



ISSN: 2310-0036

Vol. 2 | Nº. 8 | Ano 2017

## Dirceu Feijão

Universidade Católica de Moçambique

[dirceudorosario94@gmail.com](mailto:dirceudorosario94@gmail.com)

# Desempenho de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais Moçambicana na Remoção de Poluentes

## Performance of a Mozambican Wastewater Treatment Plant in Pollutant Removal

### Resumo

Os centros urbanos em crescimento geram elevada procura de recursos. A pressão que este crescimento provoca nos recursos obriga a uma gestão cada vez mais eficiente dos meios existentes. Este trabalho avalia a eficiência da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo através da caracterização do efluente e respetiva verificação do desempenho da estação quanto à remoção de poluentes, fazendo uma análise comparada da normalização prevista pelas leis moçambicanas (Decreto no 18/2004) e portuguesas (Decreto-lei no 236/98). Este artigo é baseado na colheita de amostras de água em quatro pontos da estação durante 10 dias. As análises físicas, químicas e do efluente realizadas no laboratório da Hidroeléctrica de Cahora Bassa apresentaram como resultados valores no efluente bruto abaixo daqueles tipicamente encontrados em efluentes domésticos, com excepção dos níveis de nitrogénio total e amoníaco. Portanto, no que diz respeito ao efluente tratado, os valores enquadram-se nos padrões recomendados pela lei. De forma geral, a Estação de Tratamento das Águas Residuais do Songo demonstra alto desempenho na remoção de poluentes nos níveis de tratamento, provando, assim, ser eficiente em toda estação. Contudo, estes resultados não retiram importância a uma verificação continua da eficiência deste tratamento.

**Palavras-chave:** Efluentes domésticos, tratamento de águas residuais, eficiência.

### Abstract

Growing urban centers generate a high demand for resources. The pressure that this growth brings on resources means that the existing resources must be managed more and more efficiently. This study evaluates the efficiency of the Songo Wastewater Treatment Station through the characterization of the effluent and its respective verification of the station's performance regarding the removal of pollutants, making a comparative analysis of the norms established by Mozambican law (Decree no. 18/2004) and (Decree-Law No 236/98). This article is based on sampling water at four points of the station for 10 days. The physical, chemical and effluent analyses carried out in the laboratory of the Cahora Bassa Hydroelectric Plant showed results in crude effluent below those typically found in domestic effluents, except for total nitrogen and ammonia levels. Therefore, with respect to the treated effluent, the values conform to the standards recommended by the law. Overall, the Songo Wastewater Treatment Station demonstrates high performance in removing pollutants at treatment levels, thus proving to be efficient at every season. However, these results do not detract from the importance of a continuing assessment of the effectiveness of this treatment.

**Keywords:** Domestic effluents, Wastewater treatment, Efficiency.



Rua: Comandante Gaivão nº 688

C.P.: 821

Website: <http://www.ucm.ac.mz/cms/>

Revista: <http://www.reid.ucm.ac.mz>

Email: [reid@ucm.ac.mz](mailto:reid@ucm.ac.mz)

Tel.: (+258) 23 324 809

Fax: (+258) 23 324 858

Beira, Moçambique

## Introdução

A água é um bem natural de grande importância para os seres vivos, regula a temperatura corporal e faz com que ocorra a manutenção do funcionamento normal dos órgãos de todos os seres vivos (Malope, 2014). Portanto, o aumento demográfico e desenvolvimento industrial alimentam a procura por este recurso (Zangonel, Bus e Menezes, 2016), originando níveis de contaminação muito acima da sua capacidade de autodepuração. Por esta razão, um meio aquífero receptor, de acordo com Araújo (2008), pode incorporar em si, toda uma gama de agentes transmissores de doença. Este facto não gera um impacto à biota aquífera em si, mas afecta alguns dos usos a que ela se destina, tais como abastecimento de água potável. É neste âmbito que a literatura de especialidade sugere a análise química, física e microbiológica, como um dos mecanismos da avaliação da eficiência de sistemas de tratamento de águas residuais.

A análise química, física e microbiológica oferece informações relevantes no que diz respeito à quantidade de material orgânico e inorgânicos presente na água. Moçambique, através da Lei de Águas (Lei nº 18/91, de 3 de Agosto), prevê, no regime geral da utilização da água, as prioridades a se terem em conta para a sua utilização, bem como os direitos gerais dos utentes e as correspondentes obrigações. O Decreto nº 18/2004, de 2 de Junho, estabelece-se os padrões de qualidade ambiental, emissão de efluentes e adopção de padrões de emissão de efluentes líquidos domésticos.

Por conseguinte, através do Diploma Ministerial nº 180/2004, de 15 de Setembro, instituiu-se o regulamento da qualidade da água para o consumo humano, para além de se fixarem as modalidades de controlo que visam proteger a saúde humana dos efeitos nocivos, resultantes de qualquer contaminação que possa ocorrer nas diferentes etapas do sistema de abastecimento de água, desde a captação até à sua distribuição ao consumidor. Portanto, como o panorama de produção de energia eléctrica na Hidroeléctrica de Cahora Bassa, S.A, implica a monitorização dos efluentes líquidos, a hidroeléctrica detém, uma Estação de Tratamento de Águas Residuais no Songo. Esta entidade tutelada pela Direcção de Gestão Ambiental e Análises Laboratoriais é responsável pela monitoria e avaliação da qualidade da água no ciclo de produção de energia eléctrica e das infraestruturas associadas.

O trabalho levado a cabo no presente estudo teve como objectivo avaliar a eficácia da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo, tendo em conta o desempenho na remoção de poluentes e o cumprimento da legislação referente às águas.

Assim, justifica-se neste sentido, a monitorização do desempenho da estação de tratamento de águas residuais na remoção de poluentes, devido à contaminação dos lençóis de água por águas

residuais produzidas ao nível das infraestruturas sociais e dos serviços pertencentes à hidroeléctrica. Estas águas, no caso de indevidamente tratadas, pressionam os volumes de resíduos líquidos, elevando consideravelmente a concentração de poluentes nos lençóis de água, de tal forma que podem causar sérios problemas ambientais e de saúde pública.

## Metodologia

Em termos de caracterização espacial e delimitação do universo estudado, a Estação de Tratamento de Águas Residuais situa-se na vila do Songo, distrito de Cahora Bassa, província de Tete, abrangendo cerca de 5 000 habitantes.

Os resíduos, matéria em estudo, provém da indústria, dos esgotos e das redes pluviais (efluente tratado), cujo corpo receptor é o rio Guto. A actividade em termos de descarga é contínua, com capacidade de caudal de cerca de 2 065 m<sup>3</sup>/dia (máximo diário), 1 375 m<sup>3</sup>/dia (média diária) e 687,5 m<sup>3</sup>/dia (mínimo diário). Portanto, a carga biológica encontra-se na ordem dos 270 kg/dia (DBO).

Para o curso da averiguação, foram identificados 4 pontos distintos para colheita de amostras, nomeadamente: (P1) chegada do efluente bruto na estação de tratamento; (P2) o tratamento preliminar e o secundário; (P3) os tratamentos secundário e terciário; e (P4) saída do efluente da estação em direcção ao corpo receptor (Rio Guto). As amostras foram colhidas em 10 dias não consecutivos, no intervalo de 9 a 30 de Dezembro de 2016 (segundas, quartas e sextas-feiras), entre 8 a 9 horas. A escolha destes dias, deveu-se a questões logísticas e financeiras (disponibilidade do laboratório, custo das análises, entre outras).

O procedimento de colheita das amostras de água foi realizado com o auxílio de um “copo de colheita”, colocando-as em duas garrafas de vidro previamente esterilizadas (uma de 2l para análises físico e químicas e outra de 500 ml para análises microbiológicas). Identificadas as amostras com um marcador, seguiu-se o acondicionamento em dois recipientes térmicos, não havendo necessidade de conservação com gelo, pois procedeu-se ao transporte a partir de uma viatura que recolheu ao laboratório, num percurso de 4 Km, em menos de 10 minutos.

No laboratório foram realizadas as *análises químicas* (pH, DBO, DQO, OD, fósforo total, nitrogénio total e amoniacal), *físicas* (temperatura, SST, SDT e opacidade) e *microbiológicas* (escherichia, coli e coliformes totais) do material colhido.

Foi com base nas médias das concentrações dos paramentos de cada ponto ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  e  $P_4$ ) que se procedeu à determinação da eficiência de remoção de poluentes de cada nível de tratamento e à eficiência da remoção de poluentes de toda a Estação de Tratamento de Água e Resíduos, de acordo com a Equação I (Scottà, 2015; Júnior, 2010; Vale,2006):

$$\text{Equação I: .} \quad E = \frac{C_0 - C_E}{C_0} \times 100\%$$

Onde:

$E$  = representa a eficiência de remoção de poluente (%)

$C_0$  = A concentração de entrada

$C_E$  = A concentração saída

Contudo, a distinção dos níveis de tratamento foi estabelecida de forma preliminar (em pré-tratamento), secundário e terciário. No nível de tratamento preliminar ou pré-tratamento, foram consideradas as concentrações do ponto 1 (como sendo as concentrações de entrada) e as do ponto 2 (concentrações de saída). No nível de tratamento secundário, as concentrações do ponto 2 foram as que se consideraram como concentrações de entrada e as do ponto 3 como concentrações de saída. Portanto, ao nível do tratamento terciário corresponderam concentrações de entrada, as do ponto 3, sendo as concentrações de saída, as do ponto 4. Na generalidade, em toda a estação de tratamento, as concentrações do ponto 1 foram consideradas as de entrada e as do ponto 4, como concentrações de saída.

## **Apresentação e discussão dos resultados**

### **1. Caracterização do Efluente e Verificação de Normalização**

A revisão da literatura permitiu identificar os mais diversos níveis em parâmetros médios de concentração e eficácia na remoção de poluentes, para além, dos estabelecidos na legislação moçambicana e portuguesa de especialidade. Apresentamos na tabela 1, o quadro referencial comparado dos Parâmetros em Efluentes Domésticos, com base na Literatura e Legislação de Especialidade.

Tabela 1. Variação de Parâmetros em Efluentes Domésticos com base na Literatura e Legislação de Especialidade

| Parâmetro  | Faixas de Valores               |                                   |                                   |                                   |                               |                                   |             |
|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|
|            | Piveli (2004)                   | Ciesielski (2011)                 | Alves (2013)                      | Scotta (2015)                     | Decreto Moç. n° 18/2014 (VLE) | Decreto-lei Port. n° 236/68 (VLE) |             |
| Químicos   | Ph                              | -                                 | 6,5 - 7,5                         | -                                 | 6,5 - 7,5                     | 6,0 - 9,0                         | 6,0 - 9,0   |
|            | DBO <sub>5</sub> , 20° C (mg/l) | 110 - 400                         | 110 - 550                         | 150 - 400                         | 200 - 500                     |                                   | 40          |
|            | DQO (mg/l)                      | 500 - 1000                        | 220 - 1000                        | 350 - 1000                        | 400 - 1000                    | 150                               | 150         |
|            | Nitrogénio Amoniacal (mg/l)     | 12 - 50                           | 10 - 45                           | 25 - 50                           | 20 - 40                       | -                                 | 10          |
|            | Nitrogénio Total (mg/l)         | 45 - 85                           | 50 - 80                           | 50 - 80                           | -                             | 15                                | 15          |
| Físicos    | Fósforo Total (mg/l)            | 4 - 15                            | -                                 | -                                 | 5 - 25                        | 10                                | 0,5; 3 e 10 |
|            | SST (mg/l)                      | 100 - 450                         | 100 - 400                         | 100 - 350                         | 200 - 450                     | 60                                | 60          |
| Biológicos | SDT (mg/l)                      | 250 - 850                         | -                                 | -                                 | -                             | -                                 | -           |
|            | Coliformes Totais (100 mg/l)    | 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>8</sup> | 10 <sup>5</sup> - 10 <sup>8</sup> | 10 <sup>5</sup> - 10 <sup>7</sup> | -                             | -                                 | 100 - 5000  |
|            | Escherichia Coli (100 mg/l)     | -                                 | 10 <sup>5</sup> - 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup> | -                             | -                                 | 100 - 5000  |

Fonte: O preponente.

A análise das amostras colhidas nos pontos 1, 2, 3 e 4 foi estabelecida tendo em conta a variação transposta.

Tabela 2. Concentrações médias do efluente gerado nos pontos de colheita

| Parâmetro            | Ponto 1                     | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 |        |
|----------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|--------|
| Químicos             | pH                          | 7,14    | 6,93    | 7,01    | 6,72   |
|                      | OD (mg/l)                   | 1,12    | 0,967   | 2,03    | 2,04   |
|                      | DBO (mg/l)                  | 85,78   | 77,80   | 20,24   | 18,75  |
|                      | DQO (mg/l)                  | 182,23  | 162,82  | 88,72   | 87,25  |
|                      | Nitrogénio Total (mg/l)     | 53,00   | 53,75   | 8,04    | 7,65   |
|                      | Nitrogénio Amoniacal (mg/l) | 16,87   | 16,40   | 0,19    | 0,23   |
| Fósforo Total (mg/l) | 0,00                        | 0,00    | 8,80    | 0,20    |        |
| Físicos              | Temperatura (°C)            | 32,00   | 31,70   | 26,85   | 26,73  |
|                      | SST (mg/l)                  | 80,30   | 72,10   | 1,02    | 4,02   |
|                      | SDT (mg/l)                  | 145,10  | 163,10  | 1156,10 | 174,10 |
|                      | Turbidez (NTU)              | 46,92   | 40,41   | 5,52    | 6,11   |
| Biológicos           | Coliformes Totais           | >2419,6 | >2419,6 | >2419,6 | 0      |
|                      | Escherichia Coli            | >400,5  | >400,5  | >400,5  | >20,72 |

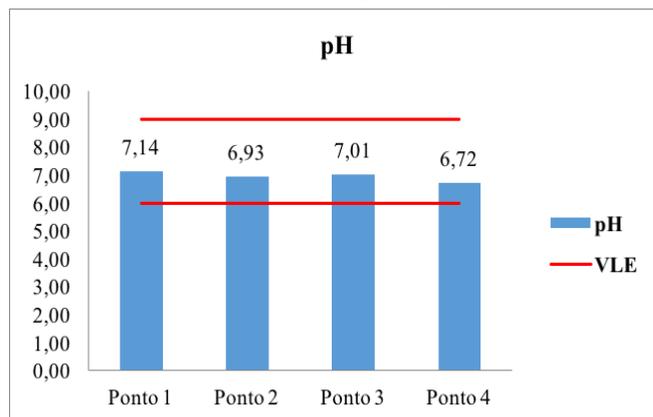
Fonte: O preponente.

Os valores referenciados (Tabela 2) apresentam-se (no presente) como o suporte para a interpretação do desempenho da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo na remoção de poluentes.

## Potencial Hidrogeniónico (pH)

O Efluente Bruto (ponto 1) apresentou pH de 7.14, encontrando-se, assim, dentro da faixa típica de um efluente doméstico (de 6.5 a 7.5, comparando a faixa de valores segundo tabela 1). Porém, o Efluente Tratado (ponto 4), apresentou pH de 6.72, demonstrando um pequeno decréscimo em relação ao Efluente Bruto (ponto1).

Gráfico 1. Variação do pH.



Fonte: O preponente.

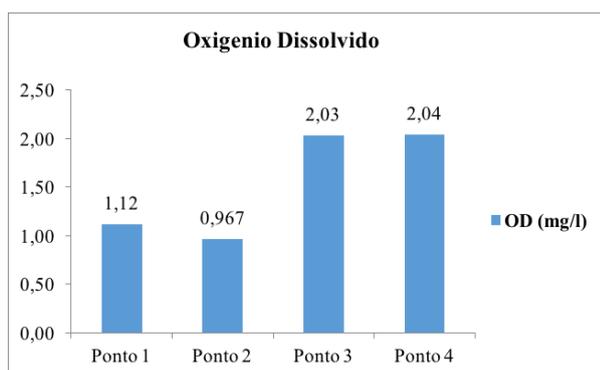
Para Grassi (2014), os microrganismos desenvolvem-se melhor em condições levemente alcalinas. O decréscimo do pH poderá ter ocorrido devido à actuação de bactérias saprófitas formadoras de ácidos que fraccionam a matéria orgânica e produzem ácidos voláteis. Por outro lado, de acordo com Scottà (2015), o valor de pH no Efluente Tratado (ponto 4), também pode reflectir o desempenho de remoção biológica de fósforo, por se encontrar na faixa entre 6.4 a 7. Não obstante, o quadro da legislação moçambicana (Decreto nº 18/2004), que estabelece como valor de pH a faixa entre 6 a 9 para as descargas de águas residuais de origem doméstica em corpos hídricos receptores, podemos verificar que o valor de pH 6.72 encontrado no ponto 4 (Efluente Tratado) se encontra dentro dos parâmetros exigidos, isto é, dentro do padrão de emissão de efluentes líquidos domésticos.

## Oxigénio Dissolvido (OD)

A literatura dispõe de um quadro bastante diversificado para a definição da concentração de Oxigénio Dissolvido. De acordo com (Piveli, 2015), em ambiente de água natural, as concentrações de oxigénio devem corresponder a valores superiores a 4 mg/l. Malope (2014), refere, para a descarga de efluentes domésticos em corpos hídricos receptores, níveis com uma concentração de OD maior ou igual a 5 mg/l.

Importa referir que a legislação moçambicana (Decreto nº 18/2004), assim como a portuguesa (Decreto nº 236/98), não prevê o valor padrão de OD para descarga de efluentes domésticos em corpos receptores. Portanto, no caso em análise, a concentração de OD variou de 1.12 mg/l (no Efluente Bruto - ponto 1) a 2.04 mg/l (no Efluente Tratado - ponto 4).

Gráfico 2. Variação de OD.



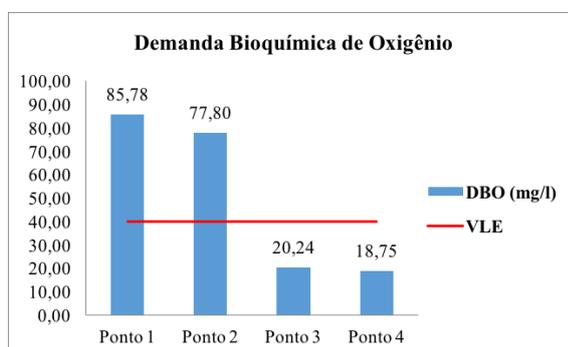
Fonte: O preponente.

Esta variação demonstra um ligeiro aumento da concentração de matéria orgânica ao longo do trajecto da Estação de Tratamento de Águas Residuais, o que leva a um aumento da decomposição, isto é, reduzindo o oxigénio na água, decorrente do seu processo de consumo. A baixa concentração de OD no Efluente Bruto (ponto 1), pode estar relacionada com a deposição de matéria orgânica presente no efluente.

### Análise Bioquímica de Oxigénio

A Analise Bioquímica de Oxigénio (PBO), expressa a presença de matéria orgânica, sendo um indicador de grande importância da qualidade das águas (Malope, 2014). As amostras como se pode observar no gráfico 3, demonstram níveis Bioquímicos de Oxigénio na Estação de Tratamento Águas Residuais do Songo entre 85.78 mg/l (Efluente Bruto - ponto 1) e 18.75 mg/l (Efluente Tratado - ponto 4). A concentração de PBO no Efluente Bruto (ponto 1) encontrou-se abaixo da faixa de valores típicos (110 mg/l a 500 mg/l) de um Efluente Doméstico.

Gráfico 3. Variação da PBO.



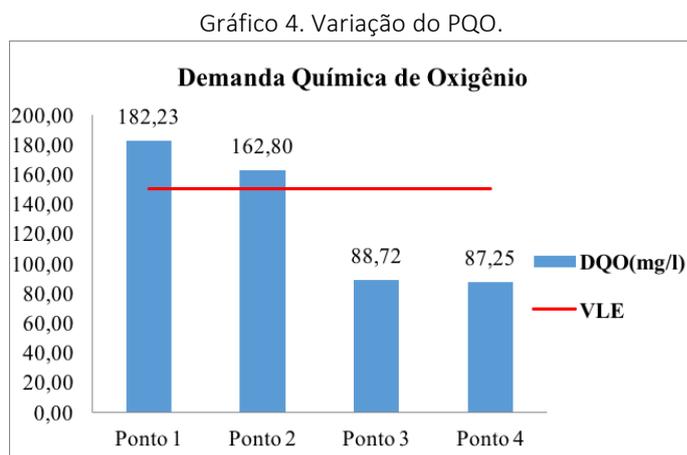
Fonte: O preponente.

Não tendo sido previsto na legislação moçambicana padrões de Analise Bioquímica de Oxigénio para emissão de efluentes domésticos em corpos receptores, a lacuna da lei foi preenchida com a transposição integral da legislação portuguesa (Decreto-lei nº 236/98) a este respeito.

Prevê-se no decreto-lei nº 236/98 (legislação portuguesa), um valor de 40 mg/l como o VLE, demonstrando desta forma que, o Efluente Lançado ao Corpo Receptor e o Efluente Tratado (ponto 4), contêm uma concentração média de 18.75 mg/l. Neste sentido, os valores encontram-se dentro do padrão de referência.

## Análise Química de Oxigénio

Os valores de Analise Química de Oxigénio (PQO), em Efluentes Domésticos são sempre maiores que a Analise Bioquímica de Oxigénio (PBO), cujos níveis variam entre 220 a 1000 mg/l. A PQO mede o oxigénio equivalente ao conteúdo da matéria orgânica de uma amostra que pode ser oxidada por um forte oxidante químico em meio ácido (Júnior, 2010). As análises efectuadas na Pesquisa Química de Oxigénio demonstrou uma variação de 182.23 mg/l no Efluente Bruto (ponto 1) a 87.25 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4).

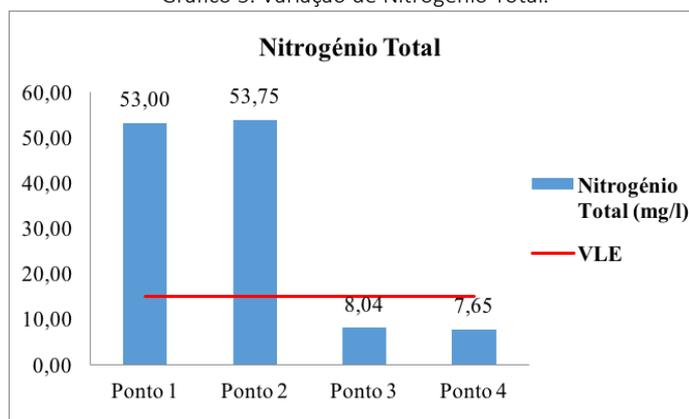


O decreto nº 18/2004 (Moçambique), recomenda o valor de 150 mg/l como VLE. Como se verificou, a concentração de 87.25 mg/l apresentada no Efluente Tratado (ponto 4) encontrava-se dentro do estabelecido pelo dispositivo legal.

## Nitrogénio Total

O nitrogénio de uma forma geral, no que diz respeito a efluentes, pode fornecer informações sobre o nível de degradação aquífera (Alves, 2013). Na estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo, as amostras analisadas para a demonstração do nitrogénio total revelaram uma variação de 53 mg/l no Efluente Bruto (ponto 1) a 7,65 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4). A concentração de nitrogénio no Efluente Bruto (53 mg/l), portanto, encontra-se dentro da faixa de valores padrão (50 a 80 mg/l) para efluentes domésticos.

Gráfico 5. Variação de Nitrogénio Total.



Fonte: O preponente.

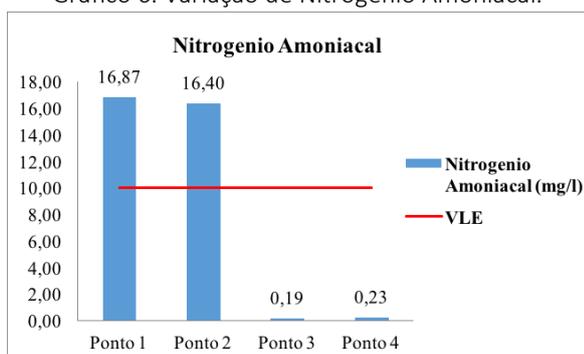
Pelo facto de os compostos de nitrogénio resultarem em nutrientes para os processos biológicos, isto é, originando macronutrientes (Grassi, 2014), o alto valor da concentração de nitrogénio no efluente bruto (ponto 1), relaciona-se com o excesso de nutrientes.

Segundo Grassi (2014), depois do carbono, o nitrogénio é o elemento imposto em maior quantidade presente nas células vivas. Neste sentido, a Estação de Tratamento de águas Residuais de Songo demonstra satisfazer os parâmetros impostos pelo quadro normativo moçambicano (Decreto no 18/2004).

### Nitrogénio Amoniacal

A faixa típica das concentrações encontrada em efluentes domésticos, segundo Piveli (2004), demonstra uma variação de 12 a 50 mg/l. A legislação portuguesa (Decreto-Lei nº 236/98), estabelece um nível de concentrações não superior a 10 mg/l de nitrogénio amoniacal para o lançamento de efluentes domésticos. Porém, o nitrogénio amoniacal apresenta-se na água sob as formas de amónia em estado gasoso ( $\text{NH}_3$ ), ou do ião amónio ( $\text{NH}_4$ ), por resultado da decomposição de animais, vegetais e/ou ainda, das transformações sofridas pelos compostos orgânicos presentes nos esgotos (Piveli, 2004).

Gráfico 6. Variação de Nitrogénio Amoniacal.



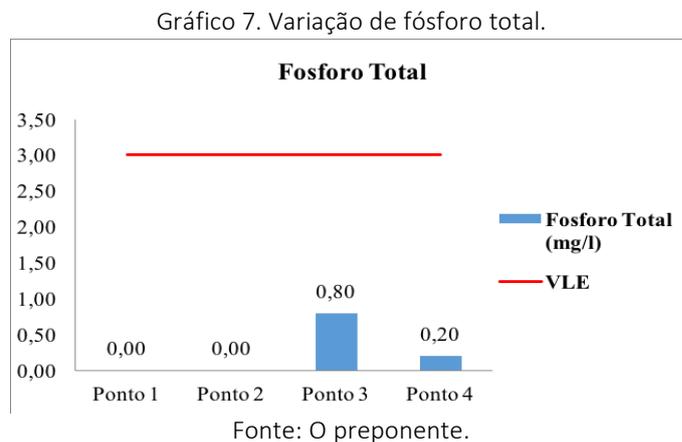
Fonte: O preponente.

As análises efectuadas das amostras permitiram verificar uma variação do nitrogénio amoniacal de 16,87 mg/l no Efluente Bruto (ponto 1) a 0,23 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4). O Efluente Tratado (ponto 4) descarrega no corpo receptor 0,23 mg/l de nitrogénio amoniacal, satisfazendo a exigência descrita.

## Fósforo Total

O gráfico 7 apresenta a variação das concentrações de fósforo de 0 mg/l, no Efluente Bruto (ponto 1), a 0,2 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4). Sendo que, a legislação moçambicana (Decreto nº 18/2004) prevê 10 mg/l de fósforo total como VLE.

Importa referir que o quadro regulatório de referência ao nível da Hidroeléctrica de Cahora Bassa para o VLE é de 3 mg/l, seguindo a legislação de base portuguesa (Decreto-Lei nº 236/98).

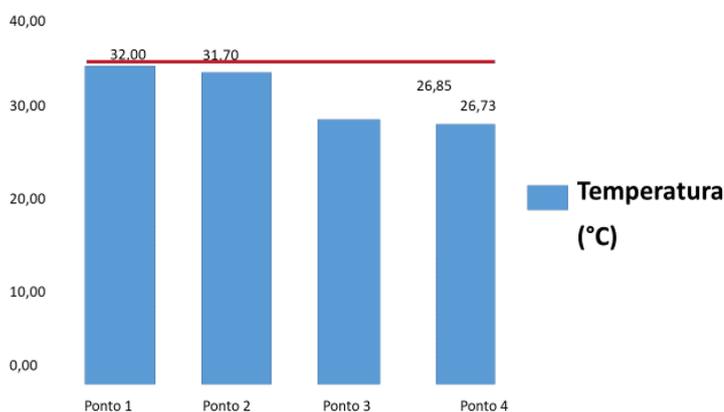


O aumento verificado da concentração do fósforo, evidentemente, está relacionado à incorporação de lamas activadas ao longo do processo de tratamento. Conforme Piveli (2015), as lamas são compostas por fósforo, que constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos que ocorrem no tanque de arejamento. Ainda que, Grassi (2014) esclareça que, a remoção da concentração do fósforo das águas residuais envolve a incorporação do mesmo em uma forma particulada, através de sólidos suspensos, nos quais os fosfatos incorporados terão de ser, necessariamente, biológicos (microrganismos), ou químicos (fosfatos de metal precipitado), pouco solúveis. Neste sentido, a redução da concentração do fósforo, entre o ponto 3 e 4, pode estar relacionada com a remoção de sólidos suspensos na cascata (uma espécie de decantador).

## Temperatura

A legislação moçambicana estabelece 35°C como o valor de emissão limite para a descarga de efluentes domésticos em corpos receptores. Da Entrada do Efluente na estação de tratamento, até o seu lançamento no corpo receptor (Rio Guto), a temperatura variou entre 32°C no Efluente Bruto (ponto 1) e 26,73°C no Efluente Tratado (ponto 4).

Gráfico 8. Variação da temperatura.



Fonte: O preponente.

A temperatura das águas residuais de origem domésticas encontra-se directamente relacionada com a concentração do OD. Quanto maior a temperatura, menor a solubilidade do OD em água (Scottá, 2015). No gráfico 8, é aferida esta tendência ao compararmos os valores da temperatura e do OD (Scottá, 2015).

Por outro lado, a faixa óptima para a actividade microbiana mesófila, de acordo com Chernicharo (2007), é de 25°C a 35°C. Tendo em atenção que a actividade microbiana e as reacções químicas aumentam com sua elevação, aumentando também a velocidade de decomposição da matéria orgânica e a viscosidade do líquido (Chernicharo, 2007), pode-se confirmar que o efluente tratado (ponto 4) encontrava-se dentro dos níveis recomendados pelo dispositivo legal moçambicano (Decreto nº 18/2004).

## Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os valores típicos de um efluente doméstico variam de 100 a 450 mg/l para os SST e de 250 a 850 mg/l para os SDT (Piveli, 2004). Ao nível do ordenamento jurídico moçambicano (decreto nº 18/2004), a concentração de SST não deve exceder os 60 mg/l. No que diz respeito aos SDT, tanto a legislação moçambicana, quanto a portuguesa, não prevêem padrões de emissão de concentrações a serem descarregadas em corpos hídricos receptores.

Neste parâmetro, as análises efectuadas mostraram uma variação dos SST de 80,30 mg/l no Efluente Bruto (ponto 1) a 4,02 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4). Portanto, os SDT apresentaram uma variação de 154,10 mg/l no Efluente Bruto (ponto 1) a 174,10 mg/l no Efluente Tratado (ponto 4). Como se pode observar, os valores das concentrações de SST e SDT no Efluente Bruto (ponto 1) encontram-se abaixo dos valores referência encontrados para os efluentes domésticos.

Gráfico 9. Variação de SST.

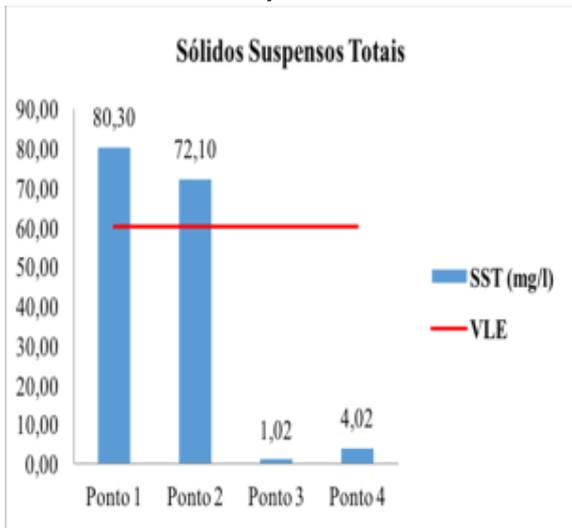
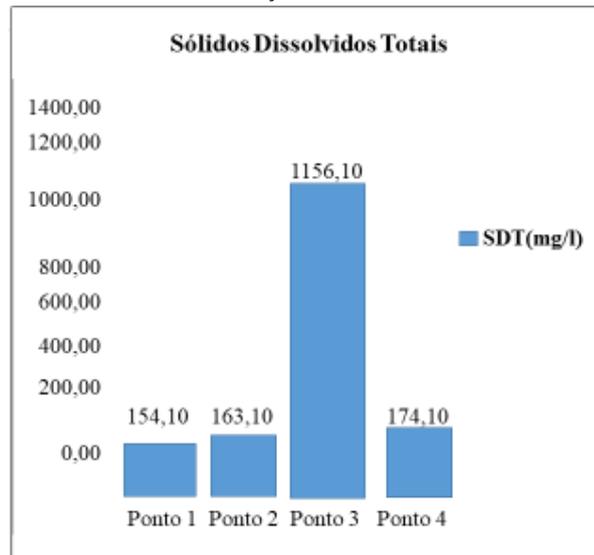


Gráfico 10. Variação de SDT

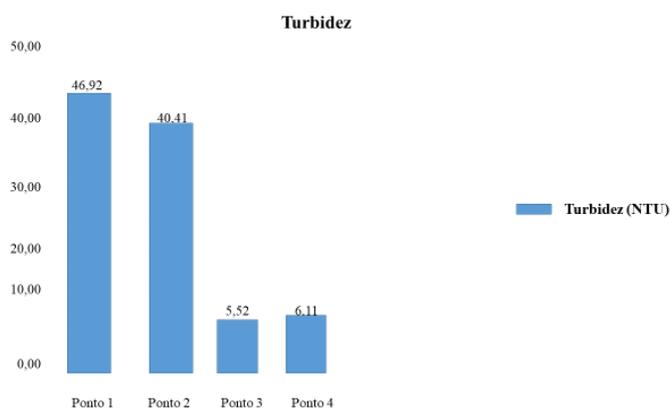


Fonte: O preponente

## Opacidade

O parâmetro relativo à opacidade está ligado à concentração de partículas suspensas presentes no efluente (Scottà, 2015). Ao nível da literatura, prevê-se 100 NTU como VLE (Conama, 2011; Scottá, 2015). Ao nível da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo, o valor da opacidade adquirido nas amostras variou de 46,92 NTU no Efluente Bruto (ponto 1) a 6,11 NTU no Efluente Tratado (ponto 4). Estes valores são o resultado de vários processos físicos ligados à retenção de sólidos suspensos ao longo do tratamento, tais como o gradeamento, a desarenação e a sedimentação.

Gráfico 11. Variação da opacidade.



Fonte: O preponente.

A tabela 3 apresenta a variação de Coliformes Totais e Escherichia Coli em 4 pontos de amostragem.

Tabela 3. Variação de organismos patogénicos.

| Parâmetros                     | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | VLE         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Coliformes Totais (NMP/100 ml) | >2419,6 | >2419,6 | >2419,6 | 0       | 5000/100 ml |
| Escherichia Coli (NMP/100 ml)  | >400,5  | >400,5  | >400,5  | 20,72   | 5000/100 ml |

Fonte: O preponente.

Conforme a tabela 3, o Efluente da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo apresentou quantidades de Coliformes Totais maiores que 2419,6/100ml na amostra do Efluente Bruto (ponto1) e 0/100ml na amostra do Efluente Tratado (ponto 4). Enquanto a Escherichia Coli apresentou-se em quantidades maiores que 400,5/100 ml na amostra do Efluente Bruto (ponto 1) e 20,72/100 ml na amostra do Efluente Tratado (ponto 4). Uma análise a partir do Decreto-Lei nº 236/98 (Legislação Portuguesa) prevê 5000/100 ml na amostragem como VLE, confirmando que o Efluente Bruto lançado ao corpo receptor, ou seja, o Efluente Tratado (ponto 4), se encontra dentro dos níveis padrão.

### 1. Desempenho da Estação quanto à Remoção de Poluentes: avaliação da eficiência de remoção da matéria orgânica e microrganismos patogénicos

A avaliação dos processos de tratamento de águas residuais é classificada segundo os níveis e sua eficácia (Vale, 2006).

O procedimento de tratamento, além de dispor de um considerável diferencial tecnológico de depuração, entre os níveis preliminar, primário, secundário, terciário e do tratamento da lama, bem como de processos e operações, como refere Scottá (2015), deve, no entanto, estar intimamente relacionado aos recursos humanos e materiais utilizados pelos técnicos responsáveis.

A tabela 3 apresenta a eficiência de remoção PBO, PQO, SST, nitrogénio total, nitrogénio amoniacal, fósforo total, opacidade, coliformes totais e *escherichia coli* em cada nível de tratamento, bem como do tratamento completo (toda a ETAR).

Tabela 3: Eficiência na remoção de poluentes em cada nível de tratamento e eficiência global

| Parâmetro            | Pré-tratamento | Tratamento Secundário | Tratamento Terciário | Tratamento Completo |
|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| DBO                  | 9,30%          | 73,98%                | 7,36%                | 78,14%              |
| DQO                  | 10,66%         | 45,50%                | 1,66%                | 52,12%              |
| SST                  | 10,21%         | 98,58%                | -292,9%              | 94,99%              |
| Nitrogénio Total     | -1,42%         | 85,04%                | 4,85%                | 85,57%              |
| Nitrogénio Amoniacal | 2,79%          | 98,84%                | -18,95%              | 98,66%              |
| Fósforo Total        | -              | -                     | 74,88%               | -                   |
| Coliformes Totais    | -              | -                     | 100%                 | 100%                |
| Escherichia Coli     | -              | -                     | 94,83%               | 94,83%              |

Fonte: O preponente.

Segundo Júnior (2010), no pré-tratamento a PBO e PQO podem ser alvo de uma eficiência de remoção de 5 a 25%, enquanto os sólidos suspensos podem ser alvo de uma eficiência de remoção na ordem dos 10% a 35%. A remoção de sólidos suspensos está relacionada com a opacidade do Efluente, quanto maior for eficiência na remoção dos sólidos suspensos, menor será a turvação, ou opacidade. Porém, o tratamento secundário, de acordo com Alves (2013), permite obter uma eficiência de remoção de PBO e PQO atingindo valores entre 40% a 90%, e nos sólidos suspensos de 70 a 99%. Neste sentido, a eficiência da remoção de PBO e PQO, pode ser atingida com recurso a processos biológicos de tratamento de efluentes (lama activada), permitindo a conversão da matéria orgânica biodegradável do efluente em gás, sólidos inorgânicos (sulfatos, hidróxidos, etc....) e material biológico sedimentável, que podem posteriormente sofrer uma separação do efluente por sedimentação. Portanto, a eficiência dos SST deve-se à alta capacidade de sedimentação da ETAR. Concomitantemente, no tratamento terciário, apresentou-se uma eficiência de remoção de PBO, PQO e nitrogénio total na ordem correspondente a 7,36%, 1,66% e 4,85%, respectivamente. Por se tratar do nível de tratamento terciário, que neste caso se dedica exclusivamente à desinfecção do efluente, justificam-se os valores apresentados na tabela. Por conseguinte, o fósforo total, os coliformes totais e a *escherichia coli* apresentaram resultados compatíveis com níveis de remoção altos, sobretudo, 73,88%, 100% e 94,83%. O uso do cloro para desinfecção na Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo justifica a alta eficiência nos resultados encontrados. Por outro lado, optou-se pela remoção de nutrientes como fósforo utilizando a precipitação química, ou o tratamento biológico. Já a utilização do cloro torna-se comum na remoção ou inactivação de organismos patogénicos.

Assim, os sistemas de arejamento prolongado com lamas activadas ao nível da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Songo evidenciam um tratamento completo mediado por uma remoção eficiente ao nível dos poluentes, mais do que 60% para PBO e PQO, mais do que 90% na remoção de SST. Estes dados afiguram-se-nos como positivos, confirmando a opinião de Júnior (2010) que considera que a eficiência de remoção do organismo patogénico pode variar de 60 a 99% para este tipo de sistema de tratamento.

## Conclusão

As análises realizadas a partir dos pontos definidos para o Tratamento de Águas Residuais na Estação do Songo permitiram verificar que o Efluente Bruto se caracteriza numa média mais baixa quando comparada com os valores tipicamente encontrados em Efluentes Brutos de origem doméstica, com excepção das concentrações de nitrogénio total (53 mg/l) e nitrogénio amoniacal (16,87 mg/l).

Não obstante, quando comparados os valores do Efluente Tratado com os Valores Limites de Emissão previstos na legislação moçambicana e portuguesa (Decreto nº 18/2004 e Decreto-Lei nº 236/98 respectivamente), ficam claros os níveis de cumprimento dos órgãos que gerem a Estação de Tratamento em relação aos padrões legais para o lançamento de águas residuais.

De uma forma geral, verificou-se um comportamento, na remoção de poluentes em cada nível de tratamento de águas residuais na Estação do Songo, com altos níveis de desempenho e eficiência na sua remoção, garantindo os padrões de lançamento de águas residuais previstos na lei, o que demonstra a eficácia da estação do Songo no tratamento de efluentes de origem doméstica.

Porém, algumas medidas devem ser introduzidas para aumentar o desempenho da estação, nomeadamente a reabilitação e ampliação da estação de tratamento, uma vez que o número da população e do parque habitacional na vila do Songo tende a ser crescente.

Esta medida permitiria garantir melhor manutenção e limpeza das estruturas físicas do sistema de tratamento, assim como a manutenção da qualidade do Rio Guto (corpo hídrico receptor).

Por outro lado, mostra-se necessário alargar os estudos de eficiência, sobretudo, procurando inseri-los num histórico de dados mais alargado e com um mínimo de duas estações ao longo do ano. Assim, a monitorização do oxigénio dissolvido e da temperatura “*in situ*” possibilitaria uma caracterização mais completa e detalhada da eficiência da estação de tratamento.

Demonstra-se imprescindível, de igual modo, monitorizar quinzenalmente o Efluente Bruto, tendo em especial atenção os demais parâmetros, com excepção do pH, opacidade, sólidos

suspensos e oxigénio dissolvido, cuja verificação deverá ser diária, devido aos impactos imediatos que estes podem causar no corpo hídrico receptor.

## **Referências Bibliográficas**

- Alves, N. (2013). Projecto de Pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda - Angola. Dissertação em Engenharia Civil. Lisboa, Portugal: Instituto Superior de Engenharia.
- Chernicharo, C. (2007). Pós-tratamento de efluentes de reactor anaeróbios. Projecto PROSAB. Belo Horizonte, Brasil: Segrac Editora e Gráfica.
- Ciesielski, J. (2011). Dimensionamento de uma Nova Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos da Central de Abastecimento do Paraná. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Curitiba, Brasil: Universidade Tuiuti do Paraná.
- CONAMA nº 430 de 13 de Maio de 2011, Resolução Brasileira Sobre Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes. Brasil.
- Decreto no 18/2004 de 2 de Junho. Regulação Sobre os Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissões de Efluentes. Maputo, Moçambique: Boletim da República.
- Decreto-Lei no 236/98 de 1 de Agosto. Diploma Legal Português que Estabelece Normas, Critérios e Objectivos de Qualidade com Finalidade de Proteger o Meio Aquático. Maputo, Moçambique: Boletim da República.
- Diploma Ministerial nº 180/2004 – Aprovação da Qualidade da Água para Consumo Humano. Maputo, Moçambique: Boletim da República.
- Grassi, P. (2014). Avaliação da Remoção de Nitrogénio e Fósforo da Estação de Tratamento de Efluentes de um Batedouro Avícola. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Rio Grande do Sul, Brasil: Universidade Federal Santa Maria.
- Jordão, E. (2015). O Tratamento de Esgotos e a Crise Hídrica no Brasil. Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Júnior, R. (2010). Avaliação da Eficiência de uma Estação de Tratamento de Esgoto Condominial. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Feira de Santana, Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Lei nº 19/91, de 3 de Agosto – Lei de Água. Maputo, Moçambique: Boletim da República.
- Malope, J. (2014). Eficiência do Sistema de Tratamento do Efluente do Hospital Provincial de Chimoio. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais. Chimoio, Universidade Zambeze.
- Piveli, R. (2004). Tratamento de Esgotos Sanitários. Brasil: S/I.

Scottá, J. (2015). Avaliação e Otimização de uma Estação de Tratamento de Esgoto com Sistema Fossa e Filtro de um Município da Serra Gaúcha. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Lajeado, Brasil: Centro Universitário UNIVATES.

Vale, M. (2006). Avaliação da Eficiência da Remoção de Matéria Orgânica e Microbiológica de Três Sistemas de Lagoas de Estabilização em Serie na Grande Natal-RN: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II. Dissertação do Mestrado em Engenharia Sanitária. Rio Grande do Sul, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Von Sperling, M. (1996). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais.

Zangonel, J; Bus, M. & Menezes, J. (2016). Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Águas Residuais de uma Lavadeira de Jeans. *Revista de Engenharia Civil*, IMED, Brasil.