

## **CONTROLE DAS DESCARGAS DO EFLUENTE DECANTADO DOS REATORES EM BATELADA SEQUENCIAL (RBS) DA ETE ESPINHEIROS POR MEIO DO MONITORAMENTO CONTÍNUO DE TURBIDEZ**

### **Jaime Manoel Miranda Filho**

Técnico em Saneamento na Companhia Águas de Joinville. Técnico em Saneamento pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

### **Diego Brunelli Ghisi**

Engenheiro Sanitarista na Companhia Águas de Joinville, atualmente na função de Coordenador de Tratamento de Efluentes. Engenheiro Sanitarista e Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### **Janine Smania Alano**

Engenheira Sanitarista na Companhia Águas de Joinville, atualmente na função de Gerente de Esgoto. Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### **Tiago de Oliveira Andrioli**

Técnico em Química na Companhia Águas de Joinville. Técnico em Química e Engenheiro Químico pela Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina (UniSociesc).

**Endereço:** Rua Quinze de Novembro, 3950 – Bairro Glória - Joinville – Santa Catarina - CEP: 89216-202 - Brasil - Tel: +55 (47) 2105-1600 - e-mail: jaime.miranda@aguasdejoinville.com.br.

## **RESUMO**

Em sistemas de lodos ativados por bateladas sequenciais, a depender de condições como a sedimentabilidade do lodo biológico, podem ocorrer arrastes de parte do lodo junto às descargas da fase clarificada dos reatores. Assim, são necessários controles operacionais capazes de evitar tal ocorrência. Este trabalho demonstra as vantagens da utilização da turbidez como parâmetro de controle das descargas do efluente decantado proveniente do tratamento nos reatores da ETE Espinheiros, na cidade Joinville, Santa Catarina. O sistema opera no modelo RBS (reatores em bateladas sequenciais), ou SBR (*Sequencing Batch Reactor*). As medições de turbidez ocorrem constantemente durante as descargas da fase clarificada, por meio de um equipamento de monitoramento *online*, permitindo a identificação de arrastes de lodo. Por meio de um estudo de comparação entre os valores de turbidez e as concentrações de DBO<sub>5,20</sub>, DQO e Fósforo Total, indicou-se o limite máximo de turbidez a não comprometer a qualidade do efluente tratado. Previne-se, assim, a ocorrência de lançamentos que possam contaminar o corpo receptor e promove-se com maior assertividade o atendimento dos padrões de lançamento legalmente estabelecidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** SBR, qualidade do efluente, turbidez.

## **INTRODUÇÃO**

Um dos principais impactos ambientais decorrentes desse modelo de desenvolvimento é a contaminação dos corpos hídricos. A cada dia nossos recursos hídricos tornam-se menos disponíveis e os mananciais para abastecimento público mais escassos e contaminados (SOARES; LEÃO, 2015). Dentre as principais causas de contaminação rios, lagos, lagoas, mares e oceanos está o lançamento de esgoto sem tratamento, ou mesmo com tratamento insuficiente, nos corpos receptores.

De acordo com Nuvolari *et al.* (2011), o esgoto doméstico é composto por aproximadamente 99,87% de água; 0,07% de substâncias não dissolvidas; 0,04% de sólidos sedimentáveis e 0,02% de sólidos não sedimentáveis. Segundo o mesmo autor, desta parcela de sólidos, 75% é constituída de matéria orgânica, mas também se encontra, em maior ou menor proporção, outras substâncias com podem ser nocivos aos ambientes aquáticos e terrestres, como fósforo, nitrogênio, enxofre, entre outros.

O impacto do lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria dos países (OLIVEIRA, S.A.M.C., 2006). Felizmente, nas últimas décadas, tem sido cada vez mais reconhecido, mundialmente, que a promoção e proteção da saúde e do bem-estar são determinadas também

pela qualidade do ambiente. Equacionado num contexto mais amplo como resultado da ação combinada no ambiente físico e social (OLIVEIRA, A.S., 2006). Por este motivo, uma série de legislações ambientais, critérios e políticas procuram influir tanto nas condições de descarga quanto no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição destes efluentes tratados sejam aceitáveis (VELA, F.J., 2006).

Os processos de tratamento por lodos ativados são um dos principais sistemas de tratamento de esgoto utilizados no mundo atualmente. Este modelo consiste em um processo biológico de remoção da matéria orgânica e, em determinadas situações, compostos nitrogenados e fósforo. Grande parte do lodo em sistemas de lodo ativado se compõe de bactérias heterotróficas facultativas, isto é, bactérias que usam o material orgânico como fonte de energia, usando o oxigênio como aceptor de elétrons (BUENO, R.F., 2011).

Dentre os modelos de tratamento por reatores de lodos ativados podemos citar o de fluxo contínuo e o reator por bateladas.

O SBR consiste em sistema de tratamento aeróbio por lodos ativados que incorpora em um único tanque todas as fases do tratamento, por meio de bateladas sequenciais. Nele o líquido entra, é tratado, é descarregado, e o ciclo é repetido (METCALF & EDDY, 2016). No tanque de reação ocorrem, sequencialmente, a oxidação biológica e a decantação. Assim, os processos e operações envolvidas passam a ser sequenciais apenas no tempo e não mais em unidades separadas, de modo que o esgoto a ser tratado é colocado no reator até um determinado nível, e tratado por um certo período de tempo, é decantado, e o sobrenadante tratado é descartado, restando apenas o lodo no reator (MARCONI, R.G., 2001). A figura 1 ilustra as fases do processo de tratamento ocorridas em reator por bateladas.



**Figura 1: Fases de um ciclo de tratamento em um reator SBR – fonte Rotária do Brasil – <http://brasil.rotaria.net/reator-sbr/>**

Buscando contribuir com a melhoria das condições ambientais dos ecossistemas naturais, bem como a qualidade da população de da cidade de Joinville e, sobretudo, do bairro Espinheiros, uma ilha situada na região leste da cidade circundada por mangues, lagoas, rios e a Baía da Babitonga, a Companhia Águas de Joinville construiu a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Espinheiros. Concebida no modelo de tratamento conhecido pela sigla em inglês SBR (Reator Sequencial em Bateladas, em tradução livre), a ETE Espinheiros foi projetada para operar com vazão de projeto de 19L/s.

Desde que a estação foi inaugurada, no ano de 2013, a equipe técnica-operacional vem buscando estabelecer parâmetros de operação e controle de lançamento do efluente proveniente do tratamento da ETE.

É neste cenário que foi estabelecido, no ano de 2018, o controle de retirada da fase clarificada dos reatores por meio do monitoramento da turbidez, a fim de manter as características deste efluente dentro dos padrões legais de lançamento. A turbidez foi escolhida como parâmetro indicador de arrastes de lodo do reator dada a sua capacidade de quantificar sólidos relacionados, dentre outros compostos, com a matéria orgânica, associada à sua praticidade.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação e os resultados do monitoramento contínuo e *online* da turbidez como critério operacional na fase de retirada de efluente decantado nos reatores aeróbios da estação de tratamento de esgoto do bairro Espinheiros.

## METODOLOGIA UTILIZADA

### ETE espinheiros

A estação de tratamento de esgoto doméstico do bairro Espinheiros – ETE Espinheiros – foi concebida no processo de tratamento de Reator Sequência em Bateladas – SBR em inglês – operando com dois reatores aeróbios de forma intercalada, precedidos de um tanque de equalização de esgoto e sucedidos de um tanque de contato para desinfecção por hipoclorito de sódio. Cabe salientar que o bairro Espinheiros, o qual abriga toda a rede coletora de esgoto da qual a ETE Espinheiros é receptora, é predominantemente residencial. Portanto, o esgoto recebido e tratado na estação possui características de esgoto doméstico.

Um dos principais problemas encontrados na operação de estações de tratamento por lodos ativados em bateladas sequenciais, como o modelo da ETE Espinheiros, é o risco de arraste de parte dos sólidos encontrados no reator, durante a descarga do efluente tratado, após a fase de decantação. O mesmo pode ocorrer devido à alteração das condições de sedimentabilidade do lodo.

Os dois reatores da ETE Espinheiros operam com altura útil de 4 m, sendo que, por questões de padrões operacionais, a descarga de efluente tratado após a decantação ocorre, geralmente, até a altura de 2 metros. Deste modo, a manta de lodo é de cerca de dois metros. Porém, em variadas situações, é necessário descarregar um maior volume de efluente clarificado, ou seja, até altura menor do que 2 metros. Também ocorrem situações em que o lodo não sedimenta até a altura de dois metros, seja por *bulking* ou excesso de lodo, o que ocasionaria arrastes de lodo biológico caso não houvesse critérios de controles das descargas.

### DQO – Demanda Química de Oxigênio

A DQO – Demanda Química de Oxigênio – é um parâmetro que indica a concentração de substâncias quimicamente oxidáveis em uma amostra, em condições específicas às quais esta amostra é submetida. A DQO mede, indiretamente, os equivalentes redutores (elementos com baixo número de oxidação, ou seja, reduzidos) presentes na amostra em questão. Dessa forma, causará DQO a amostra que contiver substâncias orgânicas e/ou inorgânicas passíveis de oxidação pelo dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio ácido (AQUINO, S. F.; SILVA, S. de Q.; CHERNICHARO, C. A. de L. *et al.*, 2006). A DQO é imprescindível para determinar a quantidade de material oxidável no corpo receptor, a fim de evitar o lançamento de efluentes sem o devido tratamento e a supressão do oxigênio dos corpos hídricos. Por possibilitar determinar substâncias com potencial poluidor, a DQO foi um dos parâmetros utilizados para verificar a eficácia do tratamento e mesmo dos critérios operacionais quanto às descargas do efluente tratado.

As análises de DQO foram realizadas pelo método espectrofotométrico Hach 8000, aprovado pela USEPA para análises de efluentes.

### DBO<sub>5,20</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio

Diferente da DQO, o parâmetro de DBO<sub>5,20</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio – indica apenas a concentração das substâncias biologicamente degradáveis. (MATOS, M. P. *et al.*, 2017) afirma que a DBO<sub>5,20</sub> equivale à concentração de matéria orgânica biodegradável inicial, ou à quantidade de oxigênio dissolvido (OD) requerido para a total degradação do material orgânico. Isto o torna um parâmetro importante para determinar a quantidade de matéria orgânica lançada no corpo receptor. Porém, por proporcionar a obtenção dos resultados somente após 5 dias de incubação, a DBO<sub>5,20</sub> é utilizada apenas como indicador de qualidade, e não operacional.

O método utilizado nas análises de DBO<sub>5,20</sub> foi o respirométrico, com o emprego de equipamentos Hach DBO-Track ou WTW Oxitop. Neste método a amostra é mantida encubada a 20°C por 5 dias, com medições manométricas mediante sensor de pressão.

### Fósforo

O fósforo é um dos micronutrientes fundamentais e insubstituíveis para a sustentabilidade da vida, Compostos contendo fósforo estão presentes em moléculas indispensáveis ao metabolismo energético, nas membranas celulares, em elementos estruturais como ossos e dentes e em componentes genéticos. Além de serem imprescindíveis à fotossíntese (FERREIRA, A. L. T. S., 2014). Contudo, se lançados nos corpos hídricos podem causar grandes impactos ao equilíbrio do ecossistema, uma vez que o fósforo, juntamente com o nitrogênio, são os maiores causadores da eutrofização, que é o crescimento exacerbado das populações de algas, cianobactérias e outros

organismos que, por sua vez, liberam substâncias nocivas ao meio aquático (DO O, K. D. S. *et al*, 2019) causando inúmeros impactos, além de aumentar a demanda por oxigênio.

A remoção biológica o lodo se dá por maior de sua incorporação na biomassa pelos organismos acumuladores de fósforo (METCALF & EDDY, 2016). Portanto, lançamentos de efluente contendo lodo acabam trazendo consigo componentes fosforados, o que reforça a necessidade de procedimentos preventivos.

As análises realizadas para determinação de fósforo total foram feitas com kits TNT da Hach, compatíveis com o método 4500 P-E, do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

### **Turbidez**

Um dos meios mais práticos, rápidos e eficientes para determinar e quantificar a ocorrência de arraste de lodo durante a descarga da fase líquida decantada no reator é a realização de análises de turbidez. De acordo com a CETESB, a turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos como algas e bactérias, plâncton em geral etc (CETESB, 2016).

Turbidímetros são equipamentos projetados para reunir as características de medição descritas no parágrafo anterior. Um dos principais métodos de análise de turbidez é o nefelométrico.

### **Monitoramento da turbidez**

O equipamento de medição de turbidez utilizado nesse trabalho, ilustrado na figura 2, é o turbidímetro de monitoramento *online* HF Scientific – MicroTOL. Os dados da medição de turbidez podem ser acompanhados em tempo real, e remotamente, por meio de telemetria.



**Figura 2: Medidor de turbidez utilizado no estudo – HF Scientific – MicroTOL – fonte site do fabricante – <https://www.watts.com/products/water-quality-rainwater-harvesting-solutions/instrumentation-solutions/municipal-market/turbidity-and-standards/microtol>**

O sistema de telemetria permitiu, além de acompanhar em tempo real o processo de descarga do efluente clarificado, também o levantamento de ciclos de tratamentos anteriores, por meio de acesso ao banco de dados, possibilitando um estudo mais detalhado do sistema.

O sistema de medição *online* foi instalado no mês de novembro de 2018. Desta forma, nesse estudo, o período até novembro de 2018 é considerado período sem controle contínuo da turbidez do líquido clarificado, e o período posterior é o contemplado por esse sistema de monitoramento.

### **Amostragens e determinação do limite de turbidez**

Devido ao fato de o equipamento de medição de turbidez dispor de célula de fluxo, a qual recebe amostra constantemente, não houve necessidade de realização de coletas para as análises, pois esta é feita de maneira autônoma.

Para as análises de DQO e DBO<sub>5,20</sub>, as amostragens foram realizadas cerca de 30 minutos após o início das descargas do efluente clarificado.

As amostragens para as análises de DQO, DBO<sub>5,20</sub> e Fósforo total foram realizadas uma vez por semana, seguindo o plano de amostragem para o monitoramento da qualidade do efluente tratado da estação estudada.

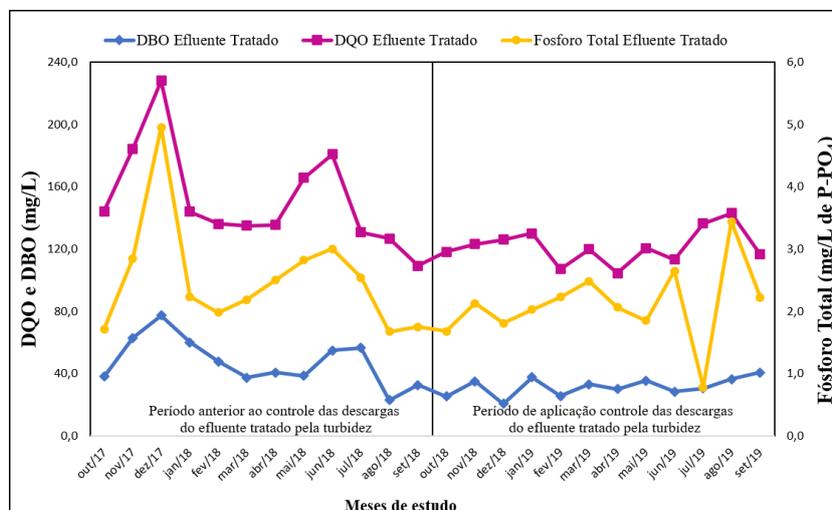
As análises de DQO, DBO<sub>5,20</sub> e Fósforo total foram realizadas pelo Laboratório de Controle de Qualidade – LCQ – da Companhia Águas de Joinville, seguindo os métodos elencados na tabela 1. Todas as amostras, após serem coletadas, foram mantidas sob refrigeração e encaminhadas diretamente ao laboratório para análises. As amostras de DBO<sub>5,20</sub> foram acondicionadas em frascos âmbar, esterilizados. Já as amostras de DQO e Fósforo total foram acondicionadas em frascos plásticos de 2 litros.

**Tabela 1: Métodos de análise das amostras coletadas**

PARÂMETRO	MÉTODO DE ANÁLISE
DBO <sub>5,20</sub>	Respirométrico
DQO	Colorimétrico
Fósforo total	Colorimétrico

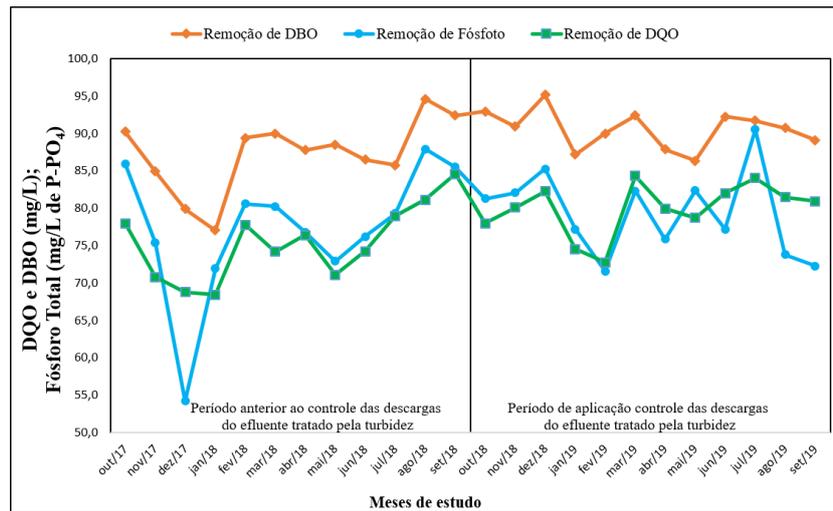
## RESULTADOS OBTIDOS

As médias mensais dos resultados das análises de DBO<sub>5,20</sub> do efluente tratado, que eram em média de 48 mg/L antes do controle das descargas pela turbidez, caíram para em média 31 mg/L, representando uma redução de 35,42%. Já os resultados de DQO tiveram uma redução de 19,91%, caindo de 151,7 mg/L para 121,5 mg/L. O parâmetro de Fósforo Total, por fim, foi de 2,5 mg/L (P-PO<sub>4</sub>) antes de outubro de 2018 para 2,1 durante o período estudado. Uma dedução de 16%. A redução dos resultados médios de DBO<sub>5,20</sub>, DQO e Fósforo total podem ser observados no gráfico abaixo:



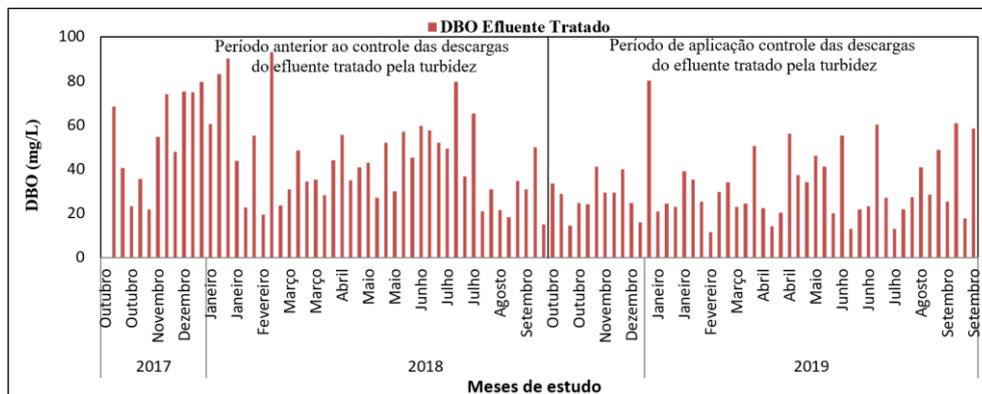
**Figura 3: Médias mensais das análises de DQO, DBO<sub>5,20</sub> e Fósforo Total do efluente tratado na ETE Espinheiros, divididos em 12 meses anteriores ao controle das descargas pelo monitoramento da turbidez, e 12 meses com a aplicação do controle da turbidez. Fonte: o autor**

No que diz respeito às taxas de remoção do efluente tratado em relação ao esgoto bruto recebido na ETE, todos os parâmetros analíticos apresentaram melhoras neste critério. A taxa de remoção de DBO subiu de 87,2% para 90,5%, de DQO subiu de 75,4% para 80,2%, a redução de Fósforo total, por sua vez, foi de 77,2% no período anterior ao estudo para 79,3% no período do estudo, conforme demonstra o gráfico abaixo:



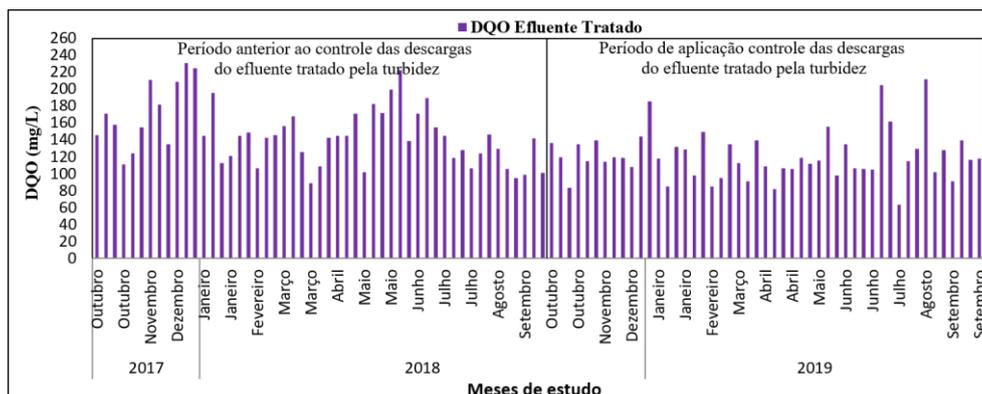
**Figura 4: Médias mensais de remoção de DQO, DBO<sub>5,20</sub> e Fósforo Total do efluente tratado na ETE Espinheiros, divididos em 12 meses anteriores ao controle das descargas pelo monitoramento da turbidez, e 12 meses com a aplicação do controle da turbidez. Fonte: o autor**

O monitoramento analítico de DBO apresentou apenas um resultado acima dos 60 mg/L após a aplicação do critério de turbidez para os descartes, em janeiro de 2019.



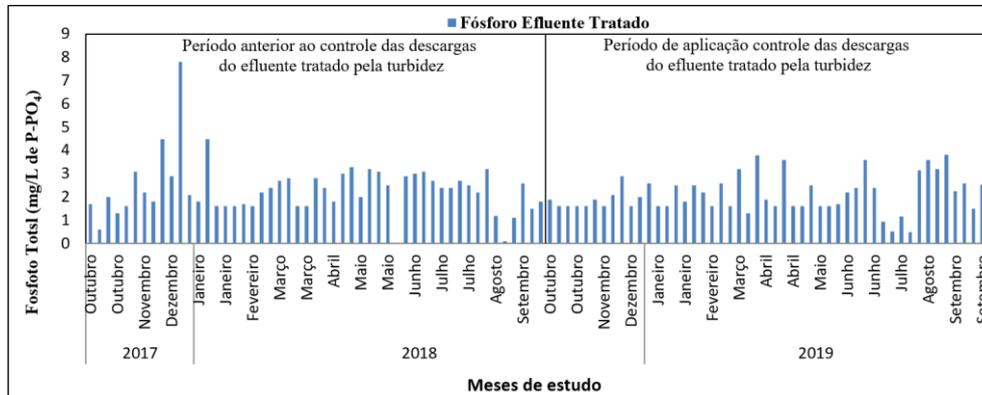
**Figura 5: Resultados das análises DBO<sub>5,20</sub> do efluente tratado na ETE Espinheiros, divididos em 12 meses anteriores ao controle das descargas pelo monitoramento da turbidez, e 12 meses com a aplicação do controle da turbidez. Fonte: o autor**

No parâmetro DQO, houve a diminuição considerável de picos resultados acima de 160 mg/L no período do controle das descargas pela turbidez.



**Figura 6: Resultados das análises DQO do efluente tratado na ETE Espinheiros, divididos em 12 meses anteriores ao controle das descargas pelo monitoramento da turbidez, e 12 meses com a aplicação do controle da turbidez. Fonte: o autor**

No que diz respeito ao parâmetro Fósforo Total, pode-se observar que não houve qualquer resultado acima de 4 mg/L durante o período de controle das descargas pelo monitoramento da turbidez



**Figura 7: Resultados das análises Fósforo Total do efluente tratado na ETE Espinheiros, divididos em 12 meses anteriores ao controle das descargas pelo monitoramento da turbidez, e 12 meses com a aplicação do controle da turbidez. Fonte: o autor**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A comparação dos resultados das análises de DBO<sub>5,20</sub>, DQO e Fósforo Total realizadas entre o período de estudo e anterior a ele, demonstram que o monitoramento da turbidez como critério para controle de descarga do efluente tratado nos reatores foram eficazes para todos os parâmetros analíticos estudados. Apresentando, para ambos, redução considerável na concentração média do esgoto tratado e aumento no índice de remoção em relação ao esgoto bruto. Evidenciando a relação dos parâmetros indicadores de qualidade do efluente tratado com a turbidez. A turbidez é formada por material particulado na forma suspensa.

Por se tratar de um efluente proveniente de um reator de tratamento de esgoto doméstico por lodos ativados, os sólidos em suspensão que são eventualmente arrastados com o efluente tratado durante a descarga, gerando a turbidez, são compostos principalmente por matéria orgânica. Por esse motivo, o parâmetro DBO<sub>5,20</sub> apresentou as reduções mais consideráveis, seguido pela DQO. Parâmetros estes relacionados diretamente com a concentração de biomassa no líquido.

Vale destacar que no estado de Santa Catarina, o lançamento de DBO é limitado a no máximo 60 mg/L, ou remoção maior do que 80%, conforme previsto na Lei estadual nº 14675/2009. Sendo assim, desde que se iniciou o controle das descargas pela turbidez, houve apenas uma ocorrência de resultado acima do limite estabelecido.

O parâmetro Fósforo Total, por sua vez, teve todos os resultados menores do que 4 mg/L – limite estabelecido pela Lei estadual nº 14675/2009 de Santa Catarina – desde o início da aplicação do controle da turbidez

Quanto à DQO, tanto a Resolução CONAMA nº 430/2011 quanto a Lei estadual nº 14675/2009 não estabelecem limites de lançamento para esse parâmetro, entretanto, é preponderante a importância da obtenção de remoção acima de 80%, devido ao fato da DQO possuir relação direta com a DBO e de possibilitar a obtenção de resultados cerca de duas horas, de modo que reverberam sua importância como indicativo operacional.

Não obstante, é possível observar uma menor ocorrência de picos de DBO<sub>5,20</sub>, DQO e Fósforo no efluente tratado durante o período de aplicação do controle da turbidez, mostrando maior estabilidade nas descargas de efluente tratado

Outrossim, as próprias características físicas da turbidez já conferem ao líquido propriedades nocivas para o meio aquático. Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2016). Portanto, o fato de prevenir o lançamento do efluente tratado com altos residuais de turbidez já resulta em benefícios socioambientais.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

À vista do exposto, resta evidente as vantagens de se aplicar o monitoramento *online* da turbidez como forma de controle das descargas do efluente tratado em reator aeróbio de um sistema SBR.

Os estudos mostraram que a manutenção de valores de turbidez do efluente tratado dentro de limites estabelecidos por meio de estudos de suas características é uma maneira eficaz de controle de processo, informação para tomada de ação e garantia de atendimento aos padrões legais de lançamento.

Por fim, recomendam-se novos estudos de controle da turbidez do efluente tratado descartado, paralelo ao monitoramento de outros parâmetros analíticos de qualidade. Recomenda-se também que este modelo seja replicado de modo mais automatizado, com a utilização de programação eletrônica que interrompa a descarga assim que o sistema identifique valores de turbidez semelhantes ao limite estabelecido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUINO, S. F.; SILVA, S. de Q.; CHERNICHARO, C. A. de L. et al. *Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, p. 295-304, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n4/a01v11n4.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2020.
2. BUENO, Rodrigo de Freitas. *Nitrificação e desnitrificação simultânea em reator com biomassa em suspensão e fluxo contínuo de esgoto*. 2011. Dissertação de Mestrado-Faculdade de Saúde Pública-Universidade de São Paulo, 2011.
3. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem*. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acessado em: 11 mai. 2020.
4. DO O, K. D. S. ; SOUSA, J. T. ; ALBUQUERQUE, M. V. C. ; LOPES, W. S. . *REMOÇÃO BIOLÓGICA DE FÓSFORO EM SISTEMA DE LODO ATIVADO: MECANISMOS E CONFIGURAÇÕES*. In: IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2019, Campina Grande. Anais IV CONAPESC, 2019. v. 1. p. 1-12.
5. FERREIRA, Ana Linda Tiago Soares. *Remoção biológica simultânea de fósforo e nitrogênio de esgoto sanitário em reatores sequenciais em batelada*. 2014. Tese de Doutorado-Universidade Federal de Pernambuco, 2014.
6. MARCONI, Rodrigo Gibbin. *Definição Do Ciclo Operacional De Um Reator Sequencial Em Batelada Aeróbio (SBR) Para Tratamento De Esgoto Sanitário*. 2001.
7. MATOS, M. P. de et al. *Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 821-828, set./out. 2017.
8. METCALF, L.; EDDY, H. P. *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.
9. NUVOLARI, Ariovaldo; ARAUJO, Roberto de; MIYASHITA, Nelson Junzo; Martinelli, Alexandre; RIBEIRO, Jose Tarcisio; RODRIGUES, Roberta Baptista; TELLES, Dirceu D'alkmin. 2ª edição: *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. 2. ed. São Paulo: Blücher, 2011. v. 1. 565p.
10. OLIVEIRA, Aline da Silva. *Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: avaliação da remoção de metais pesados*. 2006. Dissertação de Mestrado-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-Universidade de São Paulo, 2006.
11. OLIVEIRA, Sílvia Maria Alves Corrêa, *Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos*; 2006; Tese de Doutorado-Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
12. SANCHES, Andréa Bandeira. *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de tratamento de esgotos sanitários : uma proposta metodológica*. 2009. xix, 258 f. : il. Tese de doutorado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2009.
13. SOARES, A. F. S.; LEAO, M. M. D. *Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização*. Revista De Jure, v. 14, n, 24, pp. 36-85, 2015.

14. VELA, Francisco José. *Tratamento de esgoto sanitário em reatores anaeróbios operados em bateladas sequenciais e periodicamente aerados*. 2006. Tese de doutorado-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2006.