

MONITORIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA ETAR DE UM MATADOURO – CASO DE ESTUDO

MONITORING OF A SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT PLANT – CASE STUDY

EMÍLIA MARIA MEDEIROS PINTO ¹
MARIA ELISABETE FERREIRA SILVA ²
ISABEL PAULA LOPES BRÁS ³

¹ Ex-aluna da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTGV) do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal.
(e-mail: emiliapinto7@hotmail.com)

² Docente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTGV)
e investigadora do Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde (CI&DETS)
do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal. (e-mail: beta@estv.ipv.pt)

³ Docente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTGV)
e investigadora do Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde (CI&DETS)
do Instituto Politécnico de Viseu – Portugal. (e-mail: ipbras@estv.ipv.pt)

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as águas residuais produzidas num matadouro, determinar as eficiências do processo de tratamento e propor medidas de melhoria. Da caracterização das águas residuais constatou-se que o efluente final cumpriu com os valores limite de emissão, exceto para o fósforo. De um modo geral, obtiveram-se eficiências de remoção dos poluentes superiores a 73%. Em relação aos parâmetros operacionais, verificou-se que o valor de F/M, entre 0,05 e 0,15 kgCBO₅.kg⁻¹MLVSS.d⁻¹, é importante para aumentar a eficiência do processo. Aumentando a quantidade de coagulante e floculante a adicionar nas DAF's, ocorrerá uma maior produção de lamas e consequente remoção de fósforo. Constatou-se que a manutenção adequada da purga de lamas permite a redução da biomassa no reator e aumenta a razão F/M.

Palavras-chave: matadouros, estação de tratamento de águas residuais (ETAR), monitorização.

Abstract

The present work aims to characterize the slaughterhouse wastewater treatment, calculate the treatment efficiency and recommend improvement measures. From the wastewater characterization it was noted that the final effluent complies with the emission limit values, except for phosphorus. Overall, removal efficiencies obtained for pollutants were higher than 73%. What concerns the operational parameters, it was found that F/M value, between 0.05 and 0.15 kgCBO₅.kg⁻¹MLVSS.d⁻¹, is important to increase efficiency. Increasing the coagulant and flocculant amount in the DAF, the sludge production increases and consequently the phosphorus removal. The sludge purging allows the reduction of biomass in the reactor and increase the F/M ratio.

Keywords: slaughterhouse, wastewater treatment, monitoring.

Siglas:

CE – Condutividade elétrica, $\mu\text{S.cm}^{-1}$

CBO₅ – Carência biológica de oxigénio aos 5 dias, mg.L^{-1}

CQO – Carência química de oxigénio, mg.L^{-1}

DAF – Flutuação de ar dissolvido (Dissolved Air Flotation)

F/M - Relação entre a carga orgânica do efluente e a quantidade de microrganismos no reator (Food-to-microorganism ratio), $\text{kgCBO}_5.\text{kg}^{-1}\text{MLVSS.d}^{-1}$

LD – Limite de deteção

MLVSS – Sólidos suspensos voláteis no licor misto (Mixed-liquor volatile suspended solids), mg.L^{-1}

MLSS - Sólidos suspensos no licor misto (Mixed-liquor suspended solids), mg.L^{-1}

Q - Caudal de efluente em tratamento, $\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$

Q_{ar} - Caudal de ar que deve ser alimentado ao reator biológico, $\text{m}^3.\text{kg}^{-1}\text{CBO}_5$

Q_r - Caudal da corrente de recirculação de lamas ao reator, $\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$

SDF – Sólidos dissolvidos fixos, mg.L^{-1}

SDT – Sólidos dissolvidos totais, mg.L^{-1}

SDV – Sólidos dissolvidos voláteis, mg.L^{-1}

SSF – Sólidos suspensos fixos, mg.L^{-1}

SST – Sólidos suspensos totais, mg.L^{-1}

SSV – Sólidos suspensos voláteis, mg.L^{-1}

ST – Sólitos totais, mg.L^{-1}

SVI - Índice volumétrico de lamas (Sludge volume index), mL.g⁻¹

T – Temperatura, °C

V – Volume do reator, m³

VLE – Valor limite de emissão

Θ_c - Tempo de residência celular no reator biológico, d

1. Introdução

A indústria de abate é uma atividade de escala industrial na área alimentar, provocando impactes ambientais cada vez mais significativos devido ao aumento de produção, resultado da maior procura por este tipo de produtos (Del Pozo *et al.*, 2000).

Os impactes ambientais de maior evidência são a produção de águas residuais, que são originadas, principalmente, no processo de abate, na produção de subprodutos e nas atividades de lavagem, tanto de equipamentos como das instalações. A composição destas águas residuais está dependente do tamanho da instalação de abate, do número de aves abatidas, da eficiência da captação de sangue e da gestão da utilização da água no processo industrial (Nardi *et al.*, 2008).

Devido aos processos que decorrem durante o abate de aves, o efluente produzido nos matadouros de aves contém elevada carga orgânica e altos teores de azoto, fósforo, óleos e gorduras e de sólidos suspensos totais (SST), sendo que a elevada carga orgânica se deve à afluência de sangue, gordura da pele, de fezes e de óleos dissolvidos durante o escaldão. Os resíduos de sangue, urina e fezes também são fontes significativas de azoto, especialmente azoto orgânico. Já o fósforo contido neste tipo de efluente deriva do estrume, sangue e produtos de limpeza (Del Nery *et al.*, 2007).

As principais emissões das águas residuais dos matadouros são caracterizadas pelas concentrações de CBO₅ entre 2,43 e 43 kg.t⁻¹ de aves abatidas, CQO entre 4,0 e 41 kg.t⁻¹ de aves abatidas, azoto entre 560 e 4652 g.t⁻¹ de aves abatidas, fósforo de 26,2 a 700 g.t⁻¹ de aves abatidas e, por fim, SST que têm uma variação entre 48 e 700 g.t⁻¹ de aves abatidas (Comissão Europeia, 2005).

Todos estes contaminantes, presentes nos efluentes de matadouros industriais, podem ser tratados em estações de tratamento de águas residuais – ETAR – através de mecanismos físicos, químicos e biológicos. Os valores limite de emissão a cumprir pela instalação são: CBO₅ de 40 mgO₂.L⁻¹, CQO de 150 mgO₂.L⁻¹, N de 15 mgN.L⁻¹, P de 5 mgP.L⁻¹ e SST de 60 mg.L⁻¹.

Pretende-se com este trabalho caracterizar as águas residuais produzidas num matadouro, perceber qual a eficiência do tratamento biológico e propor melhorias nos processos para aumentar a eficiência de remoção do azoto e fósforo.

2. Caracterização da ETAR

As águas residuais dos matadouros de aves possuem elevada carga orgânica e a sua remoção é conseguida principalmente através de processos biológicos, na presença ou ausência de oxigénio, sendo, no entanto, apoiados por processos de tratamento físico e químico auxiliares.

A ETAR do matadouro em análise é caracterizada por utilizar o processo de lamas ativadas de arejamento prolongado como principal método de remoção da carga orgânica do efluente da instalação. Este sistema está inserido numa sequência de tratamentos que permitem obter um efluente final com qualidade superior ao de entrada na ETAR, os quais serão, de seguida, descritos.

O efluente é proveniente das diversas operações e processos presentes na instalação, englobando o abate, a limpeza e higienização das instalações e equipamentos. Este aflui à ETAR através de um sistema de canalizações separativo, em que as águas pluviais são separadas do efluente da instalação. Os processos que decorrem na ETAR são representados na Figura 1.

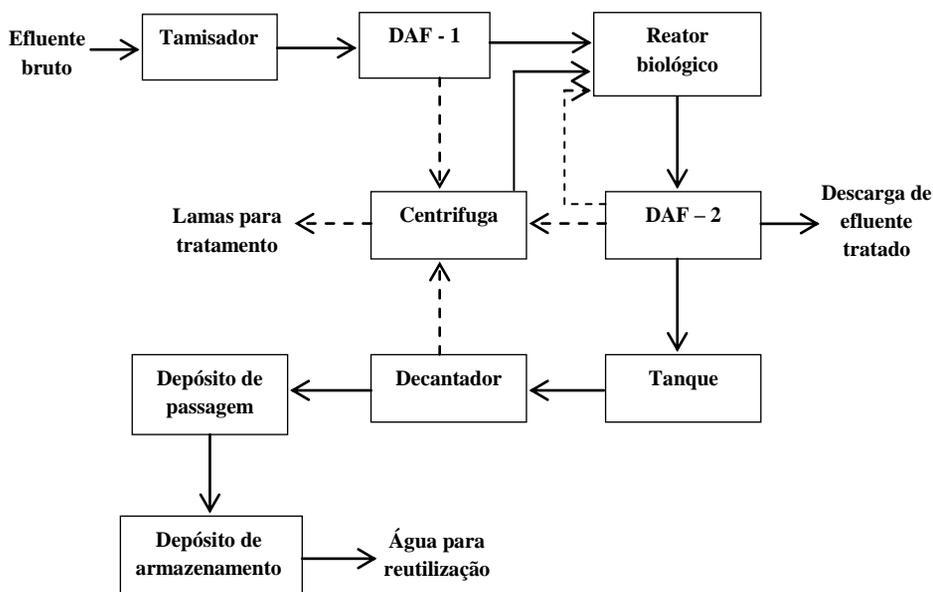


Figura 1 - Esquema dos processos da ETAR.

(—————> efluente líquido; - - - - -> corrente de lamas)

O efluente bruto da instalação é encaminhado para um poço, chamado poço de captação, com uma capacidade de 18 m^3 contendo uma bomba submersível de 3,75 kW de potência nominal e com capacidade de $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Este poço tem como função receber o efluente e bombeá-lo para o crivo estático com malha de 1 mm (tamisador), que tem como função reduzir significativamente os sólidos suspensos e, conseqüentemente, o CBO_5 das águas residuais.

Seguidamente, o efluente segue para um novo poço de bombagem, com uma capacidade de 18 m^3 , que possui uma bomba submersível de 3,75 kW de potência nominal e com uma capacidade de $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ que bombeia o efluente para o sistema de flotação, que consiste numa DAF-1. Nesta DAF é adicionado um floculante e um coagulante, possuindo uma capacidade de tratamento de águas residuais de $90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Este procedimento tem como finalidade a remoção de óleos e gorduras, bem como de qualquer matéria orgânica suspensa, e consiste na separação das partículas sólidas ou líquidas da fase líquida, que é efetuada através da introdução de ar. Este processo é ainda intensificado através da adição de agentes químicos que facilitam a criação de uma superfície que permite uma fácil absorção ou atração das bolhas de ar.

Após este tratamento, o efluente segue para o processo de lamas ativadas. Primeiro, o efluente que sai da DAF segue através de forças gravitacionais para o reator biológico, que possui uma capacidade total de 2280 m^3 , com volume útil de 2090 m^3 , e que é alimentado por dois sopradores de ar atmosférico com uma capacidade de $800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. O reator biológico é do tipo circular e possui no seu fundo uma rede de difusores de ar que possibilitam o arejamento do efluente no reator. Este arejamento é feito de forma uniforme por todo o reator biológico, o que permite que ocorram fenómenos de adsorção, floculação e oxidação da matéria orgânica. O tempo de retenção é de 4,2 dias.

O processo de degradação biológica é auxiliado pela introdução de microrganismos capazes de estabilizar os resíduos aerobiamente, sendo que estes microrganismos provêm das lamas biológicas separadas na DAF-2. Portanto, ocorre uma recirculação de lamas que permite a introdução da biomassa necessária para a estabilização da matéria orgânica.

Terminado o tempo de retenção no reator biológico, o efluente segue para a segunda DAF, que possui uma capacidade de tratamento de $21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} + 6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ de recirculação de lamas, com uma bomba de recirculação de lamas com uma capacidade de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Nesta fase ocorre a adição de um floculante que contém um polieletrólito catiónico, que ajuda à suspensão das lamas, facilitando a sua separação e conseqüente clarificação do efluente.

A água tratada segue para o ponto de descarga final ou para o tanque de armazenamento, enquanto as lamas produzidas seguem, em parte, para o reator

biológico (recirculação de lamas) e as restantes seguem para a centrífuga que possui uma capacidade de tratamento de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Neste processo, as lamas são separadas da água (clarificado) através da ajuda de um polieletrólito catiónico que as torna pastosas, sendo, seguidamente, desidratadas e armazenadas para serem encaminhadas por uma empresa licenciada, enquanto o clarificado é enviado novamente para o reator biológico.

Parte da água tratada segue para um tanque com 8 m^3 de capacidade onde é adicionado hipoclorito de sódio de forma a permitir a sua desinfecção, passa ainda por um decantador e por um depósito de passagem até, por fim, ir para um tanque de armazenamento com 30 m^3 de capacidade. Esta água é utilizada para lavagem dos pisos exteriores, das zonas de armazenamento de subprodutos e resíduos e da zona do cais de frango vivo.

3. Caracterização do efluente do matadouro

As águas residuais provenientes do matadouro em estudo são oriundas das diversas operações e processos presentes na instalação, como o escaldão para remover as penas, a lavagem das carcaças antes e após a evisceração, nas fases de arrefecimento e na limpeza e higienização das instalações e dos equipamentos. O caudal típico diário bruto que aflui à ETAR é de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$.

Dadas as características do efluente, o foco da eficiência de tratamento na ETAR prende-se com a remoção de matéria orgânica, azoto e fósforo. Consequentemente, para a monitorização optou-se por analisar o efluente antes do reator biológico, após o reator biológico, o efluente final e, ainda, as lamas de recirculação, correspondendo, portanto, o ponto 1 à entrada do reator biológico, o ponto 2 à saída do reator biológico, o ponto 3 à saída da DAF-2 e o ponto 4 às lamas de recirculação. A amostragem foi realizada no mesmo dia, tendo sido efetuadas as medições do pH, condutividade elétrica e temperatura *in-situ*, enquanto o fósforo, o azoto, o CQO, o CBO₅ e os sólidos suspensos foram determinados seguindo os protocolos adaptados do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Os resultados obtidos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do efluente.

	pH Escala de Sorensen	CE $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	T $^{\circ}\text{C}$	P $\text{mgP} \cdot \text{L}^{-1}$	N $\text{mgNH}_3\text{-N} \cdot \text{L}^{-1}$	CBO ₅ $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$	CQO $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$
Ponto 1	6,3	820	15,5	45	80,3	867	2650
Ponto 2	5,6	1059	16,8	130	175	800	2173
Ponto 3	5,3	1027	16,1	12,3	9,71	8,00	96,2

Como a análise às lamas de recirculação teve como objetivo avaliar a concentração de sólidos suspensos voláteis não se quantificou o fósforo, o azoto, o CBO₅ nem o CQO.

A determinação dos sólidos do efluente e das lamas de recirculação está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização dos sólidos do efluente e das lamas de recirculação.

	SST mg.L ⁻¹	SSF mg.L ⁻¹	SSV mg.L ⁻¹	SDT mg.L ⁻¹	SDV mg.L ⁻¹	SDF mg.L ⁻¹	ST mg.L ⁻¹
Ponto 1	1590	1220	370	2680	700	1980	4270
Ponto 2	2778	344	2433	389	66,7	322	3167
Ponto 3	17	40	26	106	81	52	120
Ponto 4	8144	611	7533	52089	52300	<LD	60230

Pode verificar-se, através da análise da Tabela 1, que as percentagens de remoção dos poluentes são elevadas, atingindo-se cerca de 73% de fósforo, 88% de azoto, 99% de CBO₅, 96% de CQO e 99% de sólidos suspensos totais. No entanto, pode constatar-se que, nesta amostragem, o efluente final não cumpre o VLE para o fósforo referenciado na Licença Ambiental.

4. Monitorização da ETAR

O sistema de tratamento utilizado na ETAR, devido ao seu tempo de retenção hidráulica elevado, à baixa carga volumétrica e à necessidade de remoção de azoto, é definido de arejamento prolongado. Esta metodologia baseia-se no tratamento com os microrganismos em fase endógena, que ocorre enquanto a produção de energia e a formação de produtos finais é maior do que a formação do material genético da biomassa nova. A razão entre a matéria orgânica da água residual e os microrganismos (F/M) é muito menor do que 1, e indica o início da fase de decaimento dos microrganismos. Os produtos finais da digestão microbiana vão sendo formados, enquanto a produção de massa de lamas ativadas está no seu nível mínimo, induzindo assim um mínimo de excessos de lamas a ser removido do sistema. A taxa de utilização de oxigénio diminui nesta fase, enquanto a quantidade total de oxigénio consumido, obviamente, atinge o seu valor total máximo (Parkson Corporation, 2011).

Na Tabela 3 são apresentadas as características ideais para o bom funcionamento deste sistema, de acordo com a bibliografia, e os valores reais calculados para a validação das condições operatórias do sistema.

Tabela 3: Valores de projeto e reais do sistema de lamas ativadas com arejamento prolongado da ETAR.

	Θ_c	F/M	Carga Volumétrica	MLSS	V/Q	Qr/Q	Q _{ar}	SVI
	dias	kgCBO ₅ .kg ⁻¹ MLVSS.d ⁻¹	Kg.m ⁻³ .d ⁻¹	mg.L ⁻¹	horas		m ³ .Kg ⁻¹ CBO ₅	mL.g ⁻¹
Teóricos (Metcalf & Eddy, 1991)	20-30	0,05-0,15	0,16-0,4	3000-6000	18-36	0,5-1,5	125	< 80
Calculados	50	0,085	0,21	2778	101	0,5	9,67	72

Na Tabela 3, Θ_c representa o tempo de residência celular no reator biológico, F/M é a relação entre a carga orgânica do efluente e a quantidade de microrganismos no reator, V/Q é o tempo de retenção hidráulica, MLSS e Qr representam a quantidade de biomassa no reator e o caudal da corrente de recirculação de lamas ao reator, respetivamente. Por fim, Q_{ar} representa o caudal de ar que deve alimentar o reator biológico para prosseguimento da degradação da matéria orgânica e do azoto, e SVI o índice volumétrico de lamas (Sludge Volume Index), isto é, o volume ocupado por uma grama de lama ativada do reator após 30 minutos de sedimentação numa proveta de 1 litro.

Embora todas estas variáveis sejam de grande influência na eficácia de um sistema de arejamento prolongado, é a quantidade de oxigénio presente no reator que tem um papel fundamental. Assim, o arejamento deve ser adequado tanto para a remoção de CBO₅ como de azoto, mas também deve satisfazer as necessidades da biomassa na sua respiração endógena, promover a mistura adequada no reator e manter o oxigénio dissolvido entre 1,5 e 4 mg.L⁻¹. Nestas variáveis entram também o tipo de difusores de ar presentes no reator, que condicionam a eficiência de dispersão do ar, e, conseqüentemente, a sua necessidade. Devem ser dimensionados considerando a manutenção de uma quantidade de oxigénio dissolvido de 2 mg.L⁻¹ (Metcalf & Eddy, 1991). O valor de ar necessário, indicado na Tabela 3, é o reportado na bibliografia, tendo em consideração todas as funções anteriormente referidas.

Analisando a Tabela 3, pode observar-se que os valores se encontram dentro ou aproximados às gamas sugeridas para o bom funcionamento do sistema. Apenas os valores calculados de Θ_c , de V/Q e de Q_{ar} se encontram com valores afastados dos valores ideais. Os elevados tempos de residência, quer celular quer hidráulico tendem, com o tempo, a refletir-se numa perda de eficiência do sistema. Efetivamente, em Dezembro de 2011, foi necessário efetuar a manutenção ao reator porque ocorriam situações de teores de oxigénio dissolvido extremamente baixos ($\approx 0,5$ mg.L⁻¹), influenciando claramente os restantes parâmetros, que ultrapassavam os VLE de descarga do efluente. Após limpeza dos sistemas de dispersão e arranque do sistema, foi possível manter os teores de oxigénio dissolvido entre 1,07 e 3,95 mg.L⁻¹ e atingirem-se

os valores de descarga apresentados na Tabela 1 relativa ao ponto 3 (descarga do efluente tratado).

A avaliação da quantidade de oxigénio necessária diariamente para a manutenção dos processos biológicos no interior do reator é fundamental para manter a sua eficiência. Paralelamente é um dos aspetos mais onerosos, uma vez que representam cerca de 80% do consumo total de energia da ETAR (Charpentier & Martin, 1996).

Segundo os cálculos realizados baseados nas expressões de dimensionamento referidas por Metcalf & Eddy (1991), percebeu-se que o caudal necessário de ar para a remoção de CBO_5 e para a realização da nitrificação/desnitrificação seria $9,67 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{CBO}_5$, sendo este um valor muito inferior ao teórico apresentado. Isto deve-se ao facto de os cálculos realizados terem sido efetuados tendo em atenção apenas as quantidades estequiométricas para a remoção de CBO_5 e azoto, assim como ao facto de estas expressões serem aplicadas em sistemas de tratamento por lamas ativadas convencionais. Efetivamente, não são consideradas as necessidades para a operação de mistura do efluente no reator, nem as condições de transferência do oxigénio e a manutenção dos teores desejados de oxigénio dissolvido.

Efetuiu-se ainda o cálculo do caudal de ar necessário, através da fórmula desenvolvida por Charpentier & Martin (1996). Estes autores desenvolveram um modelo que permite determinar as necessidades de oxigénio a dissolver para remover um quilograma de CBO_5 em sistemas de arejamento prolongado. Com a aplicação deste modelo, chegou-se ao valor de $30,8 \text{ m}^3 \text{ar} \cdot \text{kg}^{-1} \text{CBO}_5$ removido, o que corresponde a um caudal de $551 \text{ m}^3 \text{ar} \cdot \text{h}^{-1}$. Este último caudal encontra-se mais próximo dos valores utilizados para dimensionamento da rede de arejamento:

- Caudal diário: $700 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$;
- CBO_5 afluente: $2000\text{-}4000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- N afluente: $150\text{-}300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- Necessidades de oxigénio previstas: $114,6 \text{ kgO}_2 \cdot \text{h}^{-1}$;
- Caudal de ar previsto: $1533 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Outro parâmetro importante e não referido anteriormente é a produção diária de lamas em excesso (P_x) que é necessário purgar, visto que esta purga serve para manter os níveis de carga orgânica ou do tempo de residência celular. O valor encontrado foi de $130 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$, sendo superior ao valor utilizado na ETAR que é de $101 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Sugere-se, portanto, que, para diminuir o valor de Θ_c para 30 dias, se pode aumentar a purga de lamas do sistema (P_x) para $182 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$, visto que com uma maior remoção de lamas em excesso se diminui o tempo de vida das células. O cálculo das necessidades de recirculação de lamas ao reator biológico levou a concluir que seria adequado manter um caudal de recirculação de lamas de $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$, que possibilita

também uma maior eficácia na sedimentação das lamas, enquanto o caudal de recirculação utilizado na ETAR é de $7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Para a diminuição do tempo de retenção hidráulica sugere-se a diminuição do volume útil do reator biológico, visto que o volume útil do reator biológico considerado foi de 2090 m^3 , com altura de 5,5 m e diâmetro de 22 m. O volume ideal para que o tempo de retenção hidráulica se encontre dentro do valor teórico apresentado na Tabela 3 seria de 750 m^3 , o que indicaria uma altura máxima de 1,9 m. Tal valor torna-se paradoxal visto que é quase impossível conseguir manter as condições de funcionamento do reator, nomeadamente em relação ao arejamento, e também porque não existe nenhum equipamento a montante do reator com capacidade de reter o efluente por forma a manter um caudal suficientemente reduzido capaz de conservar este volume dentro do reator.

Através da análise da Tabela 1, pode afirmar-se que apenas o fósforo não cumpre o VLE previsto. O fósforo é removido da corrente residual, não só através de processos biológicos (nutriente fundamental para o crescimento celular e através da nitrificação/desnitrificação que decorre no reator biológico), mas também por processos químicos. Com a adição de sais metálicos conjugados com polímero pode ser controlado este parâmetro. Para tal pode-se optar por aumentar a quantidade de coagulante e floculante a adicionar nas DAF's, o que permitirá uma maior produção de lamas e consequente remoção de fósforo.

Também o valor de F/M é importante para uma maior eficiência no tratamento das águas residuais, isto porque a manutenção do valor de F/M entre 0,05 e $0,15 \text{ kgCBO}_5 \cdot \text{kg}^{-1} \text{MLVSS} \cdot \text{d}^{-1}$ permite que os microrganismos entrem na fase de respiração endógena, onde toda a matéria orgânica disponível sofre oxidação, diminuindo a sua concentração no efluente final. Mais uma vez a manutenção da purga de lamas adequada vai permitir a redução da biomassa no reator e aumentar a razão F/M. Esta gama de valores de F/M permite também uma maior eficiência de sedimentação das lamas, o que possibilita que a matéria orgânica seja removida com mais facilidade na DAF-2.

5. Conclusão

O estudo efetuado permitiu constatar que o efluente final cumpriu com os valores limite de emissão, exceto para o fósforo. De um modo geral, obtiveram-se eficiências de remoção dos poluentes superiores a 73%. Em relação aos parâmetros operacionais, verificou-se que o valor de F/M (relação entre a carga orgânica do efluente e a quantidade de microrganismos), entre 0,05 e $0,15 \text{ kgCBO}_5 \cdot \text{kg}^{-1} \text{MLVSS} \cdot \text{d}^{-1}$, é importante para aumentar a eficiência. Aumentando a quantidade de coagulante e floculante a adicionar nas DAF's, ocorreria uma maior produção de lamas e

consequente remoção de fósforo. Constatou-se que a manutenção adequada da purga de lamas permite a redução da biomassa no reator, aumentando a razão F/M.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Public Health Association – APHA (1998). L. S. Glesceri; A. E Greenberg; A. D. Eaton (Eds). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. (20th edition). Washington D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Association.
- Charpentier, J. & Martin, G. (1996). New Approach to oxygen requirement for low-load activated sludge. *Water Research*, 30(10): 2347–2356.
- Comissão Europeia (2005). *Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries*. Technologies for Sustainable Development, European IPPC Bureau.
- Del Nery, V., Nardi, I. R., Damianovic, M. H. R. Z., Pozzi, E., Amorim, A. K. B. & Zaiat, M. (2007). Long-term Operating Performance of a Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment Plant. *Resources, Conservation and Recycling*, 50: 102–114.
- Del Pozo, R., Diez, V. & Beltran, S. (2000). Anaerobic Pre-treatment of Slaughterhouse Wastewater Using Fixed-film Reactors. *Bioresource Technology*, 71: 143–149.
- Metcalf & Eddy (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. (3th edition). Singapura: McGraw-Hill.
- Nardi, I. R., Fuzi, T. P., & Del Nery, V. (2008). Performance Evaluation and Operating Strategies of Dissolved-air Flotation System Treating Poultry Slaughterhouse Wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(3): 533–544.
- Parkson Corporation (2011). Extended Aeration Treatment System. *Water Today*, 14: 52-59.

Recebido: 15 de janeiro de 2015.

Aceite: 8 de maio de 2015.