

## **II-475 - CONSUMO ENERGÉTICO DE REATOR EM BATELADAS SEQUENCIAIS (RBS) COM LODOS ATIVADOS PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

**Mariele Katherine Jungles<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Engenharia Ambiental pela (UFSC).

**Heloísa Fernandes**

Bióloga pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental na UFSC. Doutoranda em Engenharia Ambiental pela (UFSC).

**Rafael Tezza**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Elétrica pela (UFSC). Doutor em Engenharia Elétrica pela UFSC e professor da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC).

**Christoph Julius Platzer**

Engenheiro civil de Munique com doutorado em Engenharia Sanitária pela Universidade Técnica de Berlim.

**Rejane Helena Ribeiro da Costa**

Doutora no INSA-Toulouse, França. Pós-Doutorado na Université Montpellier I, França. Professora Titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus Universitário. Caixa Postal: 476 - Trindade - Florianópolis- SC - CEP: 88010-970 - Brasil - Tel: (48) 3721-7743 - e-mail: [marielejungles@ens.ufsc.br](mailto:marielejungles@ens.ufsc.br)

### **RESUMO**

Os reatores em batelada sequencial (RBS) funcionam com sistema de carga e descarga, onde os processos são realizados no mesmo tanque e em sequência. Cada ciclo operacional é constituído por fases que possuem condições anóxicas/anaeróbias e aeróbias. No entanto, tal processo exige aporte de energia. Sob esta ótica, torna-se primordial os estudos sobre o consumo energético equilibrado deste tipo de reator. Este trabalho apresenta uma avaliação de um RBS, em escala real, onde foi medido o consumo de energia utilizando um medidor transdutor para medição direta. O reator apresentou um bom desempenho no tratamento do esgoto, com remoções de  $DQO_5 \sim 90\%$  e  $NH_4^+-N \sim 98\%$ , e baixo consumo energético, com média diária de 70kWh.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo Energético, Reatores em Batelada Sequenciais (RBS), Lodos Ativados, Tratamento de Efluentes Sanitários.

### **INTRODUÇÃO**

A consciência crescente de que o tratamento de águas residuárias é de importância para a saúde pública e para o combate à poluição dos corpos d'água receptores desses despejos, levou à necessidade de se desenvolver sistemas de tratamento que combinem uma alta eficiência e custos baixos de construção e de operação. No entanto, apesar do crescente aumento dos investimentos públicos em saneamento básico, ainda é grande a parcela da população brasileira não servida por rede de esgoto e por sistemas de tratamento. De acordo com os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008), enquanto o percentual de municípios brasileiros que possuem rede geral de abastecimento de água potável em pelo menos um distrito é de 99,4%, apenas 55,2% é atendida por serviços de coleta de esgoto. Este índice é ainda menor para Santa Catarina, onde somente 24,1% da população têm coleta e tratamento de esgotos sanitários (IBGE, 2008).

Diante da carência notória e a necessidade de intensificar ações de saneamento local, tornam-se relevantes os estudos aprofundados que possam ser eficientes no tratamento dos esgotos e apresentem viabilidade econômica para o Brasil, fornecendo subsídios à implantação de sistemas que produzam efluentes de satisfatória qualidade físico-química e sanitária, não comprometendo as características dos corpos d'água receptores e a saúde da população. Nesse sentido, sistemas descentralizados, constituídos por unidades simplificadas de tratamento, podem ser uma boa opção para diminuir essa carência.

O tratamento eficiente de águas residuárias é um requisito básico para a gestão da qualidade da água em todas as regiões do globo, com importância crescente devido à diminuição da disponibilidade de água e aumento da densidade populacional. A minimização de exigência de energia para tratamento de águas residuárias é um objetivo importante, mas tem uma prioridade menor do que a saúde humana e ambiental, que está intimamente relacionada com a gestão eficiente da qualidade de água (SVARDAL; KROISS, 2011).

O processo de lodos ativados tem sido uma tecnologia muito utilizada para o tratamento de esgotos sanitários e apresenta elevada eficiência na remoção de matéria carbonácea e transformação de nutrientes, além da flexibilidade operacional (METCALF & EDDY, 2005; VON SPERLING, 2002). Os reatores em bateladas sequenciais (RBS) operam com carga e descarga do esgoto, onde os processos são realizados no mesmo tanque e em sequência. Cada ciclo operacional é constituído por fases que possuem condições anóxicas, anaeróbias e aeróbias, (GERARDI, 2010). Reatores do tipo RBS necessitam de uma grande quantidade de energia para levar a cabo os processos de tratamento neles operados.

Para Logan (2005), as águas residuárias devem ser consideradas como fonte potencial de energia, sendo importante quantificar esse potencial relacionando-o ao consumo geral de energia da população produtora dos esgotos. A demanda química de oxigênio (DQO) de esgotos pode ser interpretada como um parâmetro de energia (kWh), considerando que a demanda de oxigênio para completa oxidação da poluição orgânica pode ser diretamente relacionada ao seu conteúdo energético. Svardal e Kroiss (2011) apresentam dados de energia primária relacionada aos compostos (DQO, nitrogênio e fósforo) de águas residuárias municipais, sendo o total de 197 kWh/população equivalente/ano ou 22,5 W/população equivalente.

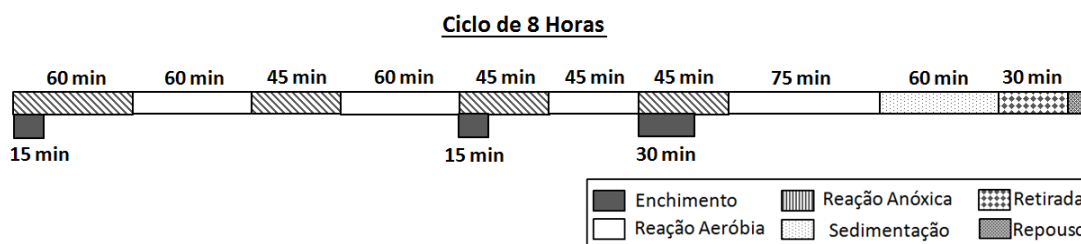
A eficiência do tratamento de águas residuárias é indispensável para o gerenciamento da qualidade das águas, no entanto, este não deve ser um fator para desperdício de energia dos sistemas de tratamento. Sob esta ótica, torna-se primordial os estudos sobre os meios e os procedimentos para que haja um consumo energético equilibrado em estações de tratamento de esgotos (ETE). Este trabalho apresenta uma avaliação de um reator em bateladas sequenciais, em escala real, tendo por objetivo quantificar o consumo energético operacional do reator.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

O reator em Bateladas Sequenciais (RBS) em escala real, alimentado com esgoto doméstico, foi monitorado com medidor de energia no período de 1 de março a 31 de maio de 2012. O reator se encontra instalado em um condomínio residencial localizado na cidade de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina (27°33'58'' S – 48°30'58'' W). Possui volume total de 247m<sup>3</sup> e volume útil de 155 m<sup>3</sup>. O reator foi operado sob condições aeróbias-anóxicas, com ciclos de duração média de 8 horas, tendo três enchimentos (dois de 15 minutos e um de 30 minutos de duração) e fases de aeração, decantação, repouso e esvaziamento, conforme apresentado no esquema da Figura 1. A aeração do reator era efetuada por meio de um aerador mecânico de superfície (marca Weatherford e modelo A-5i de 5 CV), com capacidade de aeração de 5,15 Kg . O funcionamento do reator era automatizado, um painel de comandos com uma Central Lógica Programável – CLP (modelo U90 da marca Unitronics) controlava os tempos de cada etapa dos ciclos, níveis máximos e mínimos, retiradas de lodo em excesso e a intermitência do funcionamento do aerador.

As medidas de energia foram feitas por meio de um medidor transdutor Mult-K 120 para medição direta (120A) da marca Kron. As cargas de esgoto aplicadas no RBS são apresentadas na Tabela 1. A relação C (DQOtotal): N (NTK): P (Ptotal) foi de 150:4,6:0,7.



**Figura 1: Esquema do funcionamento do ciclo operacional do reator.**

**Tabela 1: Cargas aplicadas no reator no período de estudo.**

Variável	$\text{g.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$
DQO <sub>solúvel</sub>	0,08
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,02
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,002

## MONITORAMENTO DO REATOR

O reator foi monitorado por meio de amostras coletadas semanalmente na fase líquida (esgoto bruto e efluente tratado) e do liquor misto dentro do reator (lodo). As metodologias utilizadas nas análises seguiram o recomendado pelo Standard Methods (APHA, 2005). As variáveis analisadas foram: pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido (sonda multiparâmetros YSI); Nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) (destilação, VELP); Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV) e Sólidos Totais Fixos (STF) por gravimetria; demanda química de oxigênio (DQO) por refluxo fechado (digestor e espectrofotômetro HACH 2000) total (DQO<sub>T</sub>) e solúvel (DQO<sub>S</sub>); Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N,) Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) e ortofosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) por cromatografia iônica (DIONEX DX 120).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A concentração de Oxigênio Dissolvido dentro do reator era em média 0,3 mg L<sup>-1</sup>. O tempo de retenção celular teve média de 50 dias. Os resultados obtidos para um ciclo padrão monitorado nesse período estão apresentados na Tabela 2. A eficiência média na remoção de DQO solúvel foi de 89% e para o nitrogênio amoniacal alcançou 98%. A concentração de sólidos totais no interior do reator variou de 3 a 7 g L<sup>-1</sup>. A remoção de ortofosfatos não teve uma tendência clara (média de 3,5%), devido provavelmente a mudanças nas fases de aeração e anóxica, apresentando relargagem do fósforo em alguns ciclos do período monitorado com eficiência negativa e em outros teve eficiência de até 25%.

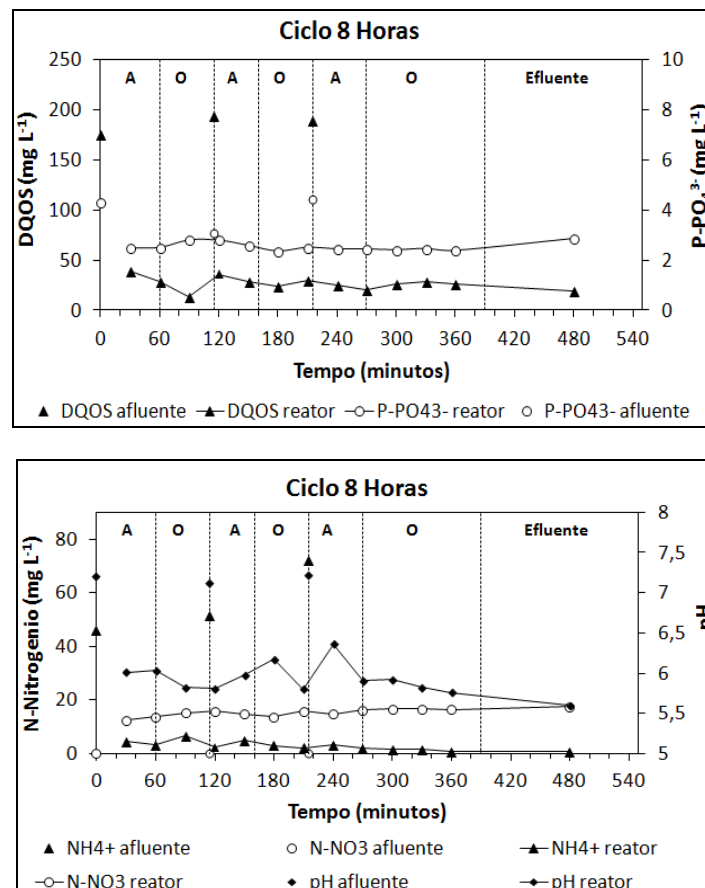
**Tabela 2: Resultados do monitoramento de um ciclo padrão do reator.**

Variável	Ciclo 8 horas
<b>Afluente</b>	
DQO <sub>S</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	186
NTK (mg L <sup>-1</sup> )	95
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )	56
NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0
NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	4
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	266
DQO/NTK	2,0
<b>Efluente</b>	
DQO <sub>S</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	20
NTK (mg L <sup>-1</sup> )	11
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )	1
NO <sub>2</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0
NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	9
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	3
Alcalinity (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	20
DQO/NTK	1,5
<b>Cargas removidas</b>	
DQO <sub>S</sub> (%)	89
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (%)	98
NTK (%)	86
NT (%)	79

Na Figura 2 estão apresentados resultados obtidos ao longo do monitoramento de um ciclo padrão, para as variáveis DQO<sub>s</sub>, fosfatos, série do nitrogênio e pH.

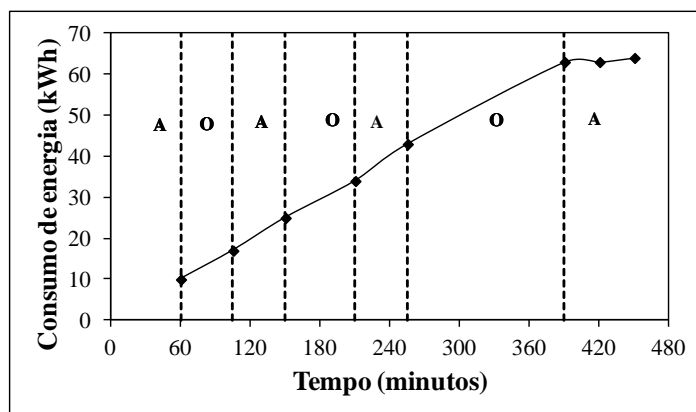
A concentração de DQO solúvel com valor inicial médio de 186 mg L<sup>-1</sup> em cada enchimento, após a mistura estabiliza-se em torno de 40 mg L<sup>-1</sup>. As concentrações de fosfato foram variáveis a cada entrada, porém passam de 4,3 para 2,8 mg L<sup>-1</sup>.

A concentração inicial de nitrogênio amoniacal foi de 40, 50 e 75,4 mg L<sup>-1</sup> nos enchimentos 1, 2 e 3, respectivamente. Dentro do reator, o esgoto apresentou uma concentração em torno de 5 mg L<sup>-1</sup> e na saída (efluente) era de 1 mg L<sup>-1</sup>. Observou-se ao longo do ciclo concentrações de N-NO<sub>3</sub> de 15 mg L<sup>-1</sup>, indicando que o processo de nitrificação estava ocorrendo. O pH variou entre 5,7 e 6,4 durante o ciclo.



**Figura 2: Perfil de um ciclo padrão: DQO<sub>solúvel</sub>; P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>; Nitrogênio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e pH.**  
**OBS. A=reação anóxica; O=óxica ou reação aeróbia**

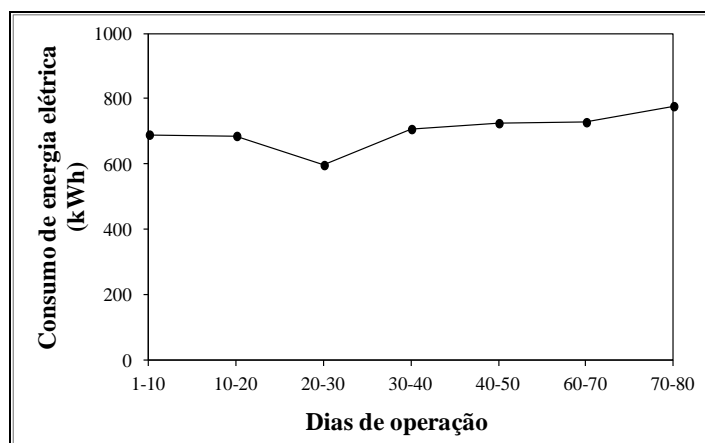
Na Figura 3 estão apresentados os valores do consumo de energia, obtidos para um ciclo padrão monitorado aos 20 dias de operação do reator após a instalação do medidor de energia.



**Figura 3: Consumo acumulado de energia durante um ciclo padrão operacional**  
OBS. A=reação anóxica; O=óxica ou reação aeróbia

O consumo de energia em cada etapa do ciclo padrão monitorado variou entre 10 e 20 kWh, como mostrado na Figura 3. O consumo total acumulado foi de 65 kWh. Durante o período monitorado (março a maio/2012) o consumo de energia variou entre 40 e 70 kWh para cada ciclo.

Na Figura 4 estão apresentados os valores médios do consumo de energia medidos semanalmente, observam-se valor médio de 707 durante o período de estudo, correspondendo a média diária de 70 kWh, ou seja, 2100 kWh/mês, correspondendo a 2,5 kWh/habitante/mês. Esse consumo medido evidencia que o reator estava trabalhando em condições de baixo consumo de energia, indicando economia no processo de tratamento, sem prejuízo na eficiência do reator. Valores similares foram obtidos por Thans (2008), trabalhando com reator do tipo RBS, servindo uma população de 4630 pessoas, cujo consumo de energia elétrica ficou entre 12.600 e 18.000 kWh/mês de operação (foram usados dois aeradores), correspondendo a valores entre 2,72 e 3,9 kWh/habitante/mês.



**Figura 4: Consumo semanal de energia elétrica do RBS durante 80 dias de operação.**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- O consumo de energia foi variável durante os ciclos operacionais, e está ligado majoritariamente ao sistema de aeração.
- O reator apresentou um bom desempenho de tratamento, com remoções de DQOS da ordem de 90% e  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  de 98%, e baixo consumo energético, com média diária de 70kWh, ou 2,5 kWh/habitante/mês.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 Ed., Washington, 2005.
2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Acessado em 18 de setembro de 2012. [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf), 2008.
3. GERARDI, Michael H. Troubleshooting the Sequencing Batch Reactor. Hoboken, N.J.: Wiley Interscience, 204p. ISBN 047005073X, 2010.
4. LOGAN, B. Simultaneous waste water treatment and biological electricity generation. Water Science & Technology. 52(1-2):31-37, 2005.
5. METCALF & EDDY (2005). Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. THM Ed. , New York, NY, USA.
6. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Acessado em 18 de setembro de 2012. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1691&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1691&id_pagina=1), 2008.
7. SVARDAL, K. and KROISS, K. Energy requirements for waste water treatment. Water Science & Technology. 64(6):1355-6, 2011.
8. THANS, C. FELIPE. Controle operacional de reator em bateladas sequenciais (RBS): ajustes na concentração de oxigênio dissolvido visando a remoção de nutrientes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
9. VON SPERLING, M. Lodos Ativados. Vol.4. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG. 2ªed., 428p., 2002.