

# Poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água: impactos deste estudo no setor produtivo

**Novais, Filipe Ferreira; Scardini Marinho, Brenda Teixeira; Rosa Silva, Marina Ana; Oliveira, Fernanda Costa; Viana, Rosalina Dos Santos**

Poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água: impactos deste estudo no setor produtivo  
Research, Society and Development, vol. 8, núm. 5, 2019

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

**Disponível em:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560662196046>

**DOI:** <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i5.750>



Este trabalho está sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0.

# Poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água: impactos deste estudo no setor produtivo

Pollution by organic matter and autodepuration of water courses: impacts of this study in the production sector

Polución por materia orgánica y autodepuración de los cursos de agua: impactos de este estudio en el sector productivo

Filipe Ferreira Novais filipeferreiranovais@gmail.com  
Universidade Federal de Itajubá - Campus de Itabira, Brasil

 <http://orcid.org/0000-0002-2499-0390>

Brenda Teixeira Scardini Marinho

[brenda.scardini@hotmail.com](mailto:brenda.scardini@hotmail.com)

Universidade Federal de Itajubá - Campus de Itabira, Brasil

 <http://orcid.org/0000-0001-7452-151X>

Marina Ana Rosa Silva marina.rosa20@hotmail.com  
Universidade Federal de Itajubá - Campus de Itabira, Brasil

 <http://orcid.org/0000-0002-1111-1422>

Fernanda Costa Oliveira fcoliveira.unifei@gmail.com  
Universidade Federal de Itajubá - Campus de Itabira, Brasil

 <http://orcid.org/0000-0002-7695-8624>

Rosalina Dos Santos Viana rosavianna680@gmail.com  
Universidade Federal de Itajubá - Campus de Itabira, Brasil

 <http://orcid.org/0000-0001-8598-1407>

Research, Society and Development, vol. 8, núm. 5, 2019

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

Recepção: 12 Novembro 2018

Revised: 20 Novembro 2018

Aprovação: 06 Março 2019

Publicado: 06 Março 2019

DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i5.750>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560662196046>

**Resumo:** Atualmente, o cenário competitivo organizacional exige das empresas a melhor utilização de seus recursos, assim como a otimização constante dos processos que permeiam suas atividades. Além disso, temas como sustentabilidade e responsabilidade ambiental estão cada vez mais presentes na indústria, se transformando, inclusive, em mais uma ferramenta para o aprimoramento dos processos. Analisando a produção por essa ótica, este artigo propõe uma discussão sobre a aplicabilidade dos estudos da poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água, utilizando de conhecimentos matemáticos, pelo modelo de Streeter-Phelps, para validação dos resultados e projeção da inserção deste estudo no ramo de reaproveitamento de água, por estações de tratamento, com a finalidade de eliminação de desperdícios e otimização da produção.

**Palavras-chave:** Engenharia de Produção, Economia Ambiental, Engenharia Ambiental, Cursos d'água, Autodepuração.

**Abstract:** The current organizational competitive landscape requires companies to make better use of their resources, as well as constantly optimizing the processes that permeate their activities. In addition, issues such as sustainability and environmental responsibility are increasingly present in the industry, becoming even more a tool for process improvement. Analyzing the production from this point of view, this article proposes a discussion about the applicability of studies on organic matter pollution and autodepuration of water courses, using mathematical knowledge, by the Streeter-Phelps model, for validation of the results and projection of the insertion of this study in the

field of reuse of water by treatment plants, with the purpose of eliminating waste and optimizing production.

**Keywords:** Production Engineering, Environmental Economics, Environmental Engineering, Water Courses, Autodepuration.

**Resumen:** Actualmente, el escenario competitivo organizacional exige de las empresas la mejor utilización de sus recursos, así como la optimización constante de los procesos que permean sus actividades. Además, temas como sostenibilidad y responsabilidad ambiental están cada vez más presentes en la industria, transformándose, incluso, en otra herramienta para el perfeccionamiento de los procesos. En este artículo se propone una discusión sobre la aplicabilidad de los estudios de la contaminación por materia orgánica y autodepuración de los cursos de agua, utilizando de conocimientos matemáticos, por el modelo de Streeter-Phelps, para validación de los resultados y proyección de la inserción de este estudio en el ramo de reaprovechamiento de agua, por estaciones de tratamiento, con la finalidad de eliminación de desperdicios y optimización de la producción..

**Palabras clave:** Ingeniería de Producción, Economía Ambiental, Ingeniería Ambiental, Cursos de agua, Autodepuración.

## 1. Introdução

O Cálculo Diferencial Integral está presente nas diversas áreas da engenharia, possuindo multifuncionalidades. A partir de suas derivações e integrais é possível determinar diversos fatores que poderão ser usados durante o desenvolvimento de um projeto, como a área abaixo da curva de um gráfico, variação da velocidade, entre outros objetos de estudo. Na Engenharia Ambiental, por exemplo, usando as derivadas parciais, é possível indicar a quantidade de oxigênio dissolvido em um curso d'água e sua variação ao longo do tempo.

A taxa de introdução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície, depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal que, por sua vez, apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa, onde pode ser observado que há total relação com a velocidade das águas a serem estudadas.

O lançamento pontual de esgotos em cursos d'água afeta a qualidade dos mesmos. Por esse motivo, vemos a necessidade da aplicação do cálculo de oxigênio dissolvido em relação ao tempo, e o percurso do rio para prever o que vai acontecer e as medidas que a serem tomadas.

Com isso, os resultados serão avaliados pela ótica da Engenharia de Produção a fim de usá-los para aprimorar os processos industriais. O estudo poderá nortear as indústrias nos processos de tratamento de esgoto e reaproveitamento de água, auxiliando em uma produção mais limpa, ou seja, diminuindo custos e otimizando a produção, levando em consideração a viabilidade do processo e todo o aspecto econômico-industrial descrito pelo fluxograma da organização industrial.

## 2. Aplicabilidade do cálculo à engenharia

Na Engenharia busca-se ter o menor custo e tempo na construção, além do melhor uso dos materiais, ou seja, encontrar um desempenho de usos

máximos e desperdícios mínimos, com as suas devidas taxas de variações. Por meio do cálculo diferencial integral que se determina estes fatores, sendo ele indispensável para um engenheiro, no presente estudo, será apresentado sua aplicação em derivadas parciais para determinação de variação de oxigênio em um curso de água e sua respectiva área.

### 2.1 Modelo de Streeter-Phelps

Segundo Sperling (2014), o modelo de Streeter-Phelps pode ser aplicado para qualquer substância presente nos efluentes, controlando os parâmetros K para cada. Como o exemplo da relação de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD), as equações são apresentadas da seguinte forma:

$$\frac{\partial L}{\partial t} + u \frac{\partial L}{\partial x} + L \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AE \frac{\partial L}{\partial x}) - Kd L + SD \quad (I)$$

[• Equação de DBO:]

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + C \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (AE \frac{\partial C}{\partial x}) - Kd L + KS (Cs-C) \quad (II)$$

onde,

Kd é o coeficiente de desoxigenação, em T-1;

SD taxa de lançamento difuso, se houver, em mg/L por segundo;

KS é o coeficiente de reaeração, em T-1;

C é o coeficiente de OD, em mg/L;

CS é o coeficiente de saturação do Oxigênio Saturado;

u é a velocidade longitudinal do escoamento em m/s;

A é a área de seção transversal do rio considerado, em m<sup>2</sup>;

E é o coeficiente de dispersão longitudinal em m<sup>2</sup>/s;

L é a concentração da DBO, em mg/L.

[• Equação de OD:]

O lançamento de efluentes em cursos d'água causa diversos impactos na biota local, culminando em um decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido. Este decréscimo está ligado ao DBO, que é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica, como mostrado no livro “Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos” de Marcos Von Sperling (2014), matematicamente, relacionando o avanço do consumo de oxigênio ao longo do tempo.

As equações apresentadas neste livro foram estabelecidas pelos pesquisadores Streeter e Phelps em 1925, que propiciou grande impulso para o entendimento do fenômeno de autodepuração em águas receptoras de cargas poluentes (ANDRADE, 2010), onde foram considerados somente o consumo e a produção de OD. Também foram definidos que a difusão advectiva é nula, que a dispersão longitudinal é instantânea, e que o escoamento do rio é permanente. Para os estudos nessas condições, as equações (I) e (II) foram reescritas, de tal forma que:

$$\frac{\partial L}{\partial t} = -K_d L \quad (1)$$

Onde  $K_d$  é a constante de remoção da DBO no rio ( $\text{dia}^{-1}$ ),  $t$  o tempo contado em dias e  $L$  a concentração de DBO remanescente ( $\text{mg/L}$ ). Esta equação representa a carga pontual lançada na origem do rio. Isso quer dizer que a taxa de decomposição da matéria orgânica é proporcional a mesma em um dado período de tempo.

Andrade (2010) explana que “o consumo de oxigênio dissolvido (OD) no meio líquido ocorre simultaneamente à reação de reoxigenação desse meio, na qual, por meio de reações exógenas, o oxigênio passa da atmosfera para a água.” A equação é da por:

$$\frac{\partial D}{\partial t} = -K_s D \quad (2)$$

O autor ainda define que  $K_s$  sendo o coeficiente de reaeração, que é reposição natural de oxigênio dissolvido em corpos d'água ( $\text{dia}^{-1}$ ) e o  $D$  o déficit de oxigênio dissolvido, ou seja, a diferença entre a concentração de saturação e a concentração existente em um tempo  $t$  ( $\text{mg/l}$ ). Somando a equação 1 e 2, obtém-se a taxa de déficit de oxigênio dissolvido com tempo:

$$\frac{\partial D}{\partial t} = K_d L - K_s + D \quad (3)$$

Na equação 3 é possível compreender que tanto a concentração de DBO remanescente, quanto o déficit de oxigênio dissolvido são variantes em função do tempo decorrido. (ANDRADE, 2010).

## 2.2 Cálculo da área transversal

Os estudos para determinar a taxa de oxigênio dissolvido em um dado curso d'água podem ser bem complexos, visto que rios, lagos e afins não possuem uma superfície totalmente regular para que se possa fazer as

análises. Dado este problema, podemos analisar um curso delimitando uma região, criando um sistema fechado para estudo.

Assim, tornam-se aplicáveis alguns cálculos para que se possa analisar a área e o volume em uma dada zona de depuração e, por consequência, antever o comportamento de todo o processo de autodepuração da matéria orgânica. Como será tratado mais adiante, este tipo de estudo pode ser muito útil para previsão de prazos e custos de procedimentos para reutilização de águas residuais em indústrias de diversos tipos.

### 2.2.1 Importância do conhecimento da área

Devido a diferença de profundidade e formato em diferentes pontos de um determinado curso d'água, algumas adaptações se fazem necessárias para que se torne possível a análise em uma determinada região do mesmo. Analisando a área superficial dos cursos, diversas informações importantes podem ser extraídas.

Isto exposto, a utilização de uma integral dupla para explorar uma região em processo de autodepuração pode auxiliar no entendimento de diversas características das águas analisadas, assim, informações como qualidade da água, diversificação da taxa de OD e qualidade da biota existente podem ser extraídas mais facilmente correlacionado com a área correspondente do curso d'água.

### 2.2.2 Cálculo da área a partir da integral dupla

A área da seção transversal do rio poderá ser comparada a um cilindro cortado transversalmente e a partir da integral dupla será obtido a área da face desta cônea. O cálculo será dado por:

$$A = \int_0^{2\pi} \int_0^R r dr d\theta$$

onde,

R é a profundidade da zona determinada.

$$A = \int_0^{2\pi} \int_0^R r dr d\theta = \int_0^{2\pi} \frac{R^2}{2} d\theta = \frac{R^2}{2} \times 2\pi = \pi R^2$$

[• Resolução da integral:]

Um exemplo prático, o rio Tietê, localizado no estado de São Paulo, possui 1136 km de extensão total. Nos 15 km onde começa a ficar poluído, o rio apresenta 100 m de largura e 7 m de profundidade. Pode-se calcular a área deste trecho pela equação:

$$A = \int_0^{2\pi} \int_0^7 r dr d\theta = \int_0^{2\pi} \frac{R^2}{2} d\theta = \frac{7^2}{2} \times 2\pi = \pi 7^2 = 49\pi$$

Obtendo-se a função da área transversal (A) e substituindo por valores arbitrários, o resultado poderá ser utilizado no cálculo de OD e DBO e, consequentemente na taxa de déficit de oxigênio dissolvido com o tempo.

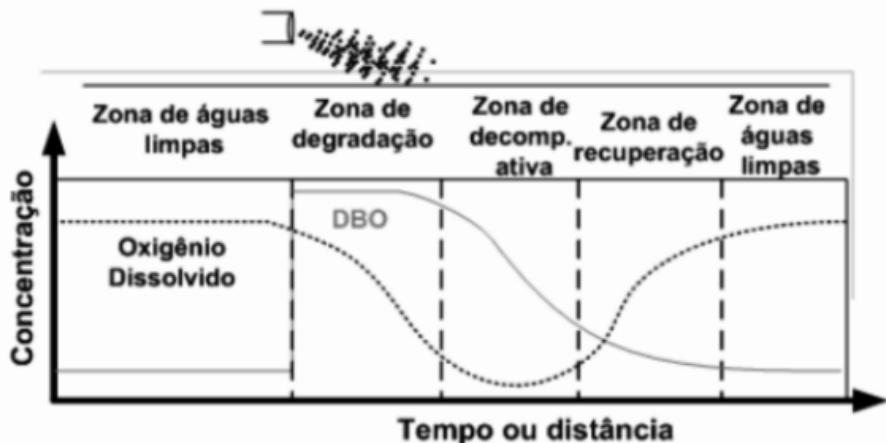
### 3. Referencial teórico

Para que seja possível alcançar os objetivos propostos pela pesquisa, diversas consultas foram realizadas para embasamento teórico. Para expor e organizar os conhecimentos adquiridos, uma revisão bibliográfica foi realizada sobre o assunto, onde os temas se subdividem, em autodepuração dos cursos d'água, qualidade e eficiência hídrica e análise de viabilidade econômica. Esses conceitos servirão como arcabouço teórico para a validação deste estudo.

#### 3.1 Autodepuração dos cursos d'água

No ambiente aquático, a matéria orgânica biodegradável existe naturalmente e tem origem em fontes como a decomposição da massa vegetal. Segundo Bárbara (2006), para que o equilíbrio do meio seja alcançado, os micro-organismos presentes nesse ambiente decompõe essa matéria e se feito em condições aeróbicas ocorrerá o consumo de oxigênio. Todo curso d'água é detentor de uma determinada capacidade de se depurar que é chamada de autodepuração.

O fenômeno de autodepuração, segundo Sperling (2014, p.135) “[...] está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes”. Os compostos orgânicos são parte integrante da autodepuração e são convertidos em gás carbônico e água, tornando-se compostos estáveis, que não são prejudiciais do ponto de vista ecológico.



**Figura 1:**  
Zonas de depuração  
Sperling (2014).

A autodepuração realiza-se por meio de processos químicos (oxidação), biológicos e físicos (diluição e sedimentação). Segundo Braga et al. (2005), a decomposição da matéria orgânica corresponde a um processo biológico integrante do processo de depuração. Essa matéria é consumida pelos decompositores aeróbios que transformam proteínas e gorduras em compostos como dióxido de carbono, amônia e aminoácidos.

### 3.2 Qualidade e eficiência hídrica

Dentre os efeitos relatados pelo estudo em questão, sobretudo acerca da taxa de variação de oxigênio dissolvido, a área de Engenharia de Produção fornece o material necessário para uma análise sobre a viabilidade de técnicas que possam mitigar os efeitos dos lançamentos de efluentes em um dado curso d'água, bem como a aplicação desses conhecimentos para a indústria.

De acordo com Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003), algumas medidas podem ser adotadas para monitoramento e controle da qualidade hídrica e eficiência em cursos d'água urbanos, dentre eles a implantação de um plano de monitoramento contínuo da qualidade da água dos cursos d'água; de estações hidrométricas para conhecimento adequado do regime de vazões dos córregos; a execução o tratamento do esgoto domiciliar e industrial, impedindo seu despejo in natura nos cursos d'água; Impedir o lançamento de esgoto clandestino humano ou animal nos cursos d'água; fiscalizar efetivamente os estabelecimentos que apresentam uso intenso de produtos químicos e que tem acesso direto aos córregos.

### 3.3 Análise de viabilidade econômica

O objetivo da análise de viabilidade econômica é verificar se os benefícios que são gerados com os investimentos irão suprir os custos com os mesmos. Deve-se observar segundo Hostenreiter (2013), se os custos

envolvidos na implantação, funcionamento e manutenção são viáveis ou não. Os custos devem ser analisados de forma minuciosa e detalhada para que se obtenha precisão nos resultados.

Neste estudo, a análise será feita comparando se os custos com o tratamento de efluentes nas próprias indústrias é viável. Para essa análise, é avaliado o tempo de retorno do dinheiro investido, os benefícios que esse processo trará para o meio ambiente e a sustentabilidade, visto que é um investimento de custo elevado.

### *3.4 Tratamento e aproveitamento de água no setor industrial*

Até este ponto, foram estudados parâmetros para análise da qualidade das águas e o processo de recuperação de um curso d'água, ao sofrer poluição por matéria orgânica. O próximo objetivo é demonstrar como esses estudos podem auxiliar nos processos industriais, minimizando desperdícios e contribuindo no reaproveitamento de água.

Com o aumento constante da população e a necessidade de se preocupar com as questões ambientais devido à qualidade da saúde humana e legislação, surgem as denominadas Estações de Tratamento, como os descritos a seguir.

- Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, que é a unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que por meio de processos físicos, químicos ou biológicos removem as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao ambiente o produto final, ou seja, o efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental;

- Estação de Tratamento de Água- ETA, que é um local onde é realizada a purificação da água captada de alguma fonte, para torná-la propícia para consumo e, assim, utilizá-la para abastecer uma determinada população. A captação da água bruta é feita em rios ou represas, que possam suprir a demanda por água da população e das indústrias abastecidas, levando em conta o ritmo de crescimento, antes que vá para o sistema de distribuição de água através de adutora.

Segundo Anze (2013), técnicas de redução de água e efluentes podem reduzir a demanda de água fresca e, como consequência, a geração de efluentes. O uso de tais técnicas, partidas dos estudos de desempenho das práticas de tratamento de água e esgoto, culminam para uma redução de gastos com a produção, otimizando e maximizando resultados pela eliminação de custos.

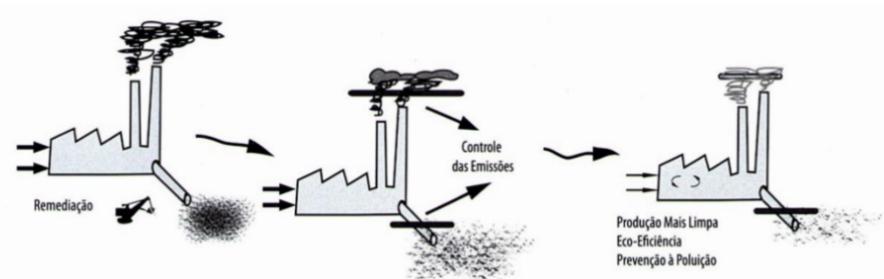
Dentre essas técnicas, encontram-se o reuso de água, onde a água de saída de alguns processos pode ser utilizada diretamente como corrente de entrada em outras operações, desde que o nível de contaminantes seja aceitável. Isso pode requerer que esta corrente seja misturada com água residual de outra operação e/ou água fresca.

O resultado é a redução de quantidade de água fresca necessária e de efluentes gerados, enquanto a carga final de contaminante não é afetada. Consiste também na regeneração, onde a água residual possa ser regenerada por meio de tratamento para remover os contaminantes, e assim evitar o seu reuso e reutilização em outras operações.

Consequentemente, a carga de contaminante de água/água residual é reduzida. Além disso, a água não pode ser utilizada no mesmo processo. Também podemos citar a regeneração com reciclo, onde a água residual pode ser regenerada para remover os contaminantes acumulados e, em seguida, ser reciclada. Neste caso, a água pode alimentar o processo em que foi utilizada anteriormente. (ANZE 2013).

As técnicas de reaproveitamento de matéria prima, assim como da redução de desperdícios, não é algo novo no cenário produtivo. Esses procedimentos, comumente chamados de produção enxuta ou produção mais limpa, consistem em uma técnica de melhoria contínua, cujo objetivo se foca em questões como eficiência, lucratividade e competitividade. A principal questão dessa metodologia de produção é a necessidade de desenvolver continuamente processos de produção, melhorando e otimizando o processo antigo. Neste cenário, a produção mais limpa se preocupa com processos isolados, nos quais materiais, como água e matéria prima, circulam o máximo possível dentro do processo antes do seu descarte. (GIANNETTI; ALMEIDA E BONILLA, 2007).

A figura 2 mostra como a utilização da produção mais limpa, associada a ecoeficiência e programas de prevenção de poluição, podem auxiliar nos processos econômicos e como há uma interação entre produtividade e responsabilidade social, emitindo menos efluentes e garantindo que os mesmos sejam menos danosos ao curso d'água para seu processo de autodepuração.



**Figura 2:**  
Algumas respostas do sistema industrial aos problemas ambientais  
Giannetti, Almeida e Bonilla (2007).

As ações acerca da preservação do meio ambiente têm modificado não apenas a imagem das empresas diante de seus consumidores, mas também a sua forma de produção e descarte de resíduos, muitas vezes influenciando diretamente as suas margens de lucro. Dessa forma, pode-se dizer que a Economia Ambiental, ou Economia do Meio Ambiente, deve ser encarada como uma arma competitiva, uma estratégia de desenvolvimento adotada pelas empresas que pretendem lançar-se ou mesmo permanecer atuantes no mercado. (COSTA, 2005).

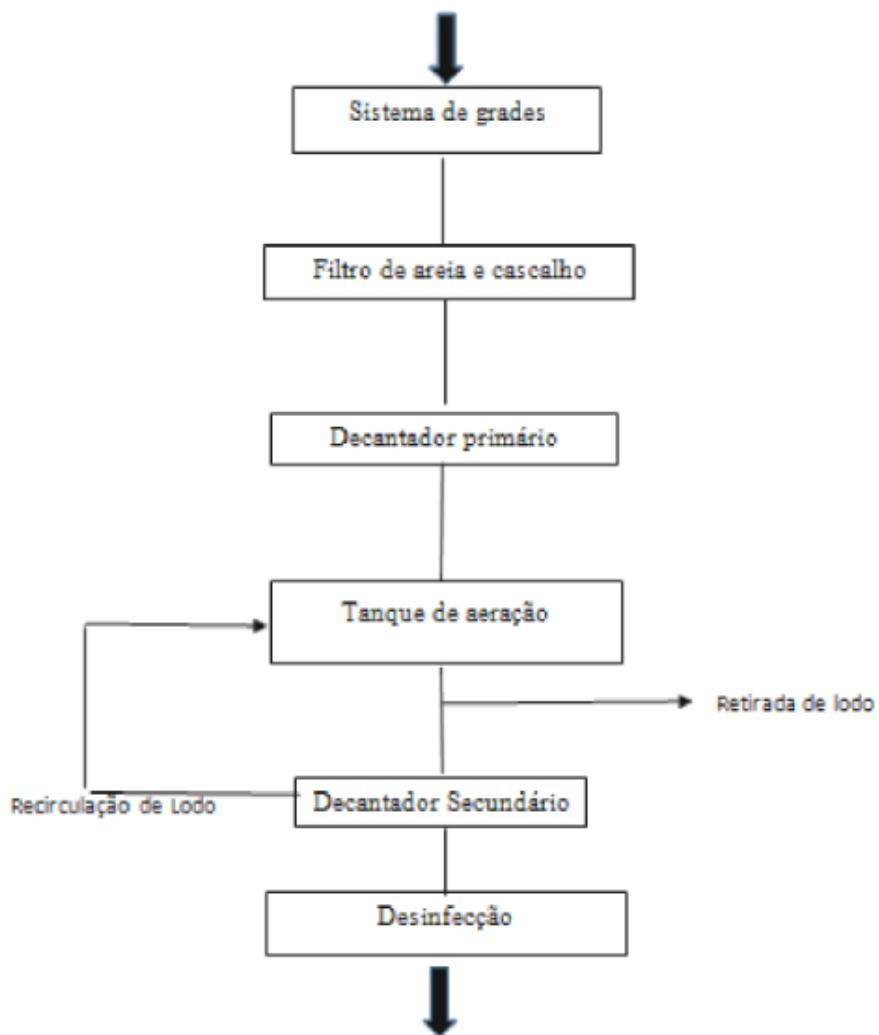
Por muito tempo, a preocupação com a geração de efluentes líquidos industriais não era levada em consideração nem os impactos que os mesmos traziam ao meio ambiente. Com a mudança da legislação e a preocupação com a sustentabilidade de algumas indústrias, o cenário mudou e as empresas desenvolveram formas para mitigar a geração dos

efluentes e diminuir os custos. Uma das maneiras encontradas foi a criação de estações de tratamento de esgoto dentro das próprias empresas, a fim de reduzir a utilização de água, bem como mitigar o descarte de poluentes em um curso d'água.

Empresas de diversos setores criaram um sistema de tratamento de esgoto e aproveitamento das águas. Um dos motivos que impulsionou esse tratamento foi a constante seca em diversos estados na região sudeste do Brasil e a possibilidade de reduzir gastos com contas de água.

A companhia de Águas e Esgoto de São Paulo (Sabesp) desenvolveu o projeto Aquapol, um projeto de água de reuso, desenvolvido em parceria com a iniciativa privada, onde são distribuídas águas de reuso para dez fábricas de diferentes ramos, como a Bridgestone, White Martins, Arconic e Braskem.

Segundo Kunz et al (2000), as técnicas de tratamento de efluentes, que são fundamentadas em processos de coagulação seguidos de separação por sedimentação ou flotação, apresentam eficiência na remoção do material particulado. Os processos biológicos utilizados com maior frequência são representados pelos sistemas de lodos ativados, que está representado na imagem abaixo. Esse processo consiste na agitação dos efluentes na presença do ar e micro-organismos durante o tempo necessária para floacular e metabolizar parte da matéria orgânica.



**Figura 3:**  
Esquema de uma estação de tratamento de efluentes utilizando lodo ativado, tipicamente empregada para tratamento de efluente têxtil  
Adaptado de Kunz (2000).

#### 4. Metodologia

O presente estudo consiste na revisão de literatura, onde foram consultados artigos, livros e demais materiais que abordavam o tema estudado. Além disso, foram utilizados manuais e diversas informações de artigos relacionados à autodepuração dos cursos d'água, fatores econômico-ambientais e de processos produtivos, ostensivos nas referências desta pesquisa. O trabalho também contou com a colaboração do professor/pesquisador Eduardo de Aguiar do Couto, especialista no assunto. Também foi consultado o livro ‘Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos Braga (BRAGA, 2005)’, como uma das bibliografias mais relevantes.

O embasamento utilizado para estudar o tema proposto foi o de pesquisa bibliográfica, que segue algumas etapas para facilitar a pesquisa e a obtenção de resultados. Gil (2002, p. 59) descreve as etapas desse tipo de

pesquisa como: escolha do tema, levantamento bibliográfico, formulação do problema, elaboração do plano provisório do assunto, busca das fontes e leitura do material, fichamento, organização lógica do assunto e redação do relatório. Ainda segundo este autor, as especificações de cada uma dessas etapas são:

Escolha do tema: deve estar estreitamente relacionado com os interesses do pesquisador, também é necessário dispor de bons conhecimentos na área de estudo além de ficar atento ao tamanho da pesquisa, para que a mesma possa ser realizada dentro do prazo e possa ser a mais detalhada possível.

O levantamento bibliográfico preliminar: trata-se de uma escolha preliminar básica de materiais para estudo, a fim de familiarizar o pesquisador com o tema e auxiliá-lo a criar uma problemática adequada. É um estudo ainda informal geralmente por meio de trabalhos de natureza teórica capazes de proporcionar explicações a respeito, bem como com pesquisas recentes que abordaram o assunto.

A formulação do problema: requer uma reflexão crítica acerca dos assuntos estudados. Deve ser apresentado de maneira clara, precisa e objetiva e possível de se solucionar.

A elaboração do plano provisório de assunto: etapa complexa, em que o pesquisador elabora um plano de assunto, que consiste na organização sistemática das diversas partes que compõem o objeto de estudo. Geralmente apresenta a forma de itens e subitens ordenados em seções correspondentes ao desenvolvimento que se pretende dar à pesquisa.

A busca das fontes e leitura do material: trata-se da procura e leitura dos materiais capazes de solucionar o problema proposto.

O fichamento: deve ser feito com cautela, apenas utilizando o essencial para o problema da pesquisa. Dentre as fichações mais importantes, encontram-se as referências dispostas nesta pesquisa conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 6023).

A organização lógica do assunto: esta etapa consiste na organização das idéias visando atender aos objetivos ou testar as hipóteses formuladas no início da pesquisa.

Por fim, a redação do relatório: Não há regras fixas acerca do procedimento a ser adotado nesta etapa, pois depende em boa parte do estilo de seu autor. (GIL, 2002).

## 5. Considerações finais

A utilização de um determinado curso d'água, para descarte de um efluente, é um dos temas que têm atraído grande atenção, pelo alto impacto causado na vida do meio aquático, bem como a própria inutilização das águas usadas para o descarte do efluente em questão.

A qualidade da diversidade biológica nesse meio depende primordialmente da taxa de oxigênio presente, que pode ser prejudicada com o lançamento contínuo de efluentes no local. Tal processo pode ser observado por uma relação entre o lançamento desses resíduos no local variando pela quantidade, temperatura, tempo e distância. É possível observar que, conforme a distância aumenta do ponto de descarte do poluente até pontos mais afastados no curso d'água, a taxa de oxigênio sofre uma determinada alteração, criando assim um comportamento diferenciado de condições para desenvolvimento da vida em diferentes pontos do curso d'água.

Os resultados obtidos para delimitação da área de estudo da zona de depuração ativa no curso d'água, se mostraram satisfatórios. Ao realizar um corte transversal para análise, um dado volume de água foi obtido facilitando as análises acerca da taxa de oxigênio presente, bem como sua influência na biota local. Seguidamente, esses valores, incorporados ao cálculo das derivadas parciais, possibilitaram o alcance dos parâmetros da taxa de oxigênio dissolvido e da demanda bioquímica de oxigênio, gerando a curva de decomposição ativa da figura 1 e servindo como amostra para toda a qualidade do curso d'água.

Além disso, esses resultados oferecem uma ferramenta para utilização no setor industrial, onde pode-se antever o período de restauração do estado de equilíbrio do curso d'água, bem como ser incorporado aos estudos sobre tratamento de água e esgoto e a interação dos descartes desses efluentes no curso d'água.

Isto exposto, a pesquisa resulta em dados que podem auxiliar profissionais no estudo da autodepuração dos cursos d'água e também ao setor produtivo a otimizar seus processos no âmbito econômico-ambiental, o que vem se mostrando de maneira deficitária no cenário organizacional. A utilização desses estudos pode conferir em grande economia da utilização de água e também incorporar boas relações quanto aos aspectos sustentáveis que permeiam as atividades da indústria.

O estudo projeta, por meio de dados qualitativos e quantitativos, a aplicação dos estudos de autodepuração, em relação às estações de tratamento e esgoto. Os dados coletados, relacionam o tempo de depuração às vantagens competitivas da instalação das estações de tratamento dentro da própria indústria. Enfatizando sua relevância principalmente na indústria têxtil. Além disso, a pesquisa pôde correlacionar esses parâmetros por meio de uma análise envolvendo indicadores de desempenho, que comprovam a significativa redução de custos no processo, além de efetiva redução na utilização dos recursos hídricos.

Finalmente, aquisição mostrou-se como um potencial para auxiliar as indústrias quanto ao reaproveitamento de água, por meio de tecnologias sustentáveis que impulsionam a produção, corroboram para minimização da poluição e torna as organizações bem-afamadas.

## Referências

- Andrade, Larice Nogueira de. Autodepuração dos Corpos D'água. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/355472902/004-AUTODEPURACAO-DOS-CORPOS-D-AGUA-Larice-Nogueira-de-Andrade-pdf>>; Acesso em: 30 set 2017.
- Bárbara, Vinicius Fagundes. Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari - AP (Amazônia). Dissertação de mestrado. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/de/593>>; Acesso em: 27 set 2017.

- Borges, Maurício José; Galbiatti, João Antonio; Ferraudo, Antonio Sergio. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. São Paulo, V. 8, n.2, p. 161–171, 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Antonio\\_Ferraudo/publication/239554656\\_Monitoramento\\_da\\_Qualidade\\_Hidrica\\_e\\_Eficiencia\\_de\\_Interceptores\\_de\\_Esgoto\\_em\\_Cursos\\_d'Agua\\_Urbanos\\_da\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Corrego\\_Jaboticabal/links/0a85e535fe0f5f191a000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Ferraudo/publication/239554656_Monitoramento_da_Qualidade_Hidrica_e_Eficiencia_de_Interceptores_de_Esgoto_em_Cursos_d'Agua_Urbanos_da_Bacia_Hidrografica_do_Corrego_Jaboticabal/links/0a85e535fe0f5f191a000000.pdf)>;. Acesso em: 30 set 2017.
- Braga, B.; et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2 ed. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2005.
- Costa, Simone S. Thomazi. Introdução à Economia do Meio Ambiente. PUCRS Journals. Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 301-323, ago./dez. 2005. Disponível em: <<http://revistaselétronicas.pucrs.br/ojs/index.php/face/article/viewFile/276/225>>;. Acesso em: 21 nov 2017.
- Gil, A. C.. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HASTENREITER, Tainá Alves. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica de Implantação de um Sistema de Reuso de Água Cinza para fim não Potável em Edificação Empresarial. Vitória: UFES, 2013. Disponível em: <[http://www.ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/estudo\\_de\\_viabilidade\\_tecnica\\_e\\_economica\\_de\\_implantacao\\_de\\_um\\_sistema\\_de\\_reuso\\_de\\_agua\\_cinza\\_para\\_fim\\_nao\\_potavel\\_em\\_tai.pdf](http://www.ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/estudo_de_viabilidade_tecnica_e_economica_de_implantacao_de_um_sistema_de_reuso_de_agua_cinza_para_fim_nao_potavel_em_tai.pdf)>;. Acesso em: 30 set 2017.
- Kunz, Airton; Zamora, Patricio Peralta; Moraes, Sandra Gomes; Durán, Nelson. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Quím. Nova, São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422002000100014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000100014&lng=en&nrm=iso)>;. Acesso em: 15 nov 2017.
- Lima, Eveline Vale de Andrade. Aplicação do Modelo Matemático do Streeter-Phelps na Análise de Concessão de Outorgas de Lançamento de Efluentes em Rios Naturais. Fortaleza: UFC, 2011. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/16694/1/2011\\_dis\\_evalima.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/16694/1/2011_dis_evalima.pdf)>;. Acesso em: 06 Nov 2017.
- Portal Educação. O uso das funções e várias variáveis no ensino da engenharia: Conceitos e aplicações. Disponível: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/engenharia/o-uso-das-funcoes-de-varias-variaveis-no-ensino-da-engenharia-conceitos-e-aplicacoes/71788>>;. Acesso em: 27 Ago 2017.
- Sperling, Marcos Von. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

## **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Filipe Ferreira Novais – 32%

Brenda Teixeira Scardini Marinho – 24%

Marina Ana Rosa Silva – 18%

Fernanda Costa Oliveira – 13%

Rosalina Dos Santos Viana – 13%

