

# CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL EM SISTEMA

Ariston Silva Melo Júnior <sup>1</sup>

## RESUMO

A presente pesquisa focou o estudo de um sistema de tratamento alternativo de esgoto instalado próximo ao ribeirão Capanema, localizado no município de Itirapuã, estado de São Paulo (Brasil). O sistema de tratamento utilizado é realizado por um conjunto de três lagoas facultativas que tem como intuito minimizar as concentrações de compostos contaminantes presentes no rejeito líquido do Capanema, entre eles o fósforo (P) oriundo da atividade agrícola na região. O processo de depuração dos rejeitos da água ocorre a partir da ação anaeróbica e aeróbica caracterizada pelo processo anóxico e por aeração, além da reação ultravioleta da radiação solar ocorrida no interior do conjunto de lagoas facultativas. As mesmas são formadas por uma lagoa inicial denominada anaeróbica de volume 5.580 m<sup>3</sup>, sendo seguida por uma lagoa primária de 3.830 m<sup>3</sup> e uma secundária de 4.960 m<sup>3</sup>. Somente após a água derivada do rio Capanema passar pelo conjunto de lagoa facultativa é que o efluente tratado volta ao curso normal do ribeirão já com uma qualidade melhor das águas. A qualidade é verificada pelo aumento da concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas águas em torno de 70%. Na pesquisa foi monitorado coletas de amostras de entrada e saída do sistema de lagoas durante três meses no ano de 2018, onde as amostras acondicionadas em garrafas PET de 500 ml foram congeladas à -5oC para posterior preparo em laboratório para análise de presença de fósforo total pelo método oficial 973.55 da AOAC. Após o preparo das amostras e análise pelo processo de espectrofotometria das amostras de entrada e saída o valor percentual médio de remoção de fósforo total das águas ficou em 22,58%, com concentração de fósforo em torno de 10,76 mg.L<sup>-1</sup>. Tal diminuição gera uma menor carga difusa que promove uma melhor preservação do corpo hídrico, uma vez que impacta menos a via aquática do ribeirão Capanema. Haja vista que por tal processo o próprio ribeirão tem uma melhora em sua classificação de corpo hídrico pelas normas do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) no Brasil em que inicialmente de classe 4 o Capanema tem uma ascensão para classe 3.

**Keys Words:** Saneamento Básico, Engenharia Civil, Meio Ambiente, Bioma, Recurso Hídrico.

---

<sup>1</sup> Pós-Doutor em Materiais Cerâmicos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) da USP. Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2002), doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2006) e Pós-Doutorado em Engenharia pela UNICAMP. Atualmente é participante - Comitês de bacias hidrográficas PCJ e pesquisador colaborador da Universidade Estadual de Campinas. E-mail: juniorariston@gmail.com

# ALTERNATIVO DE TRATAMENTO POR LAGOA FACULTATIVA

## ABSTRACT

This research focused on the study of an alternative sewage treatment system installed near the Capanema stream, located in the municipality of Itirapuã, state of São Paulo (Brazil). The treatment system used is performed by a set of three optional lagoons that aims to minimize the concentrations of contaminating compounds present in Capanema liquid tailings, among them the phosphorus (P) from the agricultural activity in the region. The purification process of water tailings occurs from the anaerobic and aerobic action characterized by the anoxic and aeration process, as well as the ultraviolet reaction of solar radiation that occurred inside the facultative ponds. They are formed by an initial anaerobic lagoon of 5,580 m<sup>3</sup> volume, followed by a primary lagoon of 3,830 m<sup>3</sup> and a secondary lagoon of 4,960 m<sup>3</sup>. Only after the water derived from the Capanema River passes through the facultative lagoon pool does the treated effluent return to the normal course of the stream with better water quality. The quality is verified by the increase of dissolved oxygen (DO) concentration in the waters around 70%. In the research, samples were collected from inlets and outlets of the lagoon system during three months in 2018, where the samples packed in 500 ml PET bottles were frozen at -5°C for subsequent preparation in laboratory for total phosphorus presence analysis AOAC official method 973.55. After sample preparation and analysis by the spectrophotometric process of the inlet and outlet samples the mean percentage value of total phosphorus removal from the waters was 22.58%, with phosphorus concentration around 10.76 mg.L<sup>-1</sup>. This decrease generates a less diffuse charge that promotes better preservation of the water body, since it impacts less the waterway of the Capanema stream. Considering that by this process the creek itself has an improvement in its classification of water body by the CONAMA (National Council of Environment) norms in Brazil where initially of class 4 the Capanema has a rise to class 3.

**Key words:** Basic Sanitation, Civil Engineering, Environment, Biome, Water Resource.

## 1. INTRODUÇÃO

O recrudescimento demográfico advindo do aumento de alimentos e melhoria continua no sistema público de saúde gerou uma grande problemática a ser enfrentada pelos novos engenheiros do século XXI; como a falta de

abastecimento hídrico para as crescentes necessidades humanas (MELO JÚNIOR, 2003).

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 período do 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% (ALBANO, 2014).

Para Campos (2014) o aumento das necessidades hídricas para assegurar processos de fabricação e na agricultura entre outras atividades faz, com que a demanda de água acelere a deterioração de seus recursos hídricos.

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 (ALBANO, 2014).

Pesquisadores como Albano (2014) relatam que 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.

Albano (2014) relata que frente aos desafios sanitários, as lagoas facultativas, também denominadas lagoas de estabilização, 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, o autor relata também que o sistema de lagoas pode atingir excelentes eficiências de remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos.

As lagoas facultativas têm sido largamente utilizadas, somente no Brasil elas estão presentes em 375 localidades (CAMPOS, 2004).

No presente trabalho o intuito foi estudar o comportamento no desempenho de remoção de fósforo total num sistema de lagoa facultativa localizado no estado de São Paulo.

## **2. METODOLOGIA**

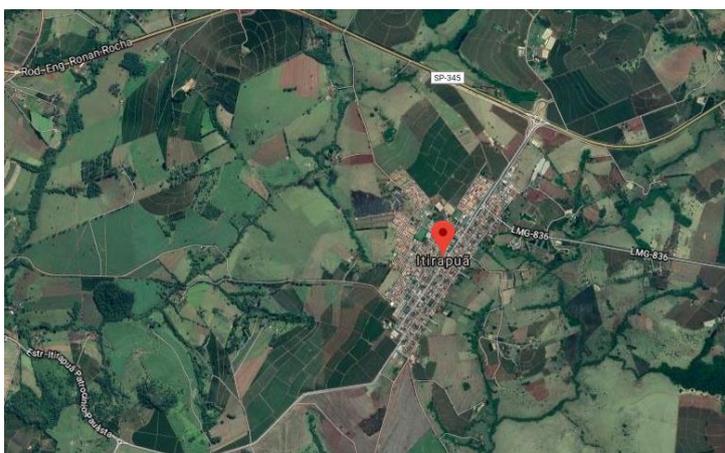
### **2.1. Experimento local**

Durante 3 meses, compreendidos do dia 02 de julho a 03 de setembro de 2018 foram efetuadas coletas semanais de água na entrada e saída do complexo

montando de lagoa facultativa no município de Itirapuã, estado de São Paulo (Brasil).

O município de Itirapuã é alimentado pelo ribeirão Capanema cujas águas possuem uma classificação segundo a norma regulamentadora número 357 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) de valor 4. Deve-se notar que essa classificação pelo CONAMA é a pior para corpos hídricos.

As coletas foram necessárias para posteriormente em laboratório analisar a presença e concentração de fósforo total (P) diluída na água. Assim, permitindo avaliar o grau de desempenho do sistema de lagoa facultativa para a remoção de fósforo total dentro do complexo de lagoa (Figura 1).



**Figura 1** – Município de Itirapuã com o sistema de tratamento. Fonte: Google maps.

O sistema opera com auxílio da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), dotado de capacidade máxima operacional para vazões de até 1.149,12 metros cúbicos diários, sendo composto por três câmaras que formam o sistema de lagoa facultativa (PREFEITURA MUNICIPAL de Itirapuã, 2011).

Na Figura 2 pode-se visualizar uma foto aérea 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 ao observar a parte periférica do local.



**Figura 2** – Sistema de Lagoa Facultativa (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 facultativas denominadas – primária e secundária.

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

Apesar do sistema operacional ter capacidade máxima para vazões de  $1.149,12 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ , a SABESP em conjunto com a prefeitura de Itirapuã recomenda a utilização de  $846,72 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ , ou seja, 73,68% de sua capacidade para evitar riscos de sobrecarregar o sistema.

## 2.2. Caracterização do sistema

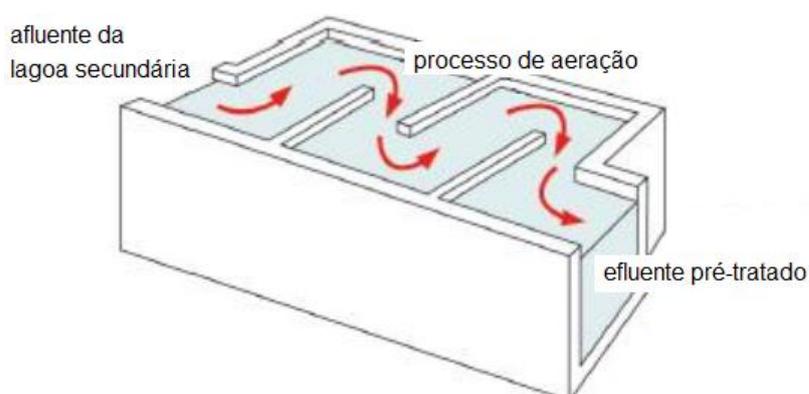
As características do complexo do sistema de lagoa facultativa são observadas a partir da Tabela 1 (a seguir), fornecida pela prefeitura de Itirapuã.

**Tabela 1** – Caracterização do complexo de Lagoa Facultativa (fonte: SABESP 2011)

	<b>Lagoa Anaeróbica</b>	<b>Lagoa Facultativa primária</b>	<b>Lagoa Facultativa secundária</b>
<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>

Após o esgoto passar pela segunda lagoa facultativa 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 3.



**Figura 3** – 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 para interpretações leigas de aproximadamente 49 minutos, a partir da conversão do tempo pelo processo de análise dimensional.

### 2.3. Metodologia de Coleta Amostral

Durante o período de 02 de julho até 03 de setembro de 2018 foi monitorada semanalmente a coleta de amostras líquidas no sistema de lagoa facultativa do município de Itirapuã.

Nesse sentido foram coletadas em garrafas PET de 500 ml amostras de entrada e de saída do sistema de lagoa de tal modo a resultar 10 amostras de entrada, antes do tratamento, e 10 amostras de saída, após o tratamento alternativo. Logo, foram analisadas 20 amostras ao todo de águas residuárias oriundas do ribeirão Capanema para dessa forma avaliar o grau de eficiência percentual do tratamento alternativo.

As amostras engarrafadas foram resfriadas a temperatura de -5°C para conservação das características iniciais, segundo a metodologia empregada baseada no Método Oficial 973.55 da AOAC para fósforo total presente em água (AOAC Official Method 973.55 – Phosphorus in water).

### 2.4. Análise de Fósforo Total pelo Método 973.55 da AOAC

Depois de colhidas, engarrafadas e resfriadas, as amostras em laboratório passaram pela análise de fósforo total pelo AOAC Official Method 973.55 –

Phosphorus in water. Este método permite a identificação de todo fósforo presente independente da forma, medido por digestão de persulfato (MELO JÚNIOR, 2003).

São adicionados 1 ml de solução hidrólise ácida que é produzida pela adição de 310 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) em 600 mL de água destilada ( $H_2O$ ) a 50 mL da amostra de esgoto em um tubo de erlenmeyer de 125 mL.

Em seguida, adicionou-se 0,4 gramas de persulfato de amônio e ferveu-se o produto em uma chapa aquecedora por 30 a 40 minutos, até ocorrer uma redução no volume para 10 mL (MELO JÚNIOR, 2003).

O produto resfriado a temperatura ambiente sofre depois a adição de algumas gotas de solução fenolftaleína e ajustou-se o pH com a adição de solução hidróxido de sódio (NaOH), agitando-se o frasco com a solução até obter uma coloração rosada. Posteriormente, a cor é corrigida pela ação de gotas de hidrólise ácida.

O produto final é diluído quantitativamente a 50 mL e transferido para o tubo de erlenmeyer de 125 mL.

Feito todo o processo de preparação, posteriormente é feita adição de 50 mL de  $H_2SO_4$  de normalidade 5N a 5 mL de solução de tartarato de antimônio e potássio, juntamente com 15 mL de solução de molibdato de amônia e 30 mL de solução ácido ascórbico.

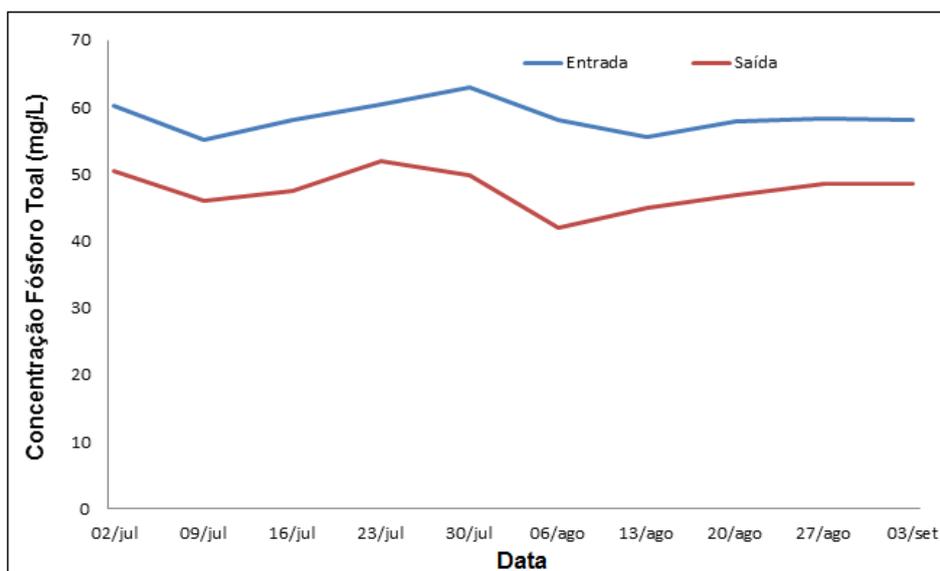
Recupera-se 50 mL da amostra final e adicionou-se 8,0 mL do reagente combinado que se aguardou por um intervalo de tempo entre 10 e no máximo 30 minutos até a amostra assumir uma coloração azulada.

Após ter-se feito todo o processo de preparação da amostra final para leitura no espectrofotômetro realizou-se a configuração de uma curva padrão para medição de absorbância. Tal curva é calibrada utilizando-se soluções de trabalho que são feitas dissolvendo-se 0,2197 gramas de  $KH_2PO_4$  em um litro de água destilada com reagente sem fósforo, obtendo-se soluções intermediárias 1, 3, 5, 10, 20, 30, 40 e 50 mL.

As amostras intermediárias, bem como a amostra preparada, foram medidas no espectrofotômetro, cujo comprimento de onda ( $\lambda$ ) utilizado foi de 880 nm ( $880 \cdot 10^{-9}m$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados levantados permitiram elaborar um comportamento gráfico do desempenho do sistema de entrada e saída do efluente do sistema de lagoa facultativa (Figura 4).



**Figura 4** – Relação das concentrações e entrada e saída do sistema de lagoa facultativa.

Na Figura 4 pode-se observar que o comportamento de saída do sistema foi uniforme, variando numa faixa aproximada entre 40 e 50 mg.L<sup>-1</sup> de fósforo (P).

A carga difusa oriunda do ribeirão Capanema que entrou no sistema a partir da lagoa anaeróbica esteve num intervalo de 55 a 60 mg.L<sup>-1</sup> aproximadamente.

Pode-se observar de forma individual o desempenho ao longo das 10 semanas de estudos do efluente com relação à concentração de fósforo total (Tabela 2).

**Tabela 2** – Concentrações efetivas de Fósforo (P) Total em 2018.

<b>Data</b>	<b>Entrada (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Saída (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Removida (mg.L<sup>-1</sup>)</b>
02/jul	60,1	50,5	9,6
09/jul	55	46	9
16/jul	58	47,5	10,5
23/jul	60,5	51,9	8,6
30/jul	63	49,9	13,1
06/ago	58	42	16
13/ago	55,5	44,9	10,6
20/ago	57,8	46,9	10,9
27/ago	58,3	48,5	9,8
03/set	58	48,5	9,5
<b>Média do período</b>	<b>58,42</b>	<b>47,66</b>	<b>10,76</b>

A partir dos dados apresentados (Tabela 3) foi observado que a concentração média removida de fósforo total foi de 10,76 mg.L<sup>-1</sup>, sendo o sistema uma ferramenta adicional para o tratamento de esgoto.

Os níveis de remoção média observada pelo período foram de 22,58% da concentração de fósforo total, diminuindo a taxa de carga difusa na água do ribeirão Capanema.

Ao se avaliar o grau de desempenho do sistema de lagoa do município de Itirapuã em relação a outros sistemas semelhantes em utilização no Brasil, tem-se que Júnior *et al* (2008) registraram uma faixa de remoção de P, num sistema alocado no estado da Paraíba, na faixa de 8 mg.L<sup>-1</sup> durante uma pesquisa de onze dias com monitoramento diário.

Ao se comparar com os resultados obtidos no presente estudo observa-se que os valores ficaram bem próximos, embora o sistema do ribeirão Capanema obtivesse um melhor desempenho.

Segundo argumentos levantados por Júnior *et al* (2008) a eficiência da remoção de fósforo presente em água deve-se além dos parâmetros de projeto

e da atividade microbiana, a aspectos ligados a temperatura e pH. Com o aumento da temperatura local e a maior acidez do efluente ocorre a maior atividade microbiana e conseqüentemente uma melhora nos níveis de desempenho do sistema de lagoas facultativas.

## 4. CONCLUSÕES

O trabalho efetuado mostrou um desempenho adequado do sistema de tratamento de esgoto para a localidade. O sistema de lagoa facultativa em funcionamento desde final da década de 90 permite uma melhora para o recurso hídrico da região do município de Itirapuã.

Tal decaimento da carga de poluente promovida pelo sistema permite que o rio inicialmente classe 4 antes de entrar no sistema de tratamento tenha um perfil melhorado de sua qualidade hídrica e promoção na classificação de corpos d'água, conforme a norma 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Tais propostas são importantes de serem estudadas frente ao aumento da necessidade de água para a subsistência humana e progresso da indústria e agricultura nacional.

A preservação das águas é vital para manutenção da sobrevivência das formas de vida e garantia de preservação das futuras gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC MÉTODO OFICIAL 973.55 da AOAC para **Fósforo em Água**. Método Oficial para análises de fósforo da AOAC Internacional. 2000.

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

CAMPOS, J. A. **Desinfecção de efluente de lagoa facultativa com ácido tricloroisocianúrico: 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.

JUNIOR, G. B. A.; LEITE, V. D.; ARAUJO, H. W. C.; SILVA, J. B.; SANTOS, V. D.

**Estudo de espécies de fósforo e nitrogênio em lagoas de estabilização.** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. 2008.

MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.

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

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

**Recebido em:** 23/03/2019

**Aceito em:** 05/08/2019