



## MONITORAMENTO DA DEPURAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS EM SISTEMA DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

**Ariston Silva Melo Júnior\***

**UNICAMP, USP e FMU**

Pós-Doutor em Materiais Cerâmicos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) da USP. Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2006) e Pós-Doutorado em Engenharia pela UNICAMP.

**Washington Luiz Silva**

**Centro Universitário FMU**

Graduando em Engenharia Civil

**Eliseu Oliveira Mendes**

**Centro Universitário FMU**

Graduando em Engenharia Civil

**Gabriel Praça Messias**

**Centro Universitário FMU**

Graduando em Engenharia Civil

### RESUMO

A poluição das fontes de água no planeta é uma preocupação constante da sociedade e deve ser discutido amplamente nos meios de divulgação de modo geral. Frente à realidade da precariedade de alguns países em estimular a conservação das fontes de água em seu território e na problemática ocasionada pela irregularidade da distribuição de água superficial na superfície do planeta faz com que seja importante o estudo de tecnologias de tratamento e conservação dos recursos hídricos. Cientistas, biólogos e engenheiros no mundo todo vêm criando novas formas de tratar o esgoto de modo a garantir a preservação da água. Entre as tecnologias empregadas, tem-se a adoção do sistema de lagoas de estabilização que criam uma melhora na qualidade da água pela ação anaeróbica e aeróbica presente no próprio efluente ao passar em grandes reservatórios dimensionados para essa finalidade. O presente estudo monitorou e analisou a remoção de coliformes fecais presentes nas águas do ribeirão Capanema por uma lagoa de estabilização. O estudo teve duração de nove semanas e mostrou que a partir da metodologia Colillert® para coliformes, o sistema de lagoa promoveu uma depuração percentual de 16,42% em relação à quantidade de coliformes fecais antes do tratamento.

**Palavras chaves:** Contaminação; água; tratamento alternativo; sustentabilidade.

---

\*Autor para correspondência / Author for correspondence / Autor para la correspondencia:

Ariston Silva Melo Júnior - [juniorariston@gmail.com](mailto:juniorariston@gmail.com)

Data do recebimento do artigo (received): 15/03/2019

Data do aceite de publicação (accepted): 02/12/2020

**Desk Review**

**Double BlindReview**

---

## **ABSTRACT**

Pollution of water sources on the planet is a constant concern of society and should be widely discussed in the media as a whole. Faced with the reality of the precariousness of some countries in stimulating the conservation of water sources in their territory and in the problematic caused by the irregular distribution of surface water on the surface of the planet makes important the study of technologies for the treatment and conservation of water resources. Scientists, biologists and engineers around the world have been creating new ways to treat sewage so as to ensure the preservation of water. Among the technologies employed, we have adopted the stabilization pond system that creates an improvement in the water quality by the anaerobic and aerobic action present in the effluent itself when passing in large reservoirs designed for this purpose. The present study monitored and analyzed the removal of fecal coliforms present in the waters of the Capanema stream by a stabilization pond. The study lasted nine weeks and showed that from the Colillert<sup>®</sup> coliform methodology, the pond system promoted a percentage clearance of 16.42% in relation to the amount of fecal coliform before treatment.

**Keywords:** Contamination; water; alternative treatment; sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da necessidade de água para manutenção da vida no planeta tem sido importante tema de debates no meio acadêmico-científico.

A irregularidade hídrica na distribuição das fontes de água potável no planeta ocasiona a necessidade de conservação e manutenção das reservas de água de modo a permitir a viabilidade da existência de vida no planeta Terra.

O problema enfrentado é tão desafiador que a Organização das Nações Unidas (ONU) em 2012 constatou que nenhuma região do mundo está livre das pressões sobre a falta de recursos hídricos.

Segundo Albano (2014) na Europa, por exemplo, 120 milhões de cidadãos não têm acesso à água potável. Em certas partes do continente, os cursos de água podem chegar a perder até 80% de seu volume no verão.

Quando se pensa em continente africano, os valores observados tendem a piorar, uma vez que taxa média demográfica tem um recrudescimento anual de 2,6%. Enquanto a média mundial é de apenas 1,2%.

O aumento das necessidades hídricas para assegurar processos de fabricação e na agricultura entre outras atividades faz com que a demanda de água acelera a deterioração de seus recursos hídricos.

A não uniformidade e homogeneidade em relação às reservas hídricas em relação a crescente população têm levado em conta que continentes como a Ásia e o Pacífico que abrigam 60% da população do mundo, mas apenas 36% dos recursos hídricos têm sérios problemas de abastecimento hídrico.

De acordo com o relatório da ONU, cerca de 480 milhões de pessoas não tinham acesso, em 2008, a uma fonte de água de qualidade, e 1,9 bilhão não tinham infraestrutura sanitária adequada.

Na América Latina enquanto a taxa de extração de fontes hídricas foi duplicada no final do século XX devido as crescentes necessidades para abastecimento público e industrial. No Oriente Médio, pelo menos doze países sofrem de escassez completa de água, sem fontes de água adequadas para o público.

O relatório da ONU informa ainda que mundialmente cerca de 80% das águas residuais não são recolhidas nem tratadas, mas vão direto a outros corpos d'água ou se infiltram no subsolo, o que acaba causando problemas de saúde na população e a deterioração do meio ambiente. Considerando esta situação, torna-se acentuada a necessidade de tratamento e desinfecção dos efluentes sanitários.

Atualmente existe uma grande diversidade de alternativas técnicas de tratamento de saneamento próximas à fonte de esgoto.

São sistemas simples, de eficiência comprovada, mais barato e com maior eficiência em relação às alternativas tradicionais.

Algumas destas alternativas, inclusive, podem gerar economia com a utilização dos gases liberados na digestão como fonte de energia para o fogão doméstico e a parte líquida como bio-fertilizante rico em nutrientes naturais que não agredem o meio ambiente.

Destacam-se entre as alternativas apontadas: wetlands, filtração lenta, tanque séptico modificado, reator aeróbico e anaeróbico, valas de infiltração e lagoas de estabilização ou também conhecidas por lagoas de estabilização.

As lagoas de estabilização têm sido a técnica de tratamento de esgotos domésticos mais utilizada nos países em desenvolvimento (YÁNEZ, 2000).

Segundo Perígolo (2004), em Brasília, das 16 Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) operadas pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal – CAESB, 10 delas possuem, em parte ou no todo, o processo de lagoas de estabilização.

As lagoas são muito utilizadas por ser um processo natural de tratamento de esgotos, apresentar baixo custo de manutenção e instalação (quando o valor do terreno é baixo). Além disso, pode atingir excelentes eficiências de remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos.

Existem diversos tipos de lagoas de estabilização, as anaeróbias, onde o material orgânico é decomposto abaixo da superfície, sem contato com o ar; as aeradas que, por sua vez, necessitam de um dispositivo eletromecânico para ajudar a manter uma concentração de oxigênio na parte líquida da massa, fazendo com que reações biológicas separem o material orgânico da água; as de estabilização, em que o depósito de lodo no fundo facilita a decomposição anaeróbia, mas também ocorre a redução fotossintética e a oxidação

aeróbia; por fim, as de maturação, que auxiliam na remoção de micro-organismos causadores de doenças com a ajuda dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol.

Após receberem o tratamento em um dos tipos de lagoas, ocorre o reaproveitamento da água, com condições sanitárias satisfatórias.

A água proveniente do esgoto tratado pelo sistema de lagoa de estabilização é usada para diversas atividades, dentre elas a mais comum é a irrigação. O reuso da água ajuda a evitar a poluição ambiental e ainda auxilia no cultivo, através do aproveitamento dos nutrientes presentes nos efluentes.

A proposta de estudo desta pesquisa foi monitorar e avaliar o grau de eficiência quanto à remoção de coliformes fecais, utilizando o método Colillert<sup>®</sup>, em uma lagoa de estabilização presente no município de Itirapuã que trata as águas do rio Capanema.

## **1.1 Recursos hídricos - Gerenciamento**

As últimas décadas trouxeram a consciência de que a água, mesmo em regiões onde há grande disponibilidade hídrica, deve ser gerida como um recurso esgotável. A gestão hídrica deve ser uma preocupação de toda a sociedade e não apenas daqueles envolvidos diretamente nos setores responsáveis pelo abastecimento de água (PORTO, 1999).

Em 1990 a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que 1,23 bilhões de pessoas não tinham acesso à água em boas condições para beber. Em 2000, este número aumentou em mais 900 milhões de pessoas (CAMPOS, 2014). Soma-se a isto uma demanda *per capita* cada vez maior por água. Somente na Inglaterra e País de Gales o uso de água deve aumentar de 10% a 20% entre 1990 e 2021, desconsiderando o fator agravante do aquecimento global (ONU, 2012).

A população mundial cresce a uma taxa de aproximadamente 80 milhões de pessoas por ano, gerando uma demanda de água potável de 64 bilhões de metros cúbicos (ONU, 2012).

Como agravante, dos três bilhões de pessoas que serão acrescentadas à população mundial até 2050, 90% estarão em países em desenvolvimento, os quais têm sérios problemas com oferta de água potável (CAMPOS, 2014).

O Brasil apesar de deter 12% das fontes hídricas globais de água doce tem uma distribuição não uniforme dessas reservas dentro de seu território, sendo que 70% das

reservas hídricas do país se encontram em regiões de baixa demográfica, como região Norte do país. Enquanto que de suas 5 regiões territoriais, a região Nordeste é a que apresenta a pior disponibilidade de água no país e sua população na zona sertaneja vive em condições muito precárias (ALBANO, 2014).

Conforme Silva (2011) salienta, a forma como a água é utilizada não depende apenas dos profissionais diretamente envolvidos em recursos hídricos, mas sim de toda a sociedade. Onde as decisões tomadas por políticos, empresas e a sociedade como um todo afetam o uso da água. Gestores de recursos hídricos decidem o uso que é dado à água, atendendo às demandas. Porém, muitas vezes a atuação destes profissionais não atinge os objetivos requeridos, devido à escassez dos recursos hídricos, financeiros ou humanos. Isso faz com que seja necessária uma abordagem multidisciplinar para o abastecimento hídrico (CAMPOS, 2014).

A crescente demanda por recursos hídricos e a degradação dos mananciais que constituem a principal oferta destes recursos, tomam a água um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial. Por isso, práticas de conservação, reuso hídrico e redução de perdas são essenciais para a gestão dos recursos hídricos e redução da poluição. Além é claro de novas tecnologias para tratamento das águas poluídas (ALBANO, 2014).

## **1.2 Reuso Hídrico – Aplicação**

Como forma de preservação do recurso água, o esgoto doméstico coletado deve ser destinado às estações de tratamento de esgoto (ETE), para posterior disposição final. Existem inúmeras formas de disposição do esgoto, sendo a diluição em córregos, rios e lagos, uma das mais frequentes no Brasil.

Na grande maioria dos casos, a diluição ocorrida é insuficiente para manter o padrão de qualidade do corpo d'água dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 que classifica os corpos d'água por categorias variáveis de 1 a 4, sendo que a qualidade tende a diminuir de forma crescente.

Outra forma de disposição do esgoto é o reuso, até alguns anos vista como uma opção exótica é hoje uma alternativa que não pode ser ignorada (CAMPOS, 2014), pois além de dispor o esgoto, ajuda combater a escassez de água.

Na indústria, o reuso do esgoto pode ser como água de resfriamento em caldeiras, sistemas de lavagem e transporte de materiais, na irrigação de jardins e processamento de produtos (CAMPOS, 2014). Para irrigação de áreas verdes, parques e jardins municipais, limpeza de pátios e ruas e em instalações de descargas sanitárias o esgoto tratado também pode ser utilizado. Entretanto, uma das mais promissoras formas de reuso do esgoto é por meio da aplicação no solo com o objetivo de irrigação de culturas agrícolas.

Além de fornecer água, o esgoto também é rico em nutrientes e matéria orgânica, e quando convenientemente aplicado ao solo melhora sua fertilidade, refletindo-se em maior produtividade das culturas, conforme já comprovado em vários trabalhos científicos (CAMPOS, 2014).

A aplicação do esgoto para irrigação está condicionada a aspectos de saúde pública, escolha das culturas e impactos ambientais (ARAÚJO, 2000).

A segurança deste tipo de reuso depende da confiabilidade da desinfecção do esgoto (CORAUCCI FILHO *et al.*, 2003). Desta forma, requisitos mínimos de qualidade microbiológica para o esgoto foram estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1989, baseados na presença de ovos de Helmintos e coliformes fecais (CAMPOS, 2014).

### **1.3 Lagoas de Estabilização – Conceitos**

A aplicação de lagoas de estabilização tem crescido como tratamento de esgoto efluente de processos anaeróbios. Mas, atualmente, ainda se conservam e instalam lagoas que tratam esgoto bruto (com ou sem tratamento preliminar) (PERÍGOLO, 2004).

Conforme mencionado, o termo facultativo refere-se a uma mistura de condições aeróbias e anaeróbias. Na camada de cima do volume interno da lagoa, está o meio aeróbico, e na camada de baixo, o anaeróbio.

A maior parte do oxigênio requerido para manter a camada superior em condições aeróbias é originada da atividade fotossintética das algas. A outra parte, considerada desprezível, procede da reaeração resultante do contato com o ar e vento na superfície da lagoa (VON SPERLING, 1996).

O crescimento de algas nas lagoas é favorecido pelo ambiente rico em nutrientes e pela exposição à luz solar, principais fatores de seu metabolismo. De fato, em virtude da grande concentração de algas, as lagoas de estabilização apresentam cor esverdeada.

Segundo Perígolo (2004), na zona aeróbia, microrganismos utilizam o oxigênio produzido pelas algas através da fotossíntese, e as algas por sua vez utilizam o  $\text{CO}_2$ , resultante da respiração desses microrganismos, para realizarem fotossíntese. Isso caracteriza um processo de simbiose entre as algas e as bactérias.

Conforme Perígolo (2004) o material orgânico a ser degradado é basicamente formado por partículas de menor tamanho, que tendem a não sedimentar.

As algas também utilizam outros produtos resultantes do metabolismo dos microrganismos, como o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) para realização da fotossíntese. Há também uma troca gasosa entre o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) presente na lagoa com os gases presentes na atmosfera.

Para Perígolo (2004) a posição de transição da camada aeróbia para a anaeróbia (oxipausa) oscila de acordo com a produção/consumo de oxigênio, que varia entre noite e dia, manhã e tarde, tempo nublado e sol radiante. A região caracterizada pela intermitência na presença de oxigênio é denominada zona facultativa, onde sobrevivem microrganismos denominados facultativos, por se adaptarem tanto à presença quanto ausência de oxigênio.

Segundo Von Sperling (1996) para a degradação da matéria orgânica, esses organismos utilizam o oxigênio ou nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) (quando em condições anaeróbias) como aceptores de elétrons.

Os estudos aprofundados de Von Sperling (1996) levam a conclusões que na zona anaeróbia, os microrganismos são adaptados para sobreviverem na ausência de oxigênio. Para a degradação da matéria orgânica, utilizam os sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e  $\text{CO}_2$  como aceptores de elétrons. Esta zona é composta principalmente pelo lodo de fundo, que é formado pela sedimentação de material particulado no processo de deposição pela ação gravitacional.

O material que forma o lodo de fundo, degradado anaerobicamente, converte-se lentamente em gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e outros.

O processo de conversão gasosa pela ação microbiana no lodo faz com que reste no fundo apenas o material inerte mineralizado (não biodegradável).

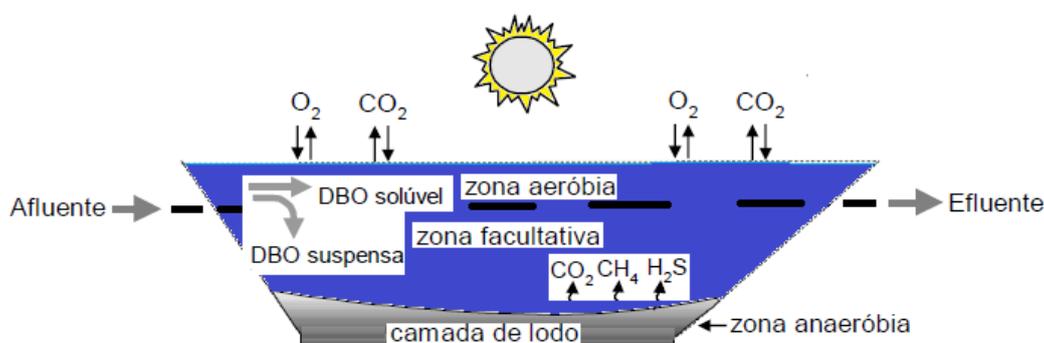
Os gases resultantes das reações de degradação tendem a subir, podendo ser absorvidos na massa líquida ou desprender para a atmosfera. Em particular, o gás  $H_2S$  que apresenta odor desagradável, semelhante ao cheiro de “ovo podre”, ao passar pela camada aeróbia superior, é oxidado por processos químicos e bioquímicos, e por isso não causa problemas de mau cheiro.

Assim, com base em conclusões de Von Sperling (1996), a lagoa de estabilização degrada os esgotos em três zonas: aeróbia, facultativa e anaeróbia.

A matéria orgânica dissolvida (solúvel) e a em suspensão de pequenas dimensões (finamente particulada) fica dispersa no esgoto, sendo oxidada aerobicamente na camada mais superficial e por organismos facultativos na camada intermediária (PERÍGOLO, 2004).

Já a matéria orgânica particulada tende a sedimentar, formando o lodo de fundo, que degrada anaerobicamente (PERÍGOLO, 2004).

O processo de tratamento das lagoas de estabilização pode ser visualizado na Figura 1, a seguir.



**Figura 1.** Esquema simplificado de uma lagoa de estabilização

Fonte: VON SPERLING, 1996.

Segundo Perígolo (2004) os fatores que interferem no processo de tratamento das lagoas de estabilização podem ser divididos em externos e internos.

Os fatores externos e sua influência no tratamento são apresentados na tabela 1, a seguir, com base nos apontamentos levantados por Perígolo (2004).

**Tabela 1.**  
**Fatores ambientais externos (PERÍGOLO, 2004).**

FATOR	INFLUÊNCIA
Radiação solar	- Velocidade de fotossíntese
Temperatura	- Velocidade de fotossíntese - Taxa de decomposição bacteriana - Solubilidade e transferência de gases - Condições de mistura
Vento	- Condições de mistura - Reaeração atmosférica (*)

(\*) mecanismo de menor importância no balanço de Oxigênio Dissolvido (OD)

Os fatores internos interferentes no processo de tratamento de esgotos domésticos por lagoas de estabilização são as algas (fotossíntese) e a carga orgânica aplicada (PERÍGOLO, 2004).

Admitindo-se que a carga orgânica aplicada à lagoa seja apropriada, teríamos apenas as algas como fator interno de influência no tratamento. Visto que os fatores externos e internos interferem na eficiência do tratamento, eles devem ser analisados em conjunto (PERÍGOLO, 2004).

### 1.3.1 Ação de coliformes fecais em águas residuárias

Segundo Bitton (2005) e Cabral (2010) os coliformes fecais ou também denominados termotolerantes são bactérias exclusivas de origem fecal, entre elas: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Proteus*.

Os coliformes fecais são bactérias Gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, que podem fermentar a lactose em 44,5°C e forma colônias quando expostos ao meio de Ágar que é um meio gelatinoso utilizado para formar grânulos de colônias bacterianas (BITTON, 2005; CABRAL, 2010).

Segundo Buma (2017) dentre os microrganismos pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, *E. coli* é o indicador mais confiável na identificação da contaminação de origem fecal humano e animal porque é o único do grupo coliforme que é exclusivamente de origem fecal. Diferente das espécies pertencentes aos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citobacter* que não são de origem exclusivamente fecal. No entanto, podem ser facilmente isolados no solo, em águas ambientais ricas em nutrientes, nas plantas, em matéria orgânica em decomposição e outras matrizes ambientais. Deste modo, a presença de coliformes termotolerantes em águas ambientais não significa categoricamente que tenha sido proveniente de origem fecal.

A *E. coli* é caracterizada pelas técnicas laboratoriais por apresentar uma expressão da enzima  $\beta$ -glucuronidase quando exposta em meios de substratos específicos, produz indol a partir do aminoácido triptofano, sendo a única espécie do grupo coliforme termotolerante cujo habitat exclusivo e primário é o intestino de mamíferos e aves (CERQUEIRA *et al.*, 1999; CABRAL, 2010; COSTA *et al.*, 2011).

Assim, *E. coli* termotolerante é a enterobactéria utilizada mundialmente como indicador mais preciso de contaminação fecal em águas ambientais e, portanto, está presente nas normas de análise de qualidade de água (BUMA, 2017).

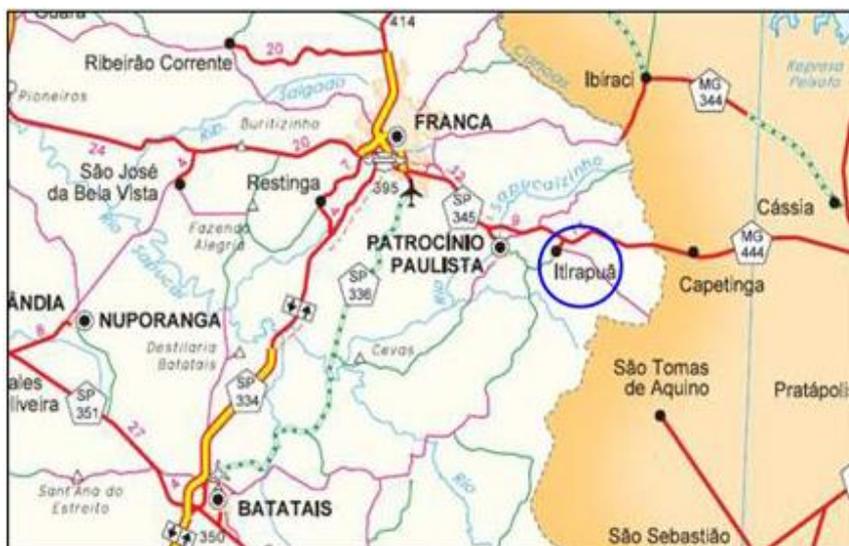
## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Estudo de Caso

O estudo foi realizado no município de Itirapuã num sistema de lagoa de estabilização utilizado para tratamento das águas do ribeirão Capanema, durante o período de 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019, com retirada de amostras antes (afluente) e após (efluente) do sistema de lagoa. As coletas durante o período foram semanais, totalizando 18 amostras nas nove semanas de estudo.

O sistema opera com auxílio da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

A figura 2 apresenta a localização da região de interesse científico.



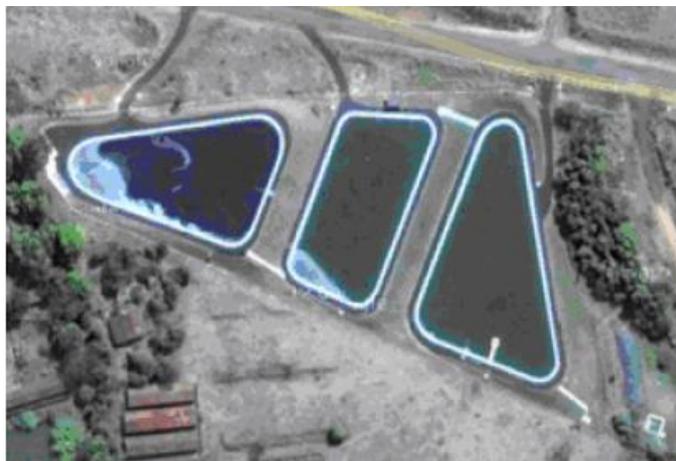
**Figura 2.** Município de Itirapuã com o sistema de tratamento.

Fonte: Google maps.

O sistema adotado recebe o efluente proveniente do Ribeirão Capanema, classificado segundo a norma do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357 – para classe de rios, como classe 4.

O sistema de tratamento tem capacidade máxima operacional para vazões de até 1.149,12 metros cúbicos diários, sendo composto por três câmaras que formam o sistema de lagoa de estabilização (fonte: PREFEITURA MUNICIPAL de Itirapuã 2011).

Na figura 3 pode-se visualizar uma foto área do conjunto de tratamento de esgoto. Para um melhor aproveitamento da área superficial doada pelo município de Itirapuã o conjunto montado tem um perfil triangular se observar a parte periférica do local.



**Figura 3.** Sistema de Lagoa de estabilização

Fonte: ALBANO, 2014.

O sistema funciona por escoamento gravitacional sendo que cada reservatório auxilia na depuração do esgoto.

O conjunto é composto por: lagoa anaeróbica que auxilia no processo anóxico com eliminação de bactérias aeróbicas e em seguida duas lagoas de estabilização denominadas – primária e secundária.

Para o conjunto foi utilizado um período de estabilização local, denominado de tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) de 12,5 dias.

Apesar de o sistema operacional ter capacidade máxima para vazões da ordem de 1.149,12 m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, a SABESP em conjunto com a prefeitura de Itirapuã recomenda a utilização de 846,72 m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, ou seja, 73,68% de sua capacidade para evitar riscos de sobrecarregar o sistema.

## 2.2 Caracterização do sistema

As características do complexo do sistema de lagoa de estabilização são observadas a partir da tabela 2 (a seguir), fornecida pela prefeitura de Itirapuã.

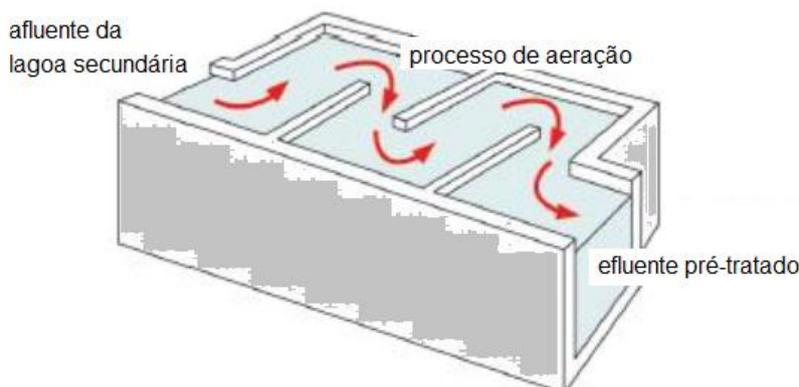
**Tabela 2.**  
**Caracterização do complexo de Lagoa de estabilização.**

	LAGOA ANAERÓBICA	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO PRIMÁRIA	LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO SECUNDÁRIA
<b>Área superficial (A)</b>	3.000 m <sup>2</sup>	2.560 m <sup>2</sup>	3.160 m <sup>2</sup>
<b>Volume efetivo (V)</b>	5.580 m <sup>3</sup>	3.830 m <sup>3</sup>	4.960 m <sup>3</sup>
<b>Profundidade (h)</b>	2,80 m	1,80 m	1,80 m
<b>Tempo de detenção hidráulico (<math>\theta_h</math>)</b>	4,9 d	3,3 d	4,3 d
<b>Vazão de projeto (<math>Q_p</math>)</b>	1.149,12 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	1.149,12 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	1.149,12 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>
<b>Vazão demanda (<math>Q_d</math>)</b>	846,72 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	846,72 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>	846,72 m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>

Fonte: Dados da Sabesp (2011).

Após o esgoto passar pela segunda lagoa de estabilização o processo de despoluição prossegue a partir de um tanque de aeração, denominado tanque de contato de perfil quadrado e volume 28,73 m<sup>3</sup>.

O tanque de contato é compartimentado e em seu interior ocorre a divisão por chicanas horizontais, conforme figura 4.



**Figura 4.** Esquema do tanque de contato adotado.

Tendo o volume do tanque de contato ( $V_{tc}$ ) e a vazão de demanda ( $Q_d$ ), através do equacionamento hidráulico observado por pesquisadores como PORTO (1999) é possível determinar tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ), apresentado a partir da equação 1:

$$\theta_h = \frac{V_{tc}}{Q_d}$$

**Equação 1** (PORTO, 1999)

Com o auxílio das informações de  $V_{tc}$  e  $Q_d$  introduzidos na equação 1, o tempo de detenção hidráulico calculado foi de 0,034 d, ou seja, um valor de aproximadamente 49 minutos, a partir da conversão do tempo pelo processo de análise dimensional.

### 2.2.1 Método – Cartela Colilert® para detecção de coliformes fecais

O método Colilert® consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente Colilert® patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 ml), a qual é selada e mantida incubada a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 horas (1º leitura) e 48 horas (2º leitura- confirmação).

Os resultados são obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste Colilert®.

Para a aplicação do método foram utilizados: Seladora para cartelas Colilert®; Autoclave vertical; Câmara escura equipada de radiação UV; Incubadora termo-regulável ( $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ); Balão de fundo chato (esterilizado\*); e Proveta 100 ml.

O tempo de utilização em autoclave foi de 15 minutos, onde os frascos foram totalmente vedados com tampões (preparados com gases), papel alumínio e papel Kraft (camada dupla).

Durante o procedimento de análise de coliformes fecais pelo método Colilert® foram utilizados 50 ml de amostra de água residuária que passaram pelas etapas abaixo:

- Transferiu-se o volume de amostra num balão volumétrico de 100 ml de fundo chato estéril para diluição pretendida, de modo que o volume final fosse de 100 ml;
- Em cada amostra, adicionou-se uma cartela do reagente Colilert® e agitou-se até a dissolução completa;
- Transferiram-se os 100 ml finais para uma cartela Colilert® estéril, colocando sobre o suporte da seladora e selando-se a mesma;
- Manteve-se a cartela em incubadora termo-regulável a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ;
- Após 24 horas na incubadora, anotaram-se os valores positivos nos quadrados grandes (49 espaços) e pequenos (48 espaços). Os valores positivos foram aqueles nos quais uma coloração amarela forte se desenvolveu;

- O mesmo procedimento foi realizado observando-se as cartelas em uma câmara escura equipada de luz UV, de modo que, para este caso, os quadrados grandes e pequenos a serem anotados foram aqueles que desenvolveram uma luminescência azul característica (figura 4);
- Anotaram-se os valores registrados; e repetiu-se o procedimento após 48 horas para confirmação dos resultados;



**Figura 4.** Colônias características de *E. coli* em 4a e em 4b diferença de poços positivos e negativos de *E. coli*.

Fonte: OLIVEIRA, 2013.

### 2.2.2 Cálculo do número mais provável

Os resultados são obtidos a partir da cartela padrão do método que correlaciona os valores observados nos quadrados grandes com aqueles observados nos quadrados pequenos. Por exemplo, em uma análise que utilizou 50 ml de amostra foram observados 10 quadrados positivos grandes com 15 quadrados positivos pequenos para coliformes totais e 5 quadrados positivos grandes com 3 quadrados positivos pequenos para coliformes fecais (OLIVEIRA, 2013).

## 3 RESULTADOS

Os valores obtidos pelo método de Colillert<sup>®</sup> foram analisados na relação logarítmica de base decimal com o número de microrganismos (N/g) detectados para o período de coleta de amostras que foi de 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019.

A tabela 3 apresenta os valores obtidos pelo procedimento para as nove semanas de estudo de amostras de entrada (afluente) e saída (efluente) da lagoa de estabilização.

**Tabela 3.**  
**Resultados pelo método Colillert<sup>®</sup> (log N/g) para as amostras da lagoa.**

DATA	ENTRADA	SAÍDA
02/01/19	3,47	2,80
09/01/19	3,42	2,82
16/01/19	3,40	2,79
23/01/19	3,42	2,81
30/01/19	3,29	2,82
06/02/19	3,30	2,80

DATA	ENTRADA	SAÍDA
13/02/19	3,32	2,80
20/02/19	3,31	2,81
27/02/19	3,30	2,79
02/03/19	3,33	2,80

A tabela 3 revela que o sistema de lagoa de estabilização teve um papel relevante para a remoção de coliformes fecais presentes nas águas residuárias.

Tal constatação fica mais notável se analisarem-se os valores percentuais de desempenho da lagoa.

A tabela 4 apresenta a análise percentual de eficiência que pode ser notada.

**Tabela 4.**  
**Percentual de eficiência de remoção de coliformes fecais.**

Data	Eficiência %
02/01/19	19,31
09/01/19	17,54
16/01/19	17,94
23/01/19	17,84
30/01/19	14,29
06/02/19	15,15
13/02/19	15,66
20/02/19	15,11
27/02/19	15,45
02/03/19	15,92
MÈDIA	16,42

A tabela 4 apresenta que o desempenho médio para as nove semanas de estudo obteve uma média de 16,42% de remoção de coliformes fecais das águas residuárias pelo tratamento da lagoa de estabilização. Sendo que a maior eficiência foi constatada no dia 2 de janeiro de 2019 que foi de 19,31%.

Já para o dia 30 de janeiro o desempenho ficou em 14,29% de remoção de coliformes fecais.

## 4 CONCLUSÃO

O desempenho notado para o pré-tratamento de esgoto pelo sistema de lagoa de estabilização teve uma significativa importância para o processo de depuração e remoção de coliformes fecais presentes no ribeirão Capanema.

Os níveis de remoção de coliformes fecais permite estimar que a qualidade da água do ribeirão obtivesse uma melhora inclusive em sua classificação para corpos d'água, estabilizados pela norma 357 do CONAMA.

A melhora da qualidade da água para a presença de coliformes fecais faz com que seja importante o pré-tratamento, uma vez que permite eliminar um agente patógeno de grande relevância na proliferação de doenças e poluição hídrica.

O estudo contínuo de métodos e tecnologias de tratamento de esgoto é importante e devem ser estimulados pelos agentes públicos e sociedade de modo geral.

## BIBLIOGRAFIA

ALBANO, P. V. **Utilização de ácido tricloroisocianúrico (ATCI) na desinfecção de efluente sanitário de lagoa de estabilização: avaliação da formação de trihalometanos (TAMs)**. Dissertação. UNICAMP. Campinas, SP, 2014.

ARAÚJO, L. P. F. **Reuso com lagoas de estabilização**: Potencialidade no Ceará. 1 ed. Fortaleza, Ceará: Superintendência estadual de meio ambiente, 2000.

BITTON, G. **Microbial indicators of fecal contamination: Application to microbial**. Florida Stormwater Association, p. 7. 2005.

BUMA, E. L. L. **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares**. Dissertação. Universidade Federal de Goiás. 2017.

CAMPOS, J. A. **Desinfecção de efluente de lagoa de estabilização com ácido ricloroisocianúrico: Avaliação da inativação de coliformes**. Dissertação. UNICAMP. Campinas, SP, 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **RESOLUÇÃO Nº 357**. 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. 17 de março de 2005.

CORAUCCI FILHO, B. *et al.* Cloração e descloração. In: GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de efluentes sanitários**, Prosab - Edital 3. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Capítulo 4. p.113-168.

CABRAL, J. P. S. **Water microbiology. Bacterial pathogens and water.** Environ. Res. Public Health, v. 7, p. 3657-3703, 2010.

CERQUEIRA, D.A. et al. **Perfis de ocorrência de coliformes termotolerantes e Escherichia coli em diferentes amostras de água.** 1999.

COLILLERT® **IDEXX Quanti Tray**, 2000.

COSTA, R. **Coagulase-positive Staphylococcus and enterobacteria in fresh shrimp Litopenaeus vannamei**, p. 566-571, 2011.

PERÍGOLO, R. A. **Avaliação do Emprego de Lagoas de Estabilização em Escala Piloto para Pesquisa de Tratamento de Esgoto Doméstico.** Dissertação. UNB. [Distrito Federal] 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITIRAPUÃ. **Plano de saneamento municipal: água e esgoto.** Itirapuã, 2011.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**, 2 edição, EESC – USP, 1999.

SOUZA, L. A. **Química Ambiental.** *Brasil Escola.* Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/demanda-quimica-oxigenio.htm>>. Acesso em 13 de outubro de 2018.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2 ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996. v. 1, 243 p.

YÁNEZ C. F. **Lagunas de Estabilización.** Cuenca, Ecuador: Monsalve, 1993.