

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

\* Denise Peresin<sup>1</sup>  
Taison Anderson Bortolin<sup>1</sup>  
Mayara Cechinatto<sup>1</sup>  
Vania Elisabete Schneider<sup>1</sup>

### UNIVERSITY CAMPUS WASTEWATER TREATMENT PLANT EFFICIENCY EVALUATION

Recibido el 18 de mayo de 2020. Aceptado el 4 de diciembre de 2020

#### Abstract

*The rotating biological contactor (RBC) system for the treatment of effluents follows the same theoretical principle of aerobic systems and presents very competitive characteristics when compared to other technologies. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the compact wastewater treatment plant from a university, that employs the RBC technology, as well as the stages of the system, through statistical analysis and comparison with the limits of the applicable legislation. Samples for the analysis, were collected every two weeks, between the years 2012 and 2015, in 4 points. The results were evaluated by the statistical tests of Shapiro-Wilk, Mann-Whitney and t-student, and compared with the emission or minimum efficiency standards defined by normative resolution Consema nº 355/2017. The wastewater treatment plant (WTP) was efficient in removing coliform (>95%) and met the concentration limits determined by the resolution for the parameters pH, BOD<sub>5</sub>, COD and TSS. In summary, the study pointed out that the major problem of WTP is the removal of nutrients, which are above the values determined by the resolution. It was evidenced that the current treatment system, needs to be increased, in order to become more efficient in the removal of these parameters.*

**Keywords:** WTP, biodiscs, nutrient removal.

<sup>1</sup> Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM / Universidade de Caxias do Sul – UCS, Brasil.

\* Autor correspondente: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130. Bloco U – Sala 201. Bairro: Presidente Vargas. Caxias do Sul. Rio Grande do Sul. Brasil. CEP: 95070-560. Email: [dperesin@ucs.br](mailto:dperesin@ucs.br)

## Resumo

O sistema de biodiscos para tratamento de efluentes segue o mesmo princípio teórico de sistemas aeróbios e apresenta características bastante competitivas quando comparada a outras tecnologias. Avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluentes sanitários compacta de uma universidade, que emprega a tecnologia de biodiscos, bem como das etapas do sistema, através de análise estatística e comparação com os limites da legislação aplicável, foi o objeto deste estudo. As coletas foram realizadas quinzenalmente, entre os anos de 2012 e 2015, em 4 pontos. Os resultados foram avaliados pelos testes estatísticos de Shapiro-Wilk, Mann-Whitney e t-student, e comparados com os padrões de emissão ou eficiência mínima definida pela resolução Consema nº 355/2017. A ETE foi eficiente na remoção de coliformes termotolerantes (>95%) e atendeu aos limites de concentração determinados pela Resolução para os parâmetros de pH, DBO<sub>5</sub>, DQO e SST. Em síntese, o estudo apontou que a maior problemática da ETE está na remoção dos nutrientes, que estão sendo lançados na rede coletora municipal, muitas vezes, acima dos valores determinados pela resolução vigente. Evidenciou-se que o atual sistema de tratamento, precisa ser incrementado, para tornar-se mais eficiente na remoção destes parâmetros.

**Palavras chave:** ETE, biodiscos, remoção de nutrientes.

## Introdução

O déficit de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, devido à ausência de tratamento de efluentes e destinação inadequada, muitas vezes diretamente nos corpos d'água, tem comprometido a qualidade da água para diversos usos, trazendo implicações danosas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente (Ana, 2017).

Nos últimos anos, a preocupação em relação à problemática dos efluentes tem ganhado destaque com o desenvolvimento de diversas tecnologias e formas de tratamento. Uma destas tecnologias que vêm sendo utilizada para diferentes tipos de esgotos é o sistema de biodiscos. Este sistema possui capacidade para suportar as flutuações de carga de entrada de esgotos fornecendo uma alternativa para o processo de lodos ativados uma vez que possui um menor consumo de energia, entre 40 a 50% da quantidade usada no processo de lodo ativado (Tomáz, 2010), incentivando o crescimento em um biofilme estático (Singh e Mittal, 2012; Hassard et al., 2015).

O processo de biodiscos alia a utilização de substrato, com um sistema de separação de biomassa natural e o crescimento bacteriano. Uma série de discos presos a um eixo comum gira parcialmente submersa (cerca de 40% do disco) de uma calha, através da qual passa o efluente. Nestes discos crescem comunidades de microrganismos, que são supridas pelos nutrientes e matéria orgânica que compõe o efluente, denominado biofilme.

Durante a rotação, o reator transporta uma película de água residual, que absorve oxigênio do ar. Os organismos do filme de biomassa fixados no disco eliminam a matéria orgânica solúvel aeróbica, estabilizando-a em substâncias mais simples, na presença de oxigênio (Martínez, 2001)

Várias características do design deste processo interferem no seu desempenho, tais como: velocidade de rotação, temperatura, características do efluente e do biofilme, níveis de Oxigênio Dissolvido (OD), submersão média, entre outros (Hansford *et al.*, 1978; Cortez *et al.*, 2008; Hassard *et al.*, 2015).

O pH é reduzido pelo processo de nitrificação influenciando posteriormente o processo de desnitrificação (Metcalf e Eddy, 2016), enquanto as taxas de desnitrificação decrescem quando o pH se encontra na faixa de 7-6 (Dawson e Murphy, 1972).

O processo de biodiscos é bastante competitivo no tratamento de efluentes de pequenas e médias comunidades, pois possui como características: baixo custo de operação, fácil operação (até mesmo por pessoal não especializado), baixo consumo de energia, estabilidade considerável para sobrecargas orgânicas, espaço de instalação relativamente pequeno e fácil construção e expansão (Hansford *et al.*, 1978; Paolini *et al.*, 1979; Cortez *et al.*, 2008).

Os biodiscos tornam-se assim, uma importante tecnologia a ser inserida nas instalações de tratamento de efluentes doméstico e industrial (CHEN *et al.*, 2006). Alguns trabalhos já utilizaram e avaliaram esta tecnologia para diferentes tipos de efluentes comparando-as com outras tecnologias, como os trabalhos de Hassard *et al.* (2015), Kiran *et al.* (2017). No trabalho desenvolvido por Hassard *et al.* (2015) avaliando os resultados obtidos por diversos autores no desempenho de reator biológico rotativo de contato (RBC), este identificou como principais resultados a alta taxa de remoção volumétrica e de retenção de sólidos, baixa pegada de carbono e de tempos de residência hidráulica. Segundo os autores citados, o RBC é, portanto, um candidato ideal para processos híbridos para obras de atualização, maximizando a eficiência da infraestrutura existente e minimizando o consumo de energia para a remoção de nutrientes. Kiran *et al.* (2017), em estudo desenvolvido para avaliação do desempenho de reator biológico rotativo anaeróbico contínuo, em escala de laboratório, para remoção de metal pesado de esgoto sintético sob condição de redução de sulfato, concluem que o reator demonstrou excelente potencial, mesmo em condições de alta concentração de entrada de metais.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da estação de tratamento compacta do esgoto sanitário de uma Universidade, que emprega a tecnologia de biodiscos, bem como suas etapas, através de análise estatística e comparação com os limites da legislação aplicável.

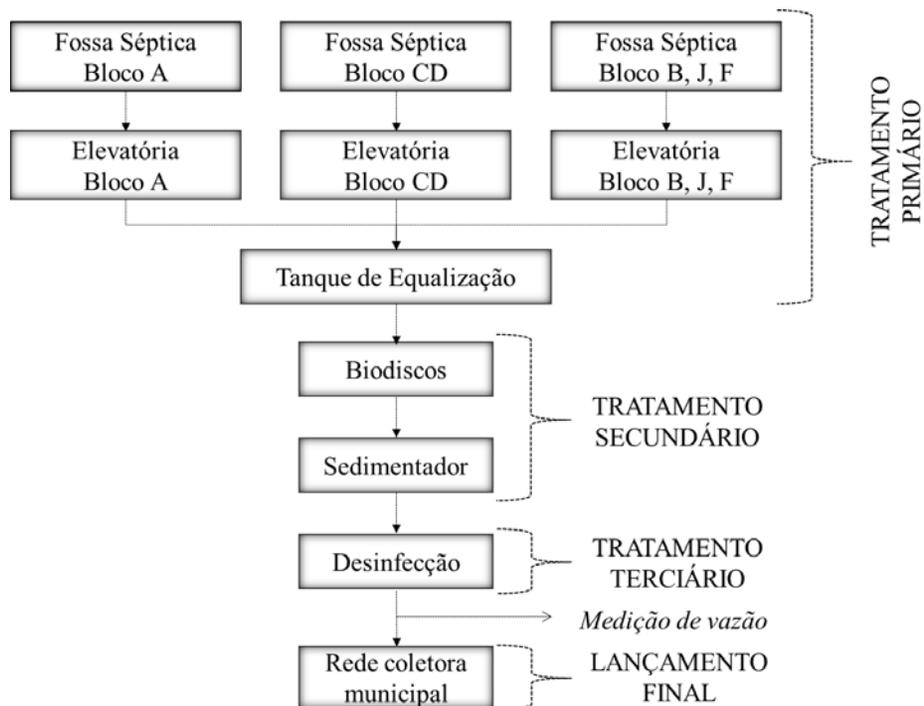
## **Materiais e métodos**

### **Localização e descrição do objeto de estudo**

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), objeto desse estudo, localiza-se em um Campus Universitário da região da Serra Gaúcha – Rio Grande do Sul – RS – Brasil. A referida ETE é do tipo compacta, recebe e trata esgotos sanitários, resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.

O processo de tratamento instalado é composto por: tratamento primário – fossas sépticas, elevatórias e tanque de equalização (remoção de sólidos grosseiros e primária da matéria orgânica); tratamento secundário – biodiscos e sedimentador (remoção secundária de matéria orgânica); e tratamento terciário – clorador e tanque de contato (desinfecção com hipoclorito de sódio). O sistema de biodiscos é composto por duas unidades de 3,6 metros de comprimento, 2,25 metros de largura e 2,66 metros de altura projetados para uma vazão máxima de alimentação de 53 m<sup>3</sup>/dia. Os discos possuem diâmetro de 1800mm, construídos de material polimérico fixados a um eixo que, apoiado em mancais e acionado por um motor, os quais giram dentro de um tanque onde passa o esgoto a ser tratado. A quantidade total de discos é de 170 unidades. A espessura do disco é de 1 mm, com espaçamento entre discos de 21 mm, diâmetro externo de cada disco de 2 mm, diâmetro interno de 14 mm e taxa de aplicação hidráulica de 0,05 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d.

Finalizado o tratamento, o efluente passa por um vertedouro onde é feita a medição de vazão e lançado na rede coletora municipal, conforme fluxograma apresentado na Figura 1. A ETE foi projetada com estimativa de atendimento para cerca de 10,000 alunos/dia. As estações elevatórias possuem duas bombas cada uma, sendo uma delas mantida como reserva.



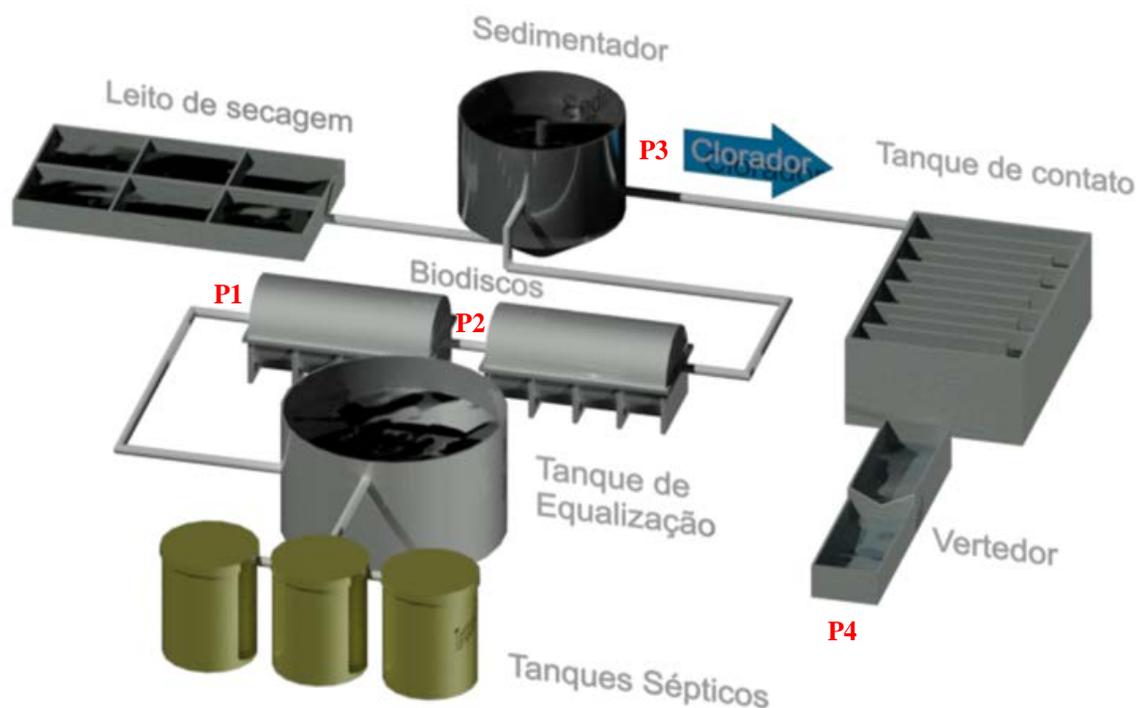
**Figura 1.** Fluxograma das etapas de Tratamento da ETE.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### Plano de Amostragem

As coletas foram realizadas em 4 pontos de amostragem, visando o controle e avaliação da eficiência dos biodiscos, sedimentador e tanque de contato. Os pontos estão descritos abaixo e esquematizados na Figura 2.

As coletas foram realizadas quinzenalmente, entre os anos de 2012 e 2015. Em campo foi medido o valor de pH e as amostras encaminhadas para laboratório de análises ambientais. Os parâmetros analisados em laboratório foram: Coliformes Totais (CT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo total (PT), Nitrogênio Amoniacal (NH<sub>3</sub>), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) e Sólidos Suspensos Totais (SST). As análises laboratoriais seguiram os procedimentos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).



**Figura 2.** Fluxograma com a localização dos pontos de amostragem.

*Legenda:* P1 – entrada no biodisco; P2 – após a passagem pelo primeiro biodisco; P3 – após a passagem pelo sedimentador; P4 – após a passagem pelo tanque de contato, saída / esgoto tratado.

*Fonte:* Elaborado pelos autores.

### Análise estatística

A análise do desempenho da ETE, em termos de eficiência na remoção de nutrientes e matéria orgânica do esgoto, se deu através da diferença percentual na concentração dos parâmetros, em cada etapa de tratamento conforme Equação 1.

$$E = \left( \frac{C1 - C2}{C1} \right) * 100$$

Equação 1

Onde:

C1 = Concentração do efluente na entrada

C2 = Concentração do efluente na saída

A avaliação estatística da significância dos resultados ( $p < 0.05$ ) entre as etapas de tratamento da estação, foi realizada pelos testes *t-Student* (distribuição normal dos dados) e *Mann-Whitney* (distribuição não-normal dos dados). A distribuição dos dados foi avaliada utilizando o teste de *Shapiro-Wilk*. As análises foram executadas utilizando o software estatístico SYSTAT para *Windows*, versão 12 (SYSTAT, 2007).

Os resultados também foram comparados com os padrões de emissão ou eficiência mínima determinada pela Resolução do Consema nº 355/2017 (RIO GRANDE DO SUL, 2017) de acordo com a faixa de vazão da ETE.

### **Resultados e discussão**

#### Concentração do esgoto

As análises foram realizadas com esgoto pré-tratado em sistema de tanques sépticos e a concentração média comparada com o resultado de outros estudos, que estão apresentados na Tabela 1.

No comparativo das concentrações médias do esgoto objeto deste estudo, com os valores apresentados por Metcalf & Eddy (2016), observa-se que apesar do pré-tratamento realizado nos tanques sépticos, as concentrações de matéria orgânica (DBO<sub>5</sub> e DQO), CT e SST, são semelhantes à composição típica de esgotos domésticos brutos de baixa concentração, enquanto que os parâmetros de PT e NT apresentaram valores superiores aos descritos pelos autores citados, sendo classificado como de alta concentração para nutrientes. As mesmas classificações foram obtidas quando comparado com resultados obtidos para os esgotos domésticos avaliados pelos autores: Hiras *et al.* (2004); Von Sperling (2005); Oliveira & Sperling (2005); Tawfik *et al.* (2006); Colmenarejo *et al.* (2006); Tonetti *et al.* (2012); e esgoto industrial de planta de tratamento de resíduos sólidos urbanos, conforme resultados apresentados por Paolini *et al.* (1979).

**Tabela 1.** Comparação da composição típica do esgoto, objeto do estudo e obtida por outros autores

Parâmetro	OBJETO DO ESTUDO Conc. média do esgoto (P1)	Tchobanoglous et al. (2003) apud. Metclaf & Eddy (2016)		Von Sperling (2005)	Hiras et al. (2004) Média	Oliveira & Sperling (2005)	Tonetti et al. (2012)	Paolini et al. (1979)	Tawfik et al. (2006)	Colmenarejo et al. (2006)
		Baixa conc. *	Alta conc. **							
CT (NMP.100 mL <sup>-1</sup> )	7.63x10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>10</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>9+</sup>	-	9.4x10 <sup>7</sup>	-	-	-	-
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	66.54	133	350	200-500 <sup>+</sup> 350 <sup>++</sup>	382	527	189	1,670	-	225
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	144.47	339	800	400-800 <sup>+</sup> 700 <sup>++</sup>	618	1,113	-	1,840	496	477
PT (mg.L <sup>-1</sup> )	27.74	3.7	12	4-15 <sup>+</sup> 7 <sup>++</sup>	6	8	-	-	-	-
NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	88.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NTK*** (mg.L <sup>-1</sup> )	105.45	23	70	35-70 <sup>+</sup> 50 <sup>++</sup>	61	-	41.9	65	61	-
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	32.21	130	400	200-450 <sup>+</sup> 400 <sup>++</sup>	199	435	115	110	-	194

\* Composição típica de esgoto doméstico bruto – baixa concentração – 750 L/percapita.dia; \*\* Composição típica de esgoto doméstico bruto – alta concentração – 240 L/percapita.dia; \*\*\* Foram considerados valores de NT e NTK; + Faixa; ++ Valor típico

Os resultados das concentrações médias, do efluente pré-tratado em tanques sépticos, na entrada (P1) e saída do tratamento (P4) com biodiscos, eficiência média de remoção de cada parâmetro, bem como, o preconizado na resolução vigente e eficiências obtidas por outros autores em ETEs com sistema de tratamento semelhante ao objeto deste estudo, estão apresentados na Tabela 2. Na análise da tabela, observa-se que o pH na entrada da estação encontra-se levemente básico, acidificando um pouco ao final do tratamento, demonstrando que ocorreu um processo de oxidação biológica. Desde a entrada até a saída, a faixa média do pH atendeu ao definido pela Resolução CONSEMA 355/2017. O parâmetro de CT possui uma eficiência média de remoção de 99.99999%, sendo esse, quase totalmente eliminado. O valor mais restritivo, para a Consema nº 355/2017 para a vazão  $Q \geq 10000$  é de  $10^3$ . Comparado aos resultados obtidos no P1 e no P4, verifica-se que o sistema de cloração aplicado mostra-se efetivo na remoção de patógenos, uma vez que a redução deste parâmetro foi alcançada ao final do tratamento. A menor eficiência quando comparado a outros estudos pode estar associada a diferentes fatores, que passam por critérios de projeto tais como número de discos, velocidade de rotação, tempo de residência, taxa de aplicação do efluente e outros aspectos tais como eficiência de formação de biofilme, temperatura e concentração de oxigênio

do meio, além da população de bactérias capazes de realizarem a remoção da matéria orgânica do esgoto a ser tratado. Cabe destacar que a biomassa desenvolvida na unidade aeróbia nem sempre cobria toda a superfície do disco com descolamento de biomassa no segundo etapa do biodisco. O desenvolvimento da biomassa na unidade anóxica foi mais uniforme com formação de sólidos acumulados no fundo do reator; porém não houve remoção dos sólidos no fundo do reator o que poderia melhorar a eficiência.

**Tabela 2.** Concentração média na entrada e saída do esgoto, eficiência média do tratamento (objeto do estudo), comparação com os limites da legislação e resultados obtidos por outros autores

Parâmetro	Objeto de estudo			Consema nº 355/2017		Resultados obtidos por outros autores na saída (média, faixa de resultados ou eficiência (%))			
	Entrada (P1)	Saída (P4)		Conc.*	%	Fonseca <i>et al.</i> (2010)	Hiras <i>et al.</i> (2004)	Oliveira <i>et al.</i> (2012)	Ferraz (2014)
	Conc.* média	Conc.* média	Eficiência média de remoção (%)						
pH	8.4	6.5	-	entre 6-9	-	7.4±0.2	7.1-8.1	6.8**	6.96**
CT (NMP.100 mL <sup>-1</sup> )	7.63x10 <sup>8</sup>	31.90	99.99999	105-para Q 200-500 m <sup>3</sup> /d***	95	-	-	-	-
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	66.54	23.27	65.0	120	-	84%	85.8%	-	86.5%
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	144.47	79.92	44.7	330	-	83%	82.3%	-	-
PT (mg.L <sup>-1</sup> )	27.74	14.82	46.6	4	75	-	-	-	-
NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	88.02	47.50	46.0	20	-	-	-	84%	76.9%
NTK (mg.L <sup>-1</sup> )	105.45	53.83	49.0	-	-	-	85%	-	70.7%
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	32.21	12.14	62.3	140	-	93%	63.2%	73%	62.9%

\* Concentração; \*\*pH médio; \*\*\* valor que corresponde a 95% de eficiência da concentração média do efluente de entrada.

A remoção de SST obteve valores próximos aos encontrados em duas estações similares e atendeu ao limite da resolução. O parâmetro PT não foi removido com a eficiência estabelecida na resolução, ficando aproximadamente 30% abaixo do esperado. Por fim, a remoção do NH<sub>3</sub> atingiu a eficiência de 46.0%, não alcançando a concentração estabelecida de 20 mg.L<sup>-1</sup> pela Resolução.

Na Figura 3, está apresentada a amplitude de distribuição dos resultados das análises laboratoriais em cada ponto amostrado, através de gráficos *boxplot*.

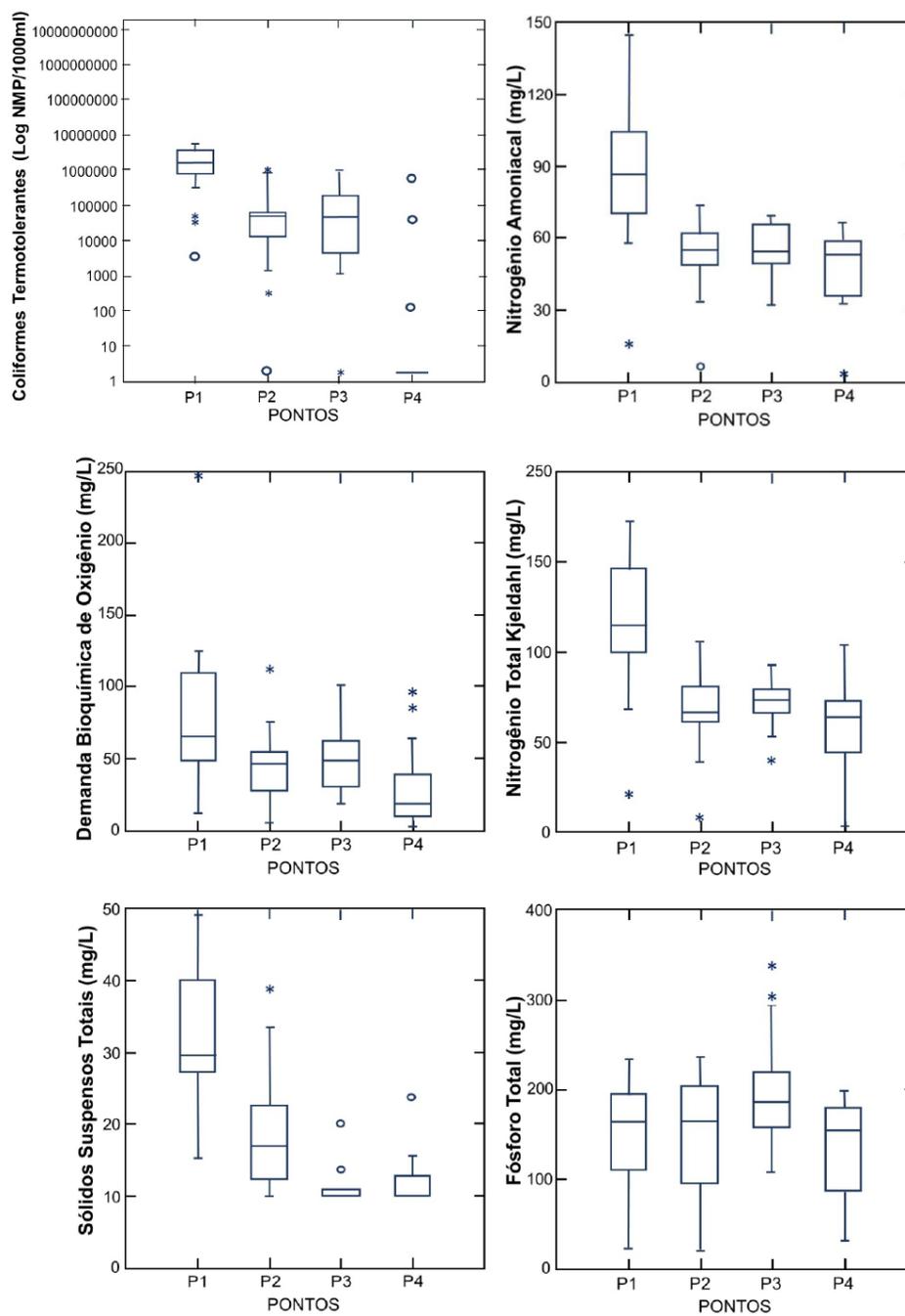


Figura 3. Amplitude dos resultados dos parâmetros avaliados em cada ponto amostrado

Os resultados mostram que a maior parte da matéria orgânica foi eliminada na 1ª fase do sistema de duas fases, sendo que poucas remoções adicionais ocorreram na 2ª etapa. Com base nos gráficos (Figura 3) e resultados dos testes estatísticos (Tabela 3), observa-se uma tendência de redução de praticamente todos os parâmetros avaliados, ao final do tratamento. As reduções mais significativas são observadas entre o P1 e P2, que se referem à passagem do efluente (P1) pela primeira sequência de biodiscos (P2). O único parâmetro a não reduzir significativamente sua concentração, ao final do tratamento foi o PT. As técnicas de remoção de fósforo em sistemas biológicos estão associadas a presença de algumas bactérias presentes na biomassa que acumulam dentro da célula fosfato e polifosfato se houverem condições ótimas para o crescimento do seu metabolismo (Wang *et al.*, 2008). Neste estudo, possivelmente devido ao baixo tempo de residência no sistema de biodisco, associada a dificuldades de formação do biofilme e descolamentos ocorridos durante a sua operação, além de aspectos inibitórios como a presença de nitrato na fase anaeróbia do sistema podem ter dificultado a remoção de fósforo. Avaliando as concentrações dos parâmetros em cada etapa do tratamento (Figura 2 e Tabela 3), observou-se que a redução significativa para pH ( $p=0.000$ ), DBO<sub>5</sub> ( $p=0.006$ ), DQO ( $p=0.013$ ), NH<sub>3</sub> ( $p=0.000$ ), NTK ( $p=0.000$ ) e CT ( $p=0.000$ ), ocorreu entre o P1 e P2, ou seja, como já comentado anteriormente, após a passagem pela primeira sequência de biodiscos.

Segundo Philips (2008) os biodiscos rotativos possuem uma alta retenção celular, cuja característica é desejada no tratamento de elevadas concentrações de nitrogênio. A eliminação de nitrogênio ocorre em baixa rotação de biodiscos e altas cargas de amônia, limitando-se, assim, o oxigênio dissolvido no meio, o que favorece a inibição de bactérias oxidadoras de nitrito, possibilitando a oxidação parcial do amônio até este último. Nas camadas mais profundas do biofilme, aderido aos discos, condições anaeróbias podem ser obtidas, e dessa forma, a amônia e nitrito são utilizados por microrganismos capazes de realizar a oxidação anaeróbia do íon amônio, convertendo-os a nitrogênio gasoso. Entretanto, em relação à oxidação biológica do nitrogênio, observa-se que na primeira etapa de biodiscos ocorre a oxidação da amônia por bactérias autotróficas do gênero *Nitrossomonas*, liberando um íon de hidrogênio o que provoca a queda no pH do efluente (pH no P1 = 8.4 ( $\pm 0.4$ ) e no P2 = 6.6 ( $\pm 1.1$ )). Com a redução do pH, ainda no sistema de biodiscos, o processo de nitrificação acaba por ser inibido, não atingindo a eficiência esperada (Haandel e Marais, 1999).

As diferenças significativas visualizadas entre o P1 e demais pontos, refletem as reduções ocorridas entre o P1 e P2 (sequência de biodiscos), já que entre as demais etapas, não se observa este mesmo comportamento.

Apesar do valor de *p-value* obtido para CT entre P3 e P4 ( $p=0.089$ ), não atender ao valor de significância determinado ( $p=0.05$ ), este demonstrou que há uma diminuição da concentração do mesmo, após a cloração e passagem pelo tanque de contato. Essa fase do tratamento também

foi importante para a redução significativa da DBO<sub>5</sub> que ocorreu entre P3 e P4 ( $p=0.033$ ). Os resultados para SST indicam a importância da etapa dos biodiscos (P2 /  $p=0.001$ ) e do sedimentador (P3 /  $p=0.001$ ), como pode se observar pelos resultados de  $p$ -value.

**Tabela 3.** Resultados dos testes estatísticos de t-student (t) para dados normais e Mann-Whitney (U) para dados não normalizados

Parâmetro	Pontos	U=315,500; <b><math>p=0.000</math></b>	P3	P4
CT (NMP.100 mL <sup>-1</sup> )	P1	-	U=242,500; <b><math>p=0.000</math></b>	U=371,000; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	U=106,000; $p=0.850$	U=274,000; <b><math>p=0.000</math></b>
	P3	U=344,500; <b><math>p=0.000</math></b>	-	t=1,812; $p=0.089$
pH	P1	-	t=8,335; <b><math>p=0.000</math></b>	U=360,000; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	U=79,000; $p=0.187$	U=129,500; $p=0.438$
	P3	U=272,000; <b><math>p=0.006</math></b>	-	U=119,500; $p=0.920$
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	U=197,000; <b><math>p=0.032</math></b>	U=320,500; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	t=-0.499; $p=0.622$	U=274,000; <b><math>p=0.000</math></b>
	P3	t=2,600; <b><math>p=0.013</math></b>	-	t=2,244; <b><math>p=0.033</math></b>
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	t=2,399; <b><math>p=0.023</math></b>	t=3,694; <b><math>p=0.001</math></b>
	P2	-	t=-0.673; $p=0.507$	t=1,260; $p=0.216$
	P3	U=192,000; $p=0.692$	-	U=160,500; $p=0.082$
PT (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	U=103,000; $p=0.235$	U=223,000; $p=0.338$
	P2	-	t=-1,965; $p=0.061$	U=176,000; $p=0.448$
	P3	t=4,533; <b><math>p=0.000</math></b>	-	t=-0.370; $p=0.716$
NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	t=4,488; <b><math>p=0.000</math></b>	t=5,300; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	U=96,500; $p=0.558$	U=181,000; $p=0.355$
	P3	t=5,016; <b><math>p=0.000</math></b>	-	t=1,866; $p=0.072$
NTK (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	t=5,028; <b><math>p=0.000</math></b>	t=5,906; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	t=-0.741; $p=0.465$	t=1,006; $p=0.322$
	P3	U=288,000; <b><math>p=0.001</math></b>	-	U=160,000; $p=0.085$
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	-	t=9,768; <b><math>p=0.000</math></b>	U=374,000; <b><math>p=0.000</math></b>
	P2	-	U=186,500; <b><math>p=0.001</math></b>	U=251,500; <b><math>p=0.001</math></b>
	P3	U=315,500; <b><math>p=0.000</math></b>	-	t=-0.437; $p=0.666$

Observação: Resultados de **p em negrito** destacam os resultados significativos ( $p < 0.05$ ).

### Considerações finais

Em síntese, o atendimento as concentrações estabelecidas pela resolução, dos parâmetros de DBO<sub>5</sub>, DQO e SST, se explica pelos baixos valores de entrada e não pela eficiência de tratamento, já que em comparação com outras ETEs, apresentou eficiências inferiores. Para os parâmetros de PT, NH<sub>3</sub> e NTK, a estação de tratamento mostrou-se ineficiente na remoção dos mesmos. O processo de oxidação biológica reduz a faixa de pH e influencia todos os demais processos biológicos de remoção dos nutrientes.

Estatisticamente os parâmetros que tiveram redução significativa da concentração entre os pontos P1 (entrada) e P2 (após a primeira sequência de biodiscos) e entre P3 (após a segunda sequência de biodiscos) e P4 (saída dos efluentes), foram o pH, os CT e a DBO<sub>5</sub>. Os parâmetros de DQO, NTK e NH<sub>3</sub> tiveram reduções significativas entre os pontos P1 e P2. Estes resultados apontaram para a eficiência da primeira sequência de biodiscos, para a remoção da maioria dos parâmetros, com exceção do PT. Apesar de não significativa estatisticamente, a etapa de sedimentação foi importante para redução da concentração de PT. A cloração e passagem pelo tanque de contato foram importantes para remoção da carga de CT e da DBO<sub>5</sub>.

Em síntese o estudo apontou que a maior problemática da ETE analisada está na remoção dos nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), como observado durante o estudo, que estão sendo lançados, em alguns momentos na rede coletora municipal, acima dos valores determinados pela resolução vigente.

Os resultados evidenciam que o atual sistema de tratamento adotado, precisa ser substituído ou incrementado, otimizando os processos da ETE atual e ajustando os parâmetros operacionais e o controle do tratamento visando melhorar o desempenho tornando mais eficiente a remoção de nutrientes. Quanto ao nitrogênio, poderia ser realizada a compartimentação dos tanques para promover condições adequadas para remoção de amônia. Em relação à remoção de fósforo também haveria a possibilidade de ser acoplado um tanque de remoção físico-química. O controle do pH e do oxigênio dissolvido em cada fase de tratamento, como verificado por diversos autores, maximizaria a ocorrência dos processos microbiológicos, aumentando a eficiência da ETE. Atualmente existem diversas tecnologias que possibilitem o aumento da eficiência no tratamento dos nutrientes, entretanto é necessário um estudo que objetive analisar qual das atuais formas de tratamento é a mais viável para a estação em questão.

### Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas (2017) *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas* / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA.
- APHA, American Public Health Association (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington: APHA, 2012.
- Chen, Z., Wen, Q., Wang, J., Li, F. (2006) Simultaneous removal of carbon and nitrogen from municipal-type synthetic wastewater using net-like rotating biological contactor (NRBC). *Process Biochemistry*, **41**(12), 2468-2472. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.06.003>
- Colmenarejo, M.F., Rubio, A., Sánchez, E., Vicente, J., García, M.G., Borja, R. (2006) Evaluation of municipal wastewater treatment plants with different Technologies at Las Rozas, Madrid (Spain). *Journal of Environmental Management*, **81**(4), 399-404. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.11.007>
- Cortez, S., Teixeira, P., Oliveira, R., Mota, M. (2008) Rotating biological contactors: a review on main factors affecting performance. *Rev. Environmental Science Biotechnology*, **7**(2), 155-172. <https://doi.org/10.1007/s11157-008-9127-x>

- Dawson, R.N., Murphy, K.L. (1972) The temperature dependency of biological denitrification. *Water Research*, **6**(1), 71-83. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(72\)90174-1](https://doi.org/10.1016/0043-1354(72)90174-1)
- Ferraz, D.L. de M. (2014) *Eficiência de uma ETE em escala real composta por reator UASB seguido de lodo ativado*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Fonseca, S.P.P., Marques, E.V., Cardoso, F.K., Azevedo, S.G., Abreu, L.F. (2010) Avaliação de uma estação de tratamento de esgoto compacta, do tipo discos biológicos rotativos. *Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Maceió, Alagoas, Brasil.
- Haandel, A.C. Van, Marais, G. (1999) *O comportamento do sistema de lodo ativado*. Campina Grande: Epgraf.
- Hansford, G.S., Andrews, J.F., Grieves, C.G., Carr, A.D. (1978) A steady-state model for the rotating biological disc reactor. *Water Research*, **12**(10), 855-868. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(78\)90038-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(78)90038-6)
- Hassard, F., Biddle, J., Cartmell, E., Jefferson, B., Tyrrel, S., Stephenson, T. (2015) Rotating biological contactors for wastewater treatment – a review. *Process safety and environmental protection*, **94**, 285-306. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.07.003>
- Hiras, D.N., Manariotis, D., Grigoropoulos, S.G. (2004) Organic and nitrogen removal in a two-stage rotating biological contactor treating municipal wastewater. *Bioresource Technology*, **93**(1), 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.06.005>
- Kiran, M.G., Pakshirajan, K., Das, G. (2017) A new application of anaerobic rotating biological contactor reactor for heavy metal removal under sulfate reducing condition. *Chemical Engineering Journal*, **321**, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.03.080>
- Martínez, A.L. (2001) Biodiscos: una alternativa de tratamiento biológico para aguas residuales cuando no se dispone de grandes extensiones de terreno. *Tecnología en Marcha*, **13**(4), 57-59.
- Metcalf & Eddy Inc. (2016) *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*, 5a ed. Porto Alegre: AMGH.
- Oliveira, S.M.A., Von Sperling, M. (2005) Avaliação de 166 ETES em operação no país, Compreendendo Diversas Tecnologias. Parte I – Análise de Desempenho. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **10**(4), 347-357. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000400011>
- Oliveira, Y.F., Ferraz, D. De M., Araújo, A.L.C. (2012) Avaliação da ETE Natal Central na remoção de nitrogênio. *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, Palmas, Tocantins, Brasil.
- Paolini, A.E., Sebastiani, E., Variali, G. (1979) Development of mathematical models for the treatment of industrial Wastewater by means of Biological Rotating Disc Reactors. *Water Research*, **13**(8), 751-761. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(79\)90239-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(79)90239-2)
- Philips, A.M.L. (2008) *Utilização de reator de biodiscos para tratamento de efluentes com altas concentrações de nitrogênio*. Tese (doutorado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. 197p.
- Rio Grande do Sul (2017) Conselho Estadual de Meio Ambiente (Consema). Resolução nº 355, de 13 de julho de 2017. *Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
- Singh, V., Mittal, A.K. (2012) Characterization of biofilm of a rotating biological contactor treating synthetic wastewater. *Water Sci. Technol.* **66**(2), 429-437. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.221>
- SYSTAT - Software, 2007.
- Tawfik, A., Temmink, H., Zeeman, G., Klapwijk, B. (2006) Sewage treatment in a Rotating Biological Contactor (RBC) system. *Water, Air, and Soil Pollution*, **175**(1-4), 275-289. <https://doi.org/10.1007/s11270-006-9138-6>
- Tonetti, A.L., Coraucci Filho, B., Nicolau, C.E., Barbosa, M., Tonon, D. (2012) Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **17**(3), 287-294. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300005>



- Tomaz, P. (2010) *Água: pague menos*. Livro eletrônico; 1-55. Disponível em: <http://www.creasp.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/08/Capitulo-05-Biodisco-para-aguas-cinzas-claras.pdf>
- Von Sperling, M. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3a ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 15-48.
- Wang, D., Li, X., Yang, Q., Zeng, G., Liao, D., Zhang, J. (2008) Biological Phosphorus removal in sequencing batch reactor with single-stage oxic process. *Bioresource Technology*, **99**(13), 5466-5473. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.007>