

# AVALIAÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM UMA LAGOA FACULTATIVA

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

**Rogério Costa Bento Filho<sup>2</sup>**

**Gustavo Urban Papadopoli<sup>2</sup>**

**Adriana Cavalcante Morais<sup>2</sup>**

**Lincoln Bruno Jordão Hock<sup>2</sup>**

**Gustavo Julian Chirinos<sup>2</sup>**

## **RESUMO**

O tratamento de efluentes torna-se uma função importante para a proteção do meio ambiente. Com o recrudescimento da população atual o saneamento básico e formas alternativas e mais baratas de tratamento é um passo importante para o desenvolvimento da sociedade moderna. Entre os vários tipos de tratamento de esgoto alternativos, um sistema importante são as lagoas facultativas. A proposta dessa pesquisa foi estudar o comportamento da concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma lagoa instalada no município de Itirapuã situado no Estado de São Paulo, Brasil. A análise de DBO foi efetuada utilizando a norma NTS 003, tomando-se o monitoramento das cargas de DBO no período de 02 de julho de 2018 a 03 de setembro de 2018, com retiradas amostrais semanais. O estudo permitiu avaliar que a remoção do parâmetro foi de 70 mg.L<sup>-1</sup>, com o qual mostrou-se uma eficiência na depuração de 61,43%.

**Palavras chaves:** Lagoa, Tratamento alternativo, recurso hídrico, meio ambiente.

---

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil do Complexo Educacional FMU; Pós doutorando pelo IPEN-USP; Pesquisador colaborador da UNICAMP. E-mail: [juniorariston@gmail.com](mailto:juniorariston@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil do Complexo Educacional FMU

## **ABSTRACT**

The treatment of effluents becomes an important function for the protection of the environment. With the resurgence of the current population basic sanitation and alternative and cheaper forms of treatment is an important step for the development of modern society. Among the various types of alternative sewage treatment, an important system is facultative ponds. The proposal of this research was to study the behavior of the concentration of Biochemical Oxygen Demand (BOD) of a lagoon installed in the municipality of Itirapuã located in the State of São Paulo, Brazil. The BOD analysis was performed using the NTS 003 standard, and the BOD loads were monitored from July 2, 2018 to September 3, 2018, with weekly sample withdrawals. The study allowed to evaluate that the removal of the parameter was  $70 \text{ mg.L}^{-1}$ , with which a purification efficiency of 61.43% was shown.

**Keywords:** Lake, Alternative treatment, water resource, environment.

## **INTRODUÇÃO**

Para pesquisadores como ALBANO (2014) ao se estudar a distribuição hídrica no planeta deve-se levar em conta que a distribuição das reservas de água no planeta não heterogêneas. Ao se avaliar no continente europeu, 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. Por sua vez, quando se pensa no 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% (ONU, 2012).

O relatório anual da ONU (2012) relata que a demanda de água acelera a deterioração de seus recursos hídricos. Ao se avaliar em demais regiões continentais como a Ásia e o Pacífico, observa-se que embora abriguem 60% da população do mundo, a distribuição dos recursos hídricos está em apenas 36% das reservas superficiais de água.

De acordo com o relatório da ONU (2012), 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. As observações do relatório da ONU (2012) afirmam que no Oriente Médio, pelo menos doze países sofrem de escassez completa de água. Já na América Latina, a taxa de extração de água no século XX foi duplicada, devido ao crescimento demográfico e à alta da atividade industrial.

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.

As lagoas de estabilização (denominadas também por lagoas facultativas) 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.

As lagoas facultativas têm sido largamente utilizadas, somente no Brasil elas estão presentes em 375 localidades (PERÍGOLO 2004). Entretanto, o que se tem verificado é que a forma de dimensionamento e o entendimento do processo ainda têm muito a serem estudados.

O primeiro fator, dimensionamento, tem sido na maioria das vezes executado por métodos empíricos. São muitos os métodos propostos, mas quando seus resultados são comparados, grandes variações são encontradas (PERÍGOLO 2004).

Para autores como PERÍGOLO (2004) ao se analisar o processo interno das lagoas, observa-se que o processo de depuração do efluente enfrenta problemas relacionados a variáveis como a taxa de tempo de detenção hidráulico ( $\theta_H$ ) e o volume máximo de projeto das lagoas. Isso ocorre, porque ocasiona numa demora

no processo de estabilização da carga de matéria orgânica desenvolvido no interior da lagoa.

A proposta dessa pesquisa foi estudar por 3 meses o comportamento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em uma lagoa facultativa localizada no município de Itirapuã. Para tanto foi utilizada a norma NTS 003 da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e coletas semanais do local.

### **Processo de Tratamento - Lagoas Facultativas**

A aplicação de lagoas facultativas 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 facultativas apresentam cor esverdeada.

### **Os principais tipos de algas em lagoas de estabilização**

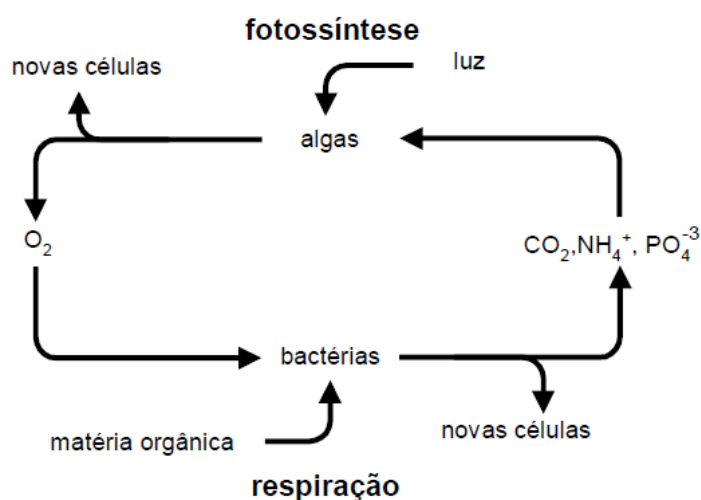
Segundo VON SPERLING (1996) os principais tipos de algas formadas são classificadas pela ordem abaixo:

- ✓ Algas verdes ou clorofíceas: gêneros *Chlamydomonas* (1), *Euglena* (2) e *Chlorella* (3). Os gêneros (1) e (2) são normalmente os primeiros a aparecer no meio líquido da lagoa, geralmente sendo predominantes nos períodos

frios, sendo que *Euglena* (2) também adaptam-se a outras condições climáticas;

- ✓ Algas azuis ou cianofíceas: gêneros *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Anacystis* e *Anabaena*. Tais algas são típicas de situação com baixos valores de pH.

Segundo PERÍGOLO (2004), na zona aeróbia, microorganismos utilizam o oxigênio produzido pelas algas através da fotossíntese, e as algas por sua vez utilizam o  $\text{CO}_2$ , resultante da respiração desses microorganismos, para realizarem fotossíntese. Isso caracteriza um processo de simbiose entre as algas e as bactérias (Figura 1).



**Figura 1** - Relação de SIMBIOSE entre as algas e bactérias (PERÍGOLO 2004).

As observações realizadas por PERÍGOLO (2004) mostraram que 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 microorganismos, 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.

CAMPOS (2013) relata que 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 microorganismos 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 microorganismos 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.

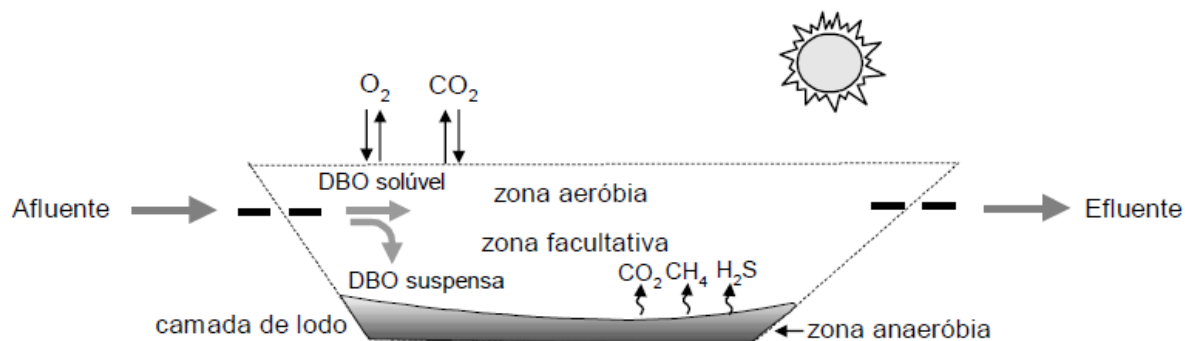
Um ponto abordado por CAMPOS (2013) relatou que o material suporte que forma o lodo de fundo de lagoas facultativas, degradado anaerobicamente, converte-se lentamente em gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), gás metano ( $\text{CH}_4$ ) 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  $\text{H}_2\text{S}$  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 (CAMPOS, 2013).

Assim, com base em conclusões de VON SPERLING (1996), a lagoa facultativa 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. Já a matéria orgânica particulada tende a sedimentar, formando o lodo de fundo, que degrada (PERÍGOLO 2004).

O processo de tratamento das lagoas facultativas pode ser visualizado na Figura 2, a seguir, extraído de VON SPERLING (1996).



**Figura 2** - Esquema simplificado de uma lagoa facultativa (VON SPERLING, 1996)

Segundo PERÍGOLO (2004) os fatores que interferem no processo de tratamento das lagoas facultativas 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** - Principais 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 facultativas 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).

Fatores climáticos (externos) influenciam sobremaneira no processo de tratamento uma vez que afetam o processo de fotossíntese (internos). Para se correlacionar a fotossíntese com o clima, devem-se incluir todos os fatores pertinentes. De uma forma geral, o aumento da temperatura correlaciona-se positivamente com o aumento da produção fotossintética, e, por conseguinte com o aumento do teor de oxigênio (PERÍGOLO, 2004).

PERÍGOLO (2004) mostrou ainda que quando a temperatura está alta com incidência de radiação solar excessiva, pode haver a inibição da capacidade de fotossíntese das algas uma vez que tal incidência de radiação é prejudicial. Nesses casos, o aumento da temperatura pode não resultar em maiores concentrações de oxigênio dissolvido no efluente líquido.

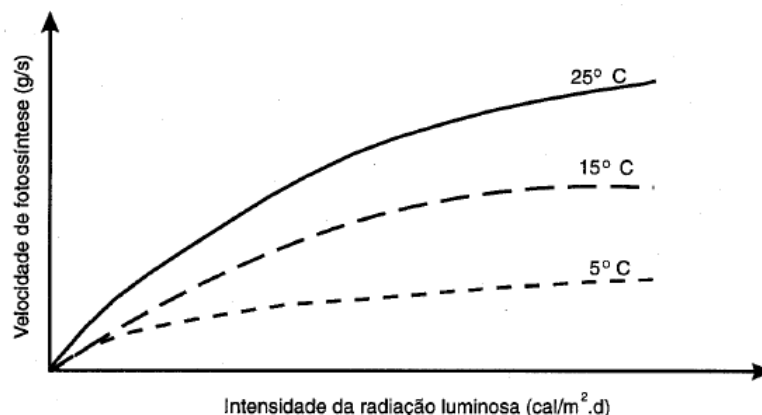
As algas distribuem-se ao longo da profundidade de acordo com a intensidade luminosa, sendo, portanto em maior número na camada superficial, e diminuindo com a profundidade da lagoa. A radiação solar excessiva pode desencadear a migração das algas (unicelulares) na massa líquida e assim influenciar a qualidade do efluente (PERÍGOLO, 2004).

Outros fatores podem também alterar a qualidade dos efluentes, entre eles a localização, temperatura, carga aplicada e às variações diárias de tempo (manhã, tarde e noite). Por seu papel fundamental no processo de degradação da matéria orgânica nas lagoas, pode-se dizer que a qualidade do efluente está atribuída às algas (PERÍGOLO, 2004).

Uma tendência atual é relacionar os fatores climáticos à produtividade de algas, na tentativa de expressar a eficiência do tratamento através da biomassa oriunda de algas (PERÍGOLO, 2004).

A influência da temperatura e da radiação luminosa na velocidade de fotossíntese é demonstrada na figura 3, apresentada a seguir.





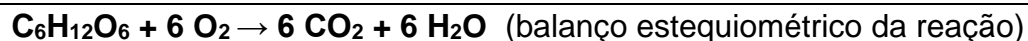
**Figura 3** - Influência da temperatura e da radiação luminosa na velocidade de fotossíntese.  
Fonte: VON SPERLING (1996).

A partir da figura 3, pode-se observar que a velocidade de fotossíntese gerada pelas algas ao redor da lagoa, tende a acelerar com o aumento da temperatura local. A ação térmica faz com que o processo de geração de fotossíntese cresça exponencialmente. O que reflete que em regiões de clima mais acentuado o processo de ativação das algas em lagoas seja mais acentuado.

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Conforme DIAS (2018) a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) corresponde à quantidade de oxigênio consumida por microrganismos presentes em certa amostra de efluente (como o esgoto doméstico e o industrial). Como esses microrganismos realizam a decomposição da matéria orgânica no meio aquático, saber a quantidade desse gás é uma forma efetiva de analisar o nível de poluição existente nesse meio.

Os microrganismos (bactérias aeróbias, por exemplo) atuam como catalisadores de reações de oxidação, nas quais os compostos orgânicos, juntamente ao gás oxigênio, são transformados em novos compostos. Como exemplo, a oxidação da glicose leva à produção de gás carbônico e água, como se pode observar na reação química abaixo:



Os compostos orgânicos que são oxidados na natureza são constituídos principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de nitrogênio, fósforo, enxofre. A principal fonte de substâncias orgânicas encontradas nos rios e mares é o esgoto, no qual encontramos carboidratos, proteínas e óleos (DIAS, 2018).

A decomposição biológica gera a Demanda Bioquímica de Oxigênio, e isso tem uma função fundamental no meio ambiente, pois a degradação da matéria orgânica devolve à natureza seus elementos e substâncias. Entretanto, como a grande maioria das cidades lança seu esgoto em rios, é importante haver um equilíbrio na DBO desses efluentes, que pode ser, segundo DIAS (2018), conseguido da seguinte forma:

- Deve-se preocupar com a relação entre a vazão de água e a quantidade de esgoto lançada; e
- Intensificar a aeração, isto é, a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é utilizada para determinar o nível de poluição das águas. Consideram-se poluídas as águas que apresentam uma baixa concentração de oxigênio dissolvido, portanto, com alta DBO, já que essa substância é utilizada na decomposição de compostos orgânicos (DIAS, 2018).

As águas não poluídas ou limpas, por sua vez, têm elevadas concentrações de oxigênio dissolvido, baixa DBO, beirando o ponto de saturação (DIAS, 2018).

Em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), a DBO é um parâmetro utilizado para verificar a eficiência na decomposição de matéria orgânica, pois, se a DBO está elevada, quer dizer que a matéria orgânica está sendo consumida. De acordo com a legislação, a DBO máxima no esgoto deve ser de  $60 \text{ mg.L}^{-1}$  (DIAS, 2018).

Assim, de uma forma geral, a demanda bioquímica de oxigênio atua como um indicador de poluição das águas. Quanto maior a quantidade de efluentes lançados em um curso de água, maior será a quantidade de matéria orgânica, o que favorecerá um grande consumo de gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) por parte dos microrganismos, elevando a DBO e prejudicando os seres vivos aeróbios. Isso porque, ao elevar a DBO, os seres vivos anaeróbios passam a realizar a reação de oxidação dos

compostos orgânicos, o que leva à produção de substâncias de odor desagradável, como o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) (DIAS, 2018).

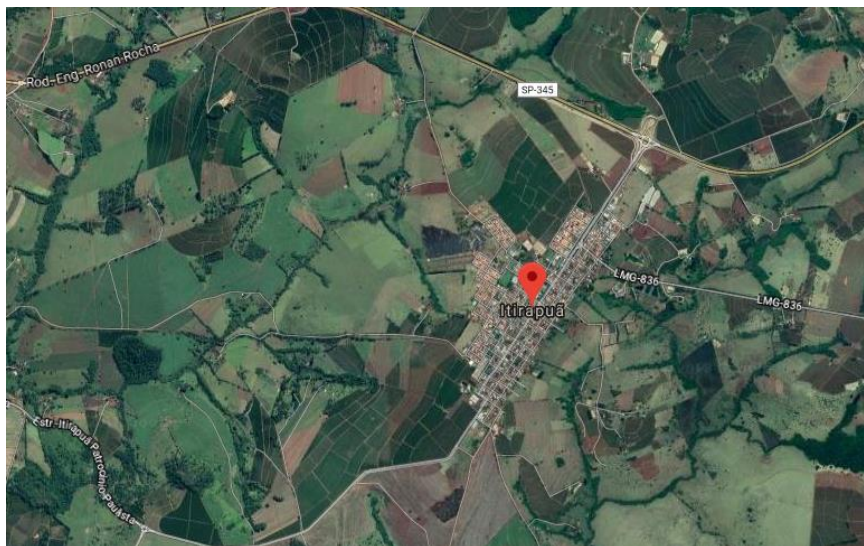
## MATERIAL E MÉTODO

### Estudo de Caso

A presente pesquisa avaliou por um período de 3 meses com coletas semanais o comportamento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em uma lagoa facultativa localizada no município de Itirapuã, São Paulo, Brasil.

O estudo ocorreu no período de 02 de julho a 03 de setembro de 2018, com retiradas de amostras de entrada (afluente) antes da passagem na lagoa anaeróbica e saída na lagoa secundária (efluente). Dessa forma, pela diferença do balanço avaliar o grau de depuração na concentração de DBO.

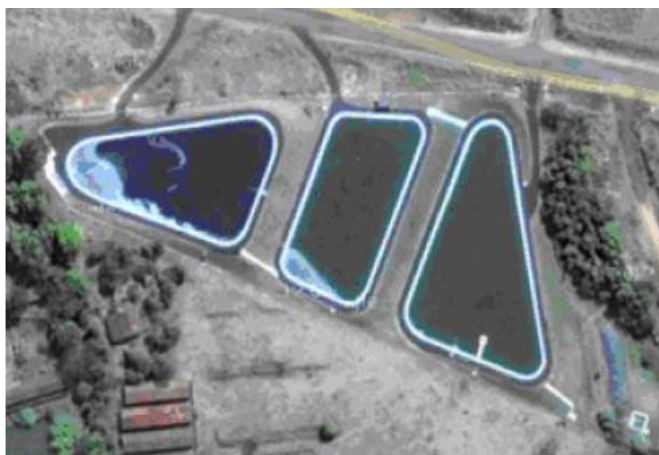
A figura 4 apresentada a localidade de estudo onde possui um sistema de tratamento de efluentes (ETE) administrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) com apoio da prefeitura de Itirapuã.



**Figura 4** – Localidade da pesquisa científica. Fonte: Google maps.

O sistema adotado é o por lagoa facultativa, na qual 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. Ou seja, a pior classe para corpos d'água, uma vez que tal mensuração varia de 1 até 4, apenas.

O sistema de tratamento tem a possibilidade de tratamento de uma vazão 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). A figura 5 apresenta uma visão aérea do local.



**Figura 5** – Sistema de Lagoa Facultativa (ALBANO, 2014)

A Estação de Tratamento de Esgoto de Itirapuã teve início de suas operações em 1988 e apesar de poder operar em situação de máxima efetividade na ordem de 1.149,12 metros cúbicos diários. O sistema tem operado 73,68% de sua capacidade, o que leva a uma vazão diária de 846,72 metros cúbicos.

O processo de tratamento tem seu escoamento facilitado pela gravidade, não necessitando sistemas de retroalimentação. No sistema de lagoa facultativa o período de estabilização do lodo, definido pelo tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) é de 12,5 dias, para a vazão diária escolhida para operação assim permitindo que a estabilização lodal ocorra rápido. Vale a pena lembrar que um ponto negativo da utilização de lagoas facultativas é exatamente o elevado tempo de detenção hidráulico quando comparado a outros sistemas alternativos de tratamento de esgoto.

Um ponto importante no sistema é o fato de utilizando apenas 73,68% de sua capacidade não ocorrem riscos de acumulação de lodo que possam inibir o processo de tratamento e desacelerar o processo químico de degradação da biomassa contida no lodo do efluente.

## Caracterização do Complexo de Lagoa - Itirapuã

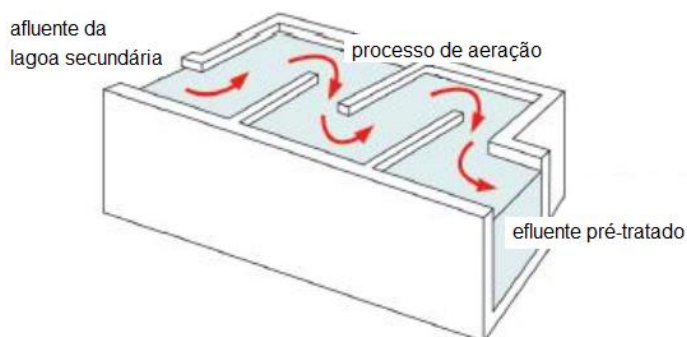
O sistema de lagoa facultativa como foi salientado anteriormente é formado de três lagoas individuais. A primeira lagoa funciona como um sistema anaeróbico para processo anóxico, seguido de duas lagoas facultativas propriamente ditas.

As características de cada lagoa são descritas a seguir, com o auxílio da tabela 2.

**Tabela 2** – Caracterização do conjunto de Lagoa Facultativa. (Fonte: P.M.Itirapuã 2011)

	Lagoa Anaeróbica	Lagoa Facultativa primária	Lagoa Facultativa secundária
Área superficial (A)	3.000 m <sup>2</sup>	2.560 m <sup>2</sup>	3.160 m <sup>2</sup>
Volume efetivo (V)	5.580 m <sup>3</sup>	3.830 m <sup>3</sup>	4.960 m <sup>3</sup>
Profundidade (h)	2,80 m	1,80 m	1,80 m
Tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ )	4,9 d	3,3 d	4,3 d
Vazão de projeto ( $Q_p$ )	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>
Vazão demanda ( $Q_d$ )	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 6.



**Figura 6** – Tanque de contato com chicanas horizontais

A partir do volume do tanque de contato ( $V_{tc}$ ) e da vazão de demanda ( $Q_d$ ), pode-se definir que o tempo médio de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) do sistema a partir da equação 1:

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

**Equação 1** (PORTO, 1999)

Para o sistema de tanque de contato o tempo de detenção hidráulico estimado foi de 0,034 d. Tal tempo de detenção hidráulico ao se converter para minutos pelo processo de conversão métrica apresentou um valor de 49 minutos. Ou seja, reflete que em menos de uma hora ocorre a estabilização lodal.

### **Norma NTS 003**

Para o processo de análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi utilizado à metodologia desenvolvida pela SABESP, a partir da Norma NTS 003 para análise de DBO.

O método de análise descrito na norma NTS 003 é referente à DBO com período de incubação de 5 dias e na temperatura específica de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , muito utilizada na nomenclatura como **DBO<sub>5,20</sub>**.

Ao realizar o teste, as amostras devem ser protegidas do ar de modo a prevenir a reoxidação na medida em que o nível de oxigênio dissolvido diminuir. Além disso, por causa da limitada solubilidade do oxigênio na água, efluentes concentrados podem ser diluídos para níveis de demanda que não esgotem todo o oxigênio dissolvido da amostra.

Por ser considerado um procedimento de bioensaio, é extremamente importante que as condições ambientais durante todo o teste sejam favoráveis para os organismos vivos. Isto significa que o teste deve ser isento de substâncias tóxicas e que devam estar presentes todos os nutrientes necessários para o crescimento bacteriano, tais como, nitrogênio, fósforo e concentrações traços de certos elementos. Portanto é importante que uma população de organismos, comumente chamada de “semente”, esteja presente no teste.

O teste de DBO<sub>5,20</sub> pode ser considerado um procedimento de oxidação em meio líquido no qual os organismos vivos servem como meio para oxidar a matéria orgânica em dióxido de carbono e água.

Através desta oxidação, é possível interpretar o dado de DBO em termos de matéria orgânica, assim como a quantidade de oxigênio consumido durante a

oxidação. Este conceito é fundamental para entender a taxa na qual a DBO é exercida. As reações de oxidação envolvidas no teste de DBO são resultantes da atividade biológica e a taxa na quais estas ocorre são governadas preponderantemente pela população de microrganismos pela temperatura.

Os efeitos de temperatura são mantidos constantes em 20°C, que é, de maneira aproximada, a temperatura média dos cursos d'água.

### **Metodologia de preparação do ensaio químico**

O procedimento de ensaio necessita de compostos com alto grau de pureza (p.a.) para não haver divergência da análise. Sendo assim foi utilizada a seguinte lista de reagentes:

- Fosfato monobásico de potássio,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;
- Fosfato dibásico de potássio,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  p.a.;
- Fosfato dibásico de sódio heptahidratado,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  p.a.;
- Sulfato de magnésio heptahidratado,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Cloreto de cálcio,  $\text{CaCl}_2$  anidro p.a.;
- Cloreto férrico hexahidratado  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$  p.a.;
- Ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado p.a.;
- Sulfito de sódio p.a.,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;
- Inibidor de nitrificação 2-cloro-6 (tricloro-metil) piridina, p.a.;
- Dicromato de potássio p.a.,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ : secando a 103°C por 2 horas;
- Hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$  p.a.;
- Ácido glutâmico  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$  p.a., seco previamente a 103°C por 1 hora;
- Glicose p.a.,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , com secagem a 103°C por 1 hora.

Com os reagentes tomou-se o cuidado de dissolver 8,5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  p.a., com 21,75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  p.a. Adicionando-se 33,4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e 1,7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  p.a. em aproximadamente 500 mL de água deionizada e dilui-se em 1000

mL. O pH da solução foi ajustado em 7,2; em seguida armazenou-se a solução em frasco âmbar; onde se dissolveu 22,5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 mL, armazenando em frasco âmbar. Posteriormente dissolveu-se 27,5 g de  $\text{CaCl}_2$  anidro p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 mL.

O procedimento continuou dissolvendo-se 0,25 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  em água deionizada e diluiu-se a 1000 mL, sendo armazenado em frasco âmbar. Dissolveu-se ainda 40 g de  $\text{NaOH}$  p.a. em água deionizada isenta de  $\text{CO}_2$  e diluir a 1000 mL, armazenando-se em frasco plástico opaco. O  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado p.a. foi diluindo num volume de 28 mL com água deionizada em 1000 mL e armazenado em frasco âmbar.

Uma massa de 1,575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  é dissolvida posteriormente a 1000 mL de água deionizada. Pelo fato dessa solução ser instável foi necessária a preparação diária da mesma.

Com a preparação adequada dos compostos reagentes, introduziu-se um volume de água desmineralizada num frasco de Mariot. Adicionou-se 1 mL de cada solução por litro de água, na seguinte sequência de ensaio: tampão de fosfatos, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico. Deixou-se aerando durante tempo suficiente, para que a concentração de oxigênio dissolvido (OD) fosse saturação. Após este período, desligou-se o aerador e aguardou-se por 30 minutos.

Em seguida 150 mg de  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$  p.a. foram adicionados a 150 mg de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  p.a. e diluiu-se a 1000 mL. A solução foi distribuída em frascos de diluição de leite até a marca de aferição e autoclavado a  $120^\circ \text{C}$  por 30 minutos. Mantiveram-se esses frascos graduados no escuro.

As amostras para determinação de DBO foram coletadas em frasco de vidro. Onde o volume necessário foi de 2000 mL. Homogeneizou-se a amostra e retirou-se uma porção em um béquer de 1000 mL; onde se acertou o pH com solução de ácido sulfúrico 0,5 M. Separaram-se os frascos de DBO, identificando-os sequencialmente de acordo com o seu conteúdo. Como foi utilizado o método do oxímetro, para medição de oxigênio, foram utilizados 5 frascos, sendo 4 para amostras e 1 para controle.

Os frascos foram preparados seguindo-se a sequência abaixo:  
INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.6, JAN-DEZ, 2018 - pág. 300-319



- Frasco 1 ( $f_1$ ): V1 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 2 ( $f_2$ ): V2 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 3 ( $f_3$ ): V3 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 4 ( $f_4$ ): V4 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco do branco ( $f_b$ ): preenche-se o frasco com água de diluição;

Os frascos foram tampados e completados com água deionizada, selados e levados à incubadora. Onde após 5 dias foram retirados da incubadora e mensurou-se a concentração de OD final.

### Cálculo dos padrões

Os padrões após toda a preparação sem medidos a partir da determinação das equações descritas abaixo:

$$DBO = \frac{OD_{inicial} - OD_{final}}{p} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$f_n$  = frasco da amostra com as diluições (n de 1 a 4)  
 $p$  = fração volumétrica decimal da amostra

Sendo ainda que a função “p” descrita na equação 2 é determinada pela relação abordada na equação 3, abaixo:

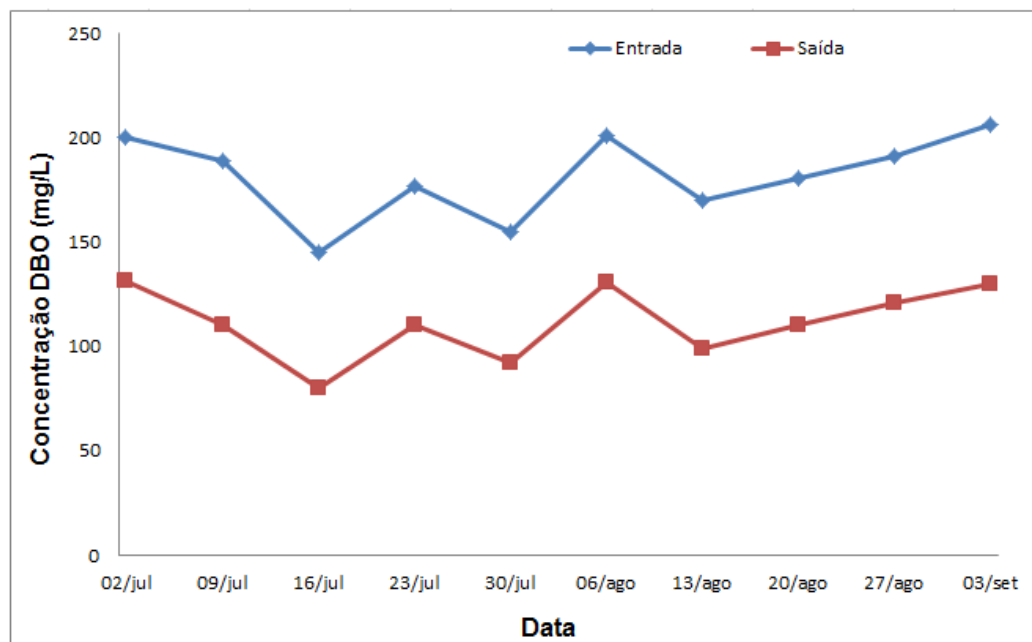
$$p = \frac{\text{volume (ml) da amostra introduzida no frasco de DBO}}{\text{volume (ml) do frasco de DBO}} \quad \text{Equação 3}$$

### Análise e Discussão dos Resultados

O processo de análise é realizado de modo lento, para que se tenha a real concentração de DBO para as amostras. Tal necessidade se faz para que não haja falsos valores pela ação aeróbica.

As 20 amostras levantadas durante o período de 10 semanas permitiram a confecção gráfica das concentrações afluente e efluente, representadas pela figura 7.

A figura 7 apresenta o comportamento gráfico das amostras ao longo do período de estudo.



**Figura 7** – Comportamento gráfico para as concentrações de DBO (mg.L<sup>-1</sup>)

A figura 7 revela que a concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para o sistema na entrada (afluente) foi em torno de 200 mg.L<sup>-1</sup>, sendo um valor referente ao próprio Ribeirão Capanema. O que mostra uma elevada carga de DBO para as águas do rio.

Ao se comparar com as concentrações de saída (efluente) os valores foram inferiores a 150 mg.L<sup>-1</sup>.

Mostrou que o sistema de lagoa facultativa promoveu uma melhora na qualidade do parâmetro biológico representado pela demanda bioquímica de oxigênio.

Se analisar-se os valores reais de concentrações pela tabela 3, pode-se notar a relação de remoção por semana de estudo.

**Tabela 3** – Concentrações efetivas de amostras e quantidade depurada em 2018.

Data	Entrada (mg.L <sup>-1</sup> )	Saída (mg.L <sup>-1</sup> )	Fator Absorção (mg.L <sup>-1</sup> )
02/jul	200	131,5	68,5
09/jul	189	110,5	78,5
16/jul	145	80	65

23/jul	177	110	67
30/jul	155	92	63
06/ago	201	131	70
13/ago	170	99	71
20/ago	181	110	71
27/ago	191	121	70
03/set	206	130	76
<b>Média do período</b>	<b>181,5</b>	<b>111,5</b>	<b>70</b>

Pela tabela 3 pode-se notar que a remoção média durante o período de estudo foi de 70 mg.L<sup>-1</sup>. Essa concentração de DBO ficou compartimentada no interior do sistema constituído de lagoa facultativa.

Se analisar-se o percentual de eficiência do sistema tem-se que o desempenho ficou em 61,43%.

O sistema possui ainda um dosador clorado para realizar desinfecção complementar, ocorre que não foi o foco principal de análise, mas pode-se presumir que tende a recrudescer ainda mais a remoção de DBO.

### **Considerações Finais**

O sistema de lagoa facultativa mostrou-se um sistema de grande relevância, uma vez que propiciou uma depuração grande no efluente oriundo do Ribeirão Capanema.

Trata-se de uma importante ferramenta para melhoria dos recursos hídricos e de grande serventia ambiental.

O ponto negativo da adoção em larga escala de lagoas facultativas está na área útil necessária para implantação, bem como o elevado tempo de espera para a estabilização do efluente, medida a partir do tempo de detenção hidráulico.

A melhora na qualidade da água de saída (efluente) garante uma melhora nos padrões de qualidade de água do ribeirão Capanema, promovendo assim uma recuperação do rio e uma melhora na classificação hídrica a partir da norma do CONAMA nº 357.

## Referências Bibliográficas

ALBANO, P. V. **Utilização de ácido tricloroisocianúrico (ATCI) na desinfecção de efluente sanitário de lagoa facultativa: avaliação da formação de trialometanos (TAMs)**. 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.

CAMPOS, J.A. **Desinfecção de Efluente de Lagoa de Estabilização com Ácido tricloroisocianúrico (ATCI) em Pastilhas: Avaliação da Remoção de Coliformes**. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2013.

DIAS, D. L. **Demanda Bioquímica de Oxigênio**. *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/demanda-bioquimica-oxigenio.htm>>. Acesso em 13 de outubro de 2018.

NTS 003 – **DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Método de Ensaio**. Norma Técnica Interna SABESP, 1997.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2012.

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.

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.