismos patogênicos podem estar associados à água, por isso, vários organismos indicadores têm sido usados como marcadores de risco à saúde humana (por exemplo, coliformes fecais) (BARRELL & NICHOLS, 2000; BRASIL, 2006).

### Fitoplâncton

Fitoplâncton é o conjunto de organismos microscópicos fotossintetizantes adaptados a passar parte ou todo o tempo da sua vida em suspensão em águas oceânicas e continentais (REYNOLDS, 2006). Embora tenha grande importância para o equilíbrio ecológico do meio aquático e seja responsável por parte do oxigênio presente na água, o aumento da concentração fitoplanctônica afeta significativamente o tratamento da água captada no reservatório devido à necessidade de: remoção do fitoplâncton, remoção de cor, remoção de sabor e odor, maior consumo de produtos químicos e lavagens mais frequentes dos filtros e presença de cianobactérias que produzem toxinas (VIDAL & NETO, 2014).

A eutrofização das águas ocorre devido ao seu enriquecimento por nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, levando ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Um dos maiores problemas relacionados à eutrofização é a proliferação de cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas. Quando submetidas a determinadas condições ambientais muitos gêneros de cianobactérias podem produzir toxinas que chegam a ser fatais aos animais e aos seres humanos (CONLEY *et al.*, 2009; RABALAIS *et al.*, 2009).

### Bactérias coliformes

Os coliformes são classificados em: coliformes totais, coliformes fecais e *Escherichia coli*. A maioria dos coliformes totais não são patogênicos e possuem ampla distribuição em ambientes aquáticos, podendo ser representados por espécies dos gêneros *Enterobacter* e *Escherichia* (BERGER *et al.*, 2009; HORAN, 2003).

Os coliformes fecais (termotolerantes) são um sub-conjunto dos coliformes totais que colonizam os intestinos humanos e de outros animais de sangue quente (USEPA, 2010). Dessa forma, havendo contaminação da água por esgotos domésticos, é grande a chance de se encontrar coliformes fecais em qualquer amostra de água. Estão incluídos nesse grupo a *Escherichia coli* e algumas outras cepas de *Klebsiella* sp., *Citrobacter* sp. e *Enterobacter* sp. (BERGER *et al.*, 2009; DOYLE & ERICKSON, 2006). Eles possuem a capacidade de crescimento às altas temperaturas e fermentação de lactose à 35° C em 24 a 48 horas, com a produção de ácidos e gás. Essa é uma característica fundamental que permite a distinção entre os coliformes totais e fecais nas amostras de água (APHA, 1999).

As cepas de *Escherichia coli* são suscetíveis as variabilidades encontradas no ambiente, no qual resulta na inabilidade de sobrevivência e replicação por longos períodos de tempo. Assim, a presença de *E. coli* é associada à contaminação fecal recente, tornando a água imprópria para o consumo humano (EDBERG *et al.*, 2000; FILIP *et al.*, 1987; KUDRYAVTSEVA, 1972; NEIDHARDT *et al.*, 1996).

A União Européia tem focado em dois marcadores para potabilidade microbiológica: *Enterococci* sp. e *Escherichia coli*. As razões que levaram a substituições dos coliformes fecais por *Enterococci* são a presença de muitas espécies compondo a flora intestinal, resistência ao cloro e indicativo da presença concomitante de vírus.

Contudo, esse gênero também apresenta algumas desvantagens por ser um grupo diverso e possuir algumas espécies oriundas do ambiente aquático (STEVENS *et al.*, 2003).

A detecção de vírus e fungos na água ainda não é uma realidade, devido à dificuldade de se encontrar marcadores para esses organismos e métodos eficientes e viáveis que possam ser empregados na identificação (GRABOW *et al.*, 2001; HAGESKAL *et al.*, 2007).

## **O SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL**

A gestão de recursos hídricos no Brasil esteve por longo tempo reduzida à avaliação quantitativa das reservas hídricas (MUÑOZ, 2000). Somente nas décadas de 1970 e 1980 foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que enfatizou o atendimento por sistemas de abastecimento de água, mas que, em contrapartida, não contribuiu para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto (LEONETI *et al.*, 2011).

As leis estaduais de recursos hídricos publicadas na década de 1990 e, posteriormente, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433/97, ao incorporarem o princípio do aproveitamento múltiplo e integrado dos recursos hídricos, afirmaram a opção brasileira por um modelo de gestão de águas que abrangesse os aspectos quantitativos e qualitativos (LIBÂNIO *et al.*, 2005).

Atualmente as principais normas que regulam o setor de saneamento estão representadas pela Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e pela Lei 9.433/1997, referente à PNRH. Verificam-se nestas leis algumas exigências para garantir a sustentabilidade dos investimentos em saneamento, mas, ainda existe ambiguidade na legislação e não estão claras as atribuições de cada esfera governamental (SOUZA *et al.*, 2007).

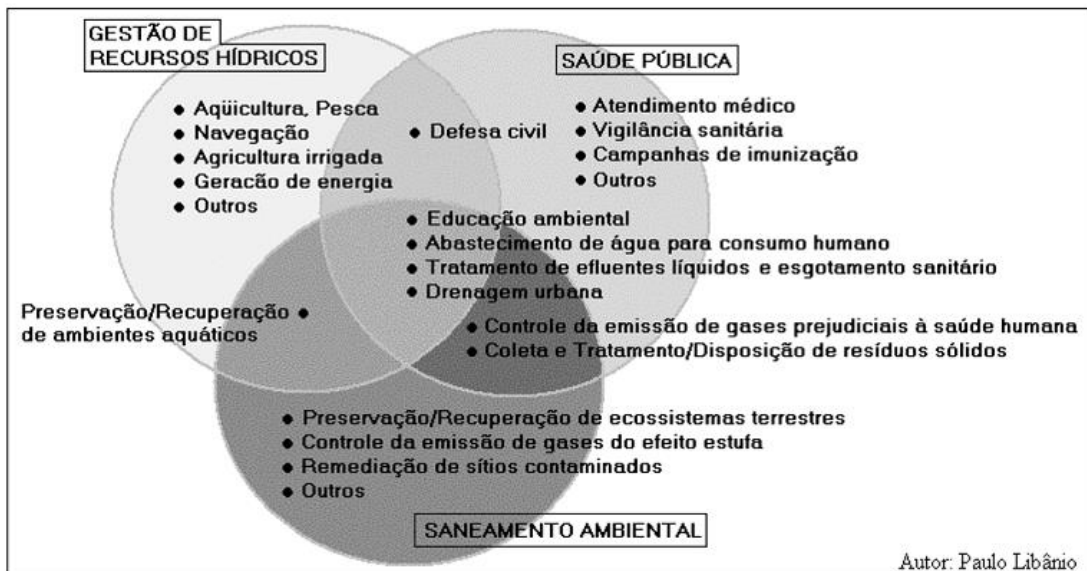
De acordo com a publicação das estimativas do progresso sanitário e da qualidade da água para o consumo humano de WHO/UNICEF (2010), existem melhorias relativas ao acesso a água potável e a redução da contaminação fecal da água no Brasil e no mundo. Contudo, o Centro Nacional de Pesquisas do Saneamento Básico constatou em 2008 que a rede de coleta do esgoto cobre apenas 55,2% das cidades, especialmente



aqueles com até 50.000 habitantes e somente 68,8% do esgoto é tratado (IBGE, 2010).

A quantidade de água necessária para o desenvolvimento das atividades humanas, vem aumentando significativamente ano após ano no Brasil. Em contraponto, a quantidade de água potável ou de água que possa ser utilizada para satisfazer esses diversos tipos de finalidades não aumentou. Uma solução para a preservação dessas águas seria o investimento em saneamento básico, com o tratamento do esgoto para o reuso da água pela população e principalmente pelo setor industrial (PROSAB, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2016). Além disso, um freqüente monitoramento e verificação da potabilidade são necessários para que a qualidade da água esteja dentre os níveis estabelecidos pela legislação brasileira e para prever a transmissão de doenças via água (EMILIANO & ANDRÉ, 2012). É importante que seja feita uma comparação da relação de indicadores de disponibilidade hídrica e de saneamento com os indicadores sociais e de saúde, destacando a importância da dimensão da qualidade de água na gestão dos recursos hídricos (Figura 1).

**Figura 1** - Sobreposição da gestão de recursos hídricos com a saúde pública e o saneamento ambiental no Brasil (Fonte: LIBÂNIO, 2004 apud LIBÂNIO *et al.*, 2005, p. 220).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade da água deve integrar informações de caráter físico, químico e microbiológico. Os vários parâmetros discutidos nessa revisão devem ser utilizados em conjunto para garantir uma análise profunda e relevante à cerca da qualidade da água utilizada para o abastecimento humano.

No entanto, esse comprometimento com a qualidade da água deve ter início com a preservação dos mananciais e reservatórios garantindo a presença das matas ciliares e fiscalizando o despejo de esgoto doméstico, agrícola e industrial. O Brasil deve investir e garantir à sua população água potável e saneamento básico, já que infelizmente em muitas áreas do país ainda é presenciado “esgoto a céu aberto” e o consumo de água contaminada pela população. Apesar de pesquisas mostrarem grande avanço em saneamento básico no país nos últimos anos, ainda estamos muito longe de um consumo sustentável da água, com reutilização, tratamento e proteção desse recurso. A água no Brasil é vista como um bem livre e abundante, contudo tem se tornado cada vez mais escassa e necessita urgentemente de uma nova gestão, com prioridades na recuperação de mananciais poluídos, tratamento do esgoto e monitoramento da qualidade da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream Ecology – Structure and function of running waters**. The Netherlands: Springer, 2007, p. 436.

APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington, DC: American Public Health Association – American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999.

ARAÚJO, K. S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.; MALPASS, G. R. P. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016.

BARBOSA, P. S. F. O gerenciamento de recursos hídricos no estado de São Paulo. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 47-57, 1997.

BARRELL, R. A. E; HUNTER, P. R.; NICHOLS, G. Microbiological standards for water and their relationship to health risk. **Communicable Disease and Public Health**. Great Britain, v. 3, n. 1, p. 8-13, 2000.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 1993. p. 849 – 75.

BERGER, P. S.; CLARCK, R. M.; REASONER, D. J.; RICE, E. W.; DOMINGO, J. W. S. Water, drinking. In: SCHAECHTER, M. (ed) **Encyclopedia of microbiology**. San Diego: Academic Press, 2009. p. 121-137.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BJÖRNSEN, G.; GIMBEL, R. A.; SPANGENBERG H. A concept for an integrative consideration of the drinking water and wastewater/sewage management. **Water Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 333-341, 1998.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. p. 318.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1469 de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 de dezembro de 2000. Seção 1, p. 19.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 281 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 de julho de 1986, p. 11.356. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acessado em: 20 mar. 2015.

BRÖNMARK, C.; HANSSON, L. **The biology of lakes and ponds**. Oxford: Oxford University, 2010. 285 p.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n.1, p. 186 - 205, 2013.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A; FARIA, J. B. Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.1, p. 63-67, 2003.

CARRIZO, S. F.; SMITH, K. G.; DARWALL, W. R. T. Progress towards a global assessment of the status of freshwater fishes (Pisces) for the IUCN Red List: application to conservation programmes in zoos and aquariums. **International Zoo Yearbook**, 47, 46–64, 2013.

CHARRIERE, G.; MOSSEL, D. A. A.; BEAUDEAU, P.; LECLERC, H. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of *Enterococcus* spp. For the official monitoring of drinking water supplies. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 76, p. 336-344, 1994.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. **CETESB: São Paulo**, p. 1-41, 2008. (Série Publicações/Relatórios). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#solidos>. Acessado em 25 de março de 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Variáveis de qualidade de água. **CETESB**: São Paulo, p. 1 - 43, 2009. (Série Publicações/Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acessado em 12 de janeiro de 2015.

CONLEY D. J.; PAERL, H. W.; HOWARTH, R. W.; BOESCH, D. F.; SEITZINGER, S. P.; HAVENS, K. E.; LANCELOT, C.; LIKENS, G. E. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. **Science Magazine**, Washington, v. 323, n. 20, p.1014-1015, 2009.

CORRELL, D. L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. **The Journal of Environmental Quality**. v. 27, p. 261-266, 1998.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido**. Organizado por Magda Cristina Ferreira Pinto. Belo Horizonte: CPRM/SUREG-BH, 2007, 43 p.

DOYLE, M. P.; ERICKSON, M. C. Closing the door on the fecal coliform assay. **Microbe**, Washington, v. 1, n. 4, p. 162-163, 2006.

DÖLL P.; SIEBERT, S. Global modeling of irrigation water requirements. **Water Resources Research**, USA, v. 38, n. 4, p.1037, 2002.

DREWES, J. E.; FOX, P. Effect of drinking water sources on reclaimed water quality in water reuse systems. **Water Environment Research**, USA, v. 3, n. 3, p. 353-362, 2000.

DUDGEON, D; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O.; KAWABATA, Z.; KNOWLER, D. J.; LÉVÊQUE, C.; NAIMAN, R. J.; PRIEUR-RICHARD, A.; SOTO, D.; STIASSNY, M. L. J.; SULLIVAN, C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, 81, 163–182, 2006.

DVORAK, B. I.; SKIPTON, S. O.; WOLDT, W. Drinking water: iron and manganese. **Index Water Management Water Quality**, Nebraska, EUA, 2014.

EDBERG, S. C.; RICE, E. W.; KARLIN, R. J.; ALLEN, M. J. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. **Symposium series (Society for Applied Microbiology)**, UK, v. 88, n. 29, p. 106-116, 2000.

EMILIANO, J. P. M.; ANDRÉ, M. C. D. P. B. Review: Markers of potability, sanitation basic and costs of treatment and microbiological monitoring of water for human consumption in Brazil. **Water Quality, Exposure and Health**, v. 4, n. 4, p. 217-228, 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 eds. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. p. 602.

FILIP, Z.; MULINDAWA, K. D.; MILDE, G. Survival and adhesion of some pathogenic and facultative pathogenic microorganisms in groundwater. **Water Science and Technology**, v. 19, n. 7, p. 1189-1190, 1987.

FILHO, S. S. F.; ALVES, R. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.11, n. 4, p. 362-370, 2006.

FORD, T.; HAMNER, S. Control of waterborne pathogens in developing countries. In: MITCHELL, R.; GU, J. (Editors). **Environmental Microbiology**. New Jersey: Wiley - Blackwell. 2010. p. 33-56.

GRABOW, W. O.; TAYLOR, M. B.; VILLIERS, J. C. New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. **Water Science and Technology**, v. 43, n. 12, p. 1-8, 2001.

GOEL, P. K. **Water Pollution: Causes, Effects and Control**. New Delhi: New Age International Publishers, 2006. p. 418.

GÖRANSSON, G.; LARSON, M.; BENDZ, D. Variation in the turbidity with precipitation and flow in a regulated river system – river Göta Älv, SW Sweden. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 2529-2542. 2013.

HAGESKAL, G.; GAUSTAD, P.; HEIER, B. T.; SKAAR, I. Occurrence of moulds in drinking water. **Journal of Applied Microbiology**, v. 102, n. 3, p. 74-780, 2007.

HARROP, D. O.; J. A., NIXON. **Environmental assessment in practice**. New York: ROUTLEDGE, 1999, p. 219.

HORAN, N. J. Fecal indicator organisms. In: MARA, D.; HORAN, N. (Eds.). **Handbook of water and wastewater microbiology**. New York: Academic Press, 2003, p. 105–112.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico** (PNSB) 2008. IBGE, Rio de Janeiro, p. 219, 2010.

JACOBI, P. R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Katálysis**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2007.

KRAMER, M. H.; HERWALDT, B. L.; CRAUN, G. F.; CALDERON, R. L.; JURANEK, D. D. Waterborne disease: 1993 and 1994. **Journal of American Water Work Association**, v. 88, p. 66-80, 1996.

KUDRYAVTSEVA, B. M. An experimental approach to the establishment of zones of hygienic protection of underground water sources on the basis sanitary bacteriological indices. **Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology**, v. 16, n. 4, p. 503-511, 1972.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Revista Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v.10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 178 p.

MALMQVIST, B.; RUNDLE, S. Threats to the running water ecosystems of the world. **Environmental Conservation**, 29, 134–153, 2002.

MARGALEF, R. **Ecologia**. 8. ed. Barcelona: Ômega, 1977. 951p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v.3, p. 33-38, 2002.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and Human Well Being: a framework for assessment**. Island Press, 2003. 245p.

MUÑOZ, H. R. Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da Lei de Águas de 1997. In: MUÑOZ, H. R. (Coord.) **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: Desafios da Lei de Águas em 1997**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. 2000. p.13-30.

NAYLOR, R. L.; GOLDBURG, R. J.; PRIMAVERA, J. H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p. 1017–1024, 2000.

NAGEL, B.; DELLWEG, H.; GIERASCH, L.M. Glossary for chemists of terms used in biotechnology (IUPAC recommendations 1992). **Pure and Applied Chemistry**, v. 64, n. 1, p. 143-168, 1992.

NEIDHARDT, F. C. *et al.* **Escherichia coli and Salmonella: cellular and molecular**. 2 ed. Washington: American Society for Microbiology Press, 1996. 2822 p.

NTS (NORMA TÉCNICA INTERNA SABESP). **Norma Técnica Interna SABESP NTS 013 – Sólidos, Métodos de Ensaio**. São Paulo: SABESP. 1999. 1-10 p.



OLIVEIRA, W. E. Importância do abastecimento de água. A água na transmissão de doenças. In: \_\_\_\_\_. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1978. cap. 1-2, p. 1-67.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable – Volumen 1 Recomendaciones**. 3 eds. Genève: OMS. 2006. 398p.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PROSAB (PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO). **Reuso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologia de tratamento para esse fim**. Rio de Janeiro: Abes, 2006, p. 427.

RABALAIS, N. N.; TURNER, R. E.; DIAZ, R. J.; JUSTIC, D. Global change and eutrophication of coastal waters. **ICES Journal of Marine Science**, Oxford, v. 66, n. 7, p. 1528-1537, 2009.

RASHASH, D.M.C.; DIETRICH, A.M.; HOEHN, R.C. FPA of selected odorous compounds. **Journal of American Water Works Association**. Denver, v. 89, n. 4, p. 131-141. 1997.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil capitais ecológicos usos e conservação**. 3 eds. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 269-324

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton. In: REYNOLDS, C. S. (Org.). **The Ecology of Phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, p. 1 - 36.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M.; MORAES, L. R. S. Discursos sobre a relação saneamento-saúde-ambiente na legislação: uma análise de conceitos e diretrizes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 371-379, 2007.

STEEL, E. W. **Abastecimento da água: sistemas de esgotos**. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 866 p.

STEVENS, M.; ASHBOLT, N.; CUNLIFFE, D. (Eds) **Review of coliforms as microbial indicators of drinking water quality**. Canberra: NHMRC, Biotext Pty Ltd, 2003. 42 p.

TERPSTRA, P. M. J. Sustainable water usage systems: models for the sustainable water in urban areas. **Water Science and Technology**, v. 39, n. 5, p. 65-72, 1999.

TUCCI, C.E.M. Usos e impactos dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Qualidade Ambiental) / Rhama Consultoria Ambiental, 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 1 ed. São Carlos: Rima, IIE, 2003. 248p.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, n. 70, p. 24-35, 2006.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632p.

USEPA (US Environmental Protection Agency) Method 1680: fecal coliforms in sewage sludge (biosolids) by multiple-tube fermentation using lauryl-tryptose broth (LTB) and EC medium. **US Environmental Protection Agency Office of Water**, Washington, p. 47, 2010.

VICENTE, I. S. T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. 2014. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 37, n. 4, p. 392 - 398, 2014.

VIDAL, T. F.; NETO, J. C. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 402 – 407, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. 452 p.

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S.; BUNN, S. E.; SULLIVAN, C. A.; LIERMANN, C. R.; DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, v. 467, 555-561, 2010.

WETZEL, R. G. **Limnology**. 3. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2001. 1006 p.

WHO (World Health Organization). **Guidelines for drinking water quality**. 3 ed. Geneva: WHO, 2008. p. 668.

WHO/UNICEF (World Health Organization/United Nations Children's Fund) Progress on sanitation and drinking water: 2010 update. In: **Joint monitoring programme for water supply and sanitation**. Paris, WHO, 2010. p. 60.

WURTS, W. A. Understanding water hardness. **World Aquaculture**. Malden, v. 24, n. 1, p. 1-18, 1993.

YASSUDA, E. R.; NOGAMI, P. S. Consumo de água. In: OLIVEIRA W. E. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1978. cap. 4, p. 107-135.