

REVISTA AIDIS

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

ANÁLISE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOUROS BOVINOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E POR REATOR UASB SEGUIDO DE LAGOA DE POLIMENTO

* Patrick Lucas Iopp¹
Alesi Teixeira Mendes²

ANALYSIS OF SYSTEMS OF TREATMENT OF EFFLUENTS OF BOVINE LAYERS BY ESTABLISHMENT LAKES AND BY UASB FOLLOWED REPLACER OF POLISH POND

Recibido el 21 de diciembre de 2018; Aceptado el 30 de abril de 2020

Abstract

Brazil is among the largest beef producers in the world and this industrial sector has a fundamental role in the country's economy. It's notorious that the activities carried out in the slaughterhouses have a high polluting potential of the water bodies, where the generated effluents are released. The treatment of these effluents can be carried out by combining chemical, physical and biological methods. After treatment, the effluent characteristics must comply with the parameters established by current legislation. The objective of this work is to evaluate and analyze the efficiency of two treatment systems of the effluent generated by a slaughterhouse in the state of Tocantins, the first being the traditional system of stabilization ponds and the second consisting of a UASB reactor and a polishing pond. The estimated BOD removal efficiency for the proposed systems was over 90%, above the 60% efficiency required by CONAMA Resolution No. 430 and, therefore, applicable to the treatment of slaughterhouse effluents.

Keywords: anaerobic treatment, organic matter, industrial waste, UASB reactor, stabilisation ponds.

¹ Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.

¹ Programa de Pós-graduação de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.

*Autor correspondente: Universidade Federal do Tocantins, 105 Norte, alameda das Aroeiras, 5 – Plano Diretor Norte, Palmas - TO, 77001-048 – Brasil. Email: patrickliopp@gmail.com; patrick_iopp@mail.uft.edu.br

Resumo

O Brasil está entre os maiores produtores de carne bovina do mundo e esse setor industrial possui um papel fundamental na economia do país. É notório que as atividades executadas nos estabelecimentos abatedouros possuem um alto potencial poluidor dos corpos hídricos, onde são lançados os efluentes gerados. O tratamento destes efluentes pode ser realizado pela combinação de métodos químicos, físicos e biológicos. Após o tratamento, as características do efluente devem obedecer aos parâmetros estabelecidos pelas legislações vigentes. O objetivo deste trabalho é dimensionar e analisar a eficiência de dois sistemas de tratamento do efluente gerado por um abatedouro no estado do Tocantins, sendo o primeiro constituído pelo tradicional sistema de lagoas de estabilização e o segundo constituído por reator UASB e lagoa de polimento. A eficiência de remoção de DBO estimada para os sistemas propostos foi superior a 90%, acima da eficiência de 60% exigida pela resolução nº 430 do CONAMA e, portanto, aplicável ao tratamento de efluentes de abatedouros.

Palavras chave: tratamento anaeróbio, matéria orgânica, rejeitos industriais, reator UASB, lagoas de estabilização.

Introdução

Uma das consequências do crescimento populacional no Brasil foi aumento do consumo de carne e seus derivados, o que resultou no acréscimo da produção nacional das indústrias do setor frigorífico, trazendo paralelamente preocupações de caráter ambiental (Arruda, 2004).

Devido a esse aumento significativo no consumo e conseqüentemente na produção de carne, novas preocupações passaram a evidenciar-se no setor, por exemplo no que diz respeito a preservação ambiental frente ao aumento das atividades frigoríficas. A preocupação ambiental gerada pela atividade do setor frigorífico corroborou para o desenvolvimento e estabelecimento de marcos legais e diretrizes ambientais que passaram a regular as suas atividades.

As principais leis estão ligadas aos padrões de qualidade dos efluentes gerados pelos frigoríficos e que são lançados nos corpos d'água, dentre essas encontram-se as resoluções CONAMA nº 357, de março de 2005 e CONAMA nº 430, de maio de 2011, que preconizam que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências das resoluções (CONAMA, 2005; CONAMA, 2011).

Os frigoríficos de abate de bovinos geram em seus processos de produção diversos resíduos que precisam ser tratados de forma correta para amenizar os impactos de seu lançamento no meio ambiente. Os resíduos oriundos do processo de abate podem ser efluentes líquidos (águas contaminadas com produtos utilizados na limpeza dos animais, também contaminadas com sangue, esterco, dentre outros produtos) e partículas sólidas (couro, osso, vísceras, sebo e outras matérias orgânicas), como mostra a Figura 1 (Araújo, 2016).

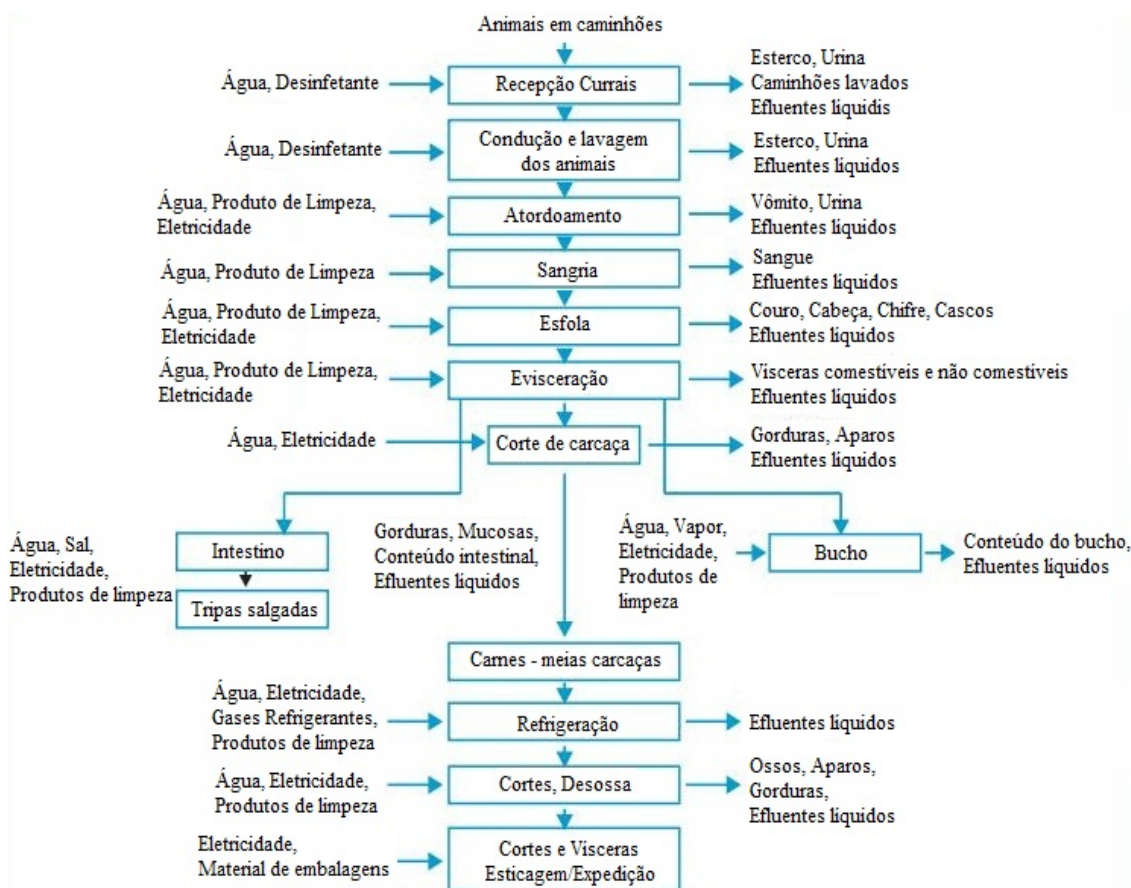


Figura 1. Fluxograma básico do abate de bovinos e geração de efluentes e resíduos.

Fonte: Rabelo; Silva; Peres, 2014.

Feistel (2011) alega que esses efluentes podem causar danos tanto aos corpos hídricos receptores como também ao solo, visto que os estabelecimentos, em sua maioria, lançam nos corpos d'água grande parte desses efluentes. A contaminação hídrica se dá principalmente pela incapacidade dos rios de depurar os lançamentos dos frigoríficos, uma realidade que se configura em uma ameaça à saúde pública e ao ecossistema.

No entanto, existem técnicas de tratamento de efluentes que reduzem suas cargas de poluentes e reduzem os impactos de seu lançamento nos corpos hídricos. As técnicas comumente utilizadas para o tratamento são: processos anaeróbios, sistema de lagoas aeróbias, lodo ativado e suas variações, filtros biológicos de alta taxa e discos biológicos rotativos (Scarassati, D., Carvalho, R. F., Delgado, V. L., Coneglian, C. M. R., Brito, N. N., Tonso, S., Sobrinho, G. D., Pelegrino, R., 2003).

Segundo Campos (1999), em relação aos processos de tratamento anaeróbio pode-se destacar as seguintes vantagens: baixo consumo de energia, possibilidade de recuperação e utilização de metano como combustível, economia considerável no manejo e despejo final de lodo produzido pelos sistemas de tratamento.

Os processos anaeróbicos possuem diversos benefícios, contudo é necessário pontuar que esses métodos de tratamento, em geral, produzem efluentes com qualidade inferior aos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, tornando-se necessário o pós-tratamento para os reatores anaeróbios (Chernicharo, 2007).

De acordo com Fagundes (2010), os principais reatores anaeróbios disponíveis no Brasil são: decanto-digestores, filtro anaeróbio, reator de manta de lobo, reator de leito expandido ou fluidificado e lagoa anaeróbia. Para a escolha da alternativa a ser utilizada devem ser consideradas as condições físicas, ambientais, socioculturais e econômicas do local.

Sabendo da necessidade do pós-tratamento nos reatores anaeróbios, Chernicharo (2001) cita algumas alternativas que podem ser utilizadas para esse fim, sendo elas: vala de infiltração, lagoa de polimento, filtro biológico percolador, filtro anaeróbio, biodiscos e lodos ativados.

Diante da grande variedade de alternativas existentes para o tratamento anaeróbio de efluentes, este trabalho objetiva desenvolver duas alternativas de sistemas de tratamento para um abatedouro no estado do Tocantins, bem como analisar a eficiência desses sistemas. A primeira alternativa será referente a um tradicional sistema de lagoas de estabilização e a segunda a um reator UASB e lagoa de polimento.

Características dos efluentes dos abatedouros

As águas residuárias de abatedouros têm em sua composição grande presença de sangue, esterco, fragmentos de tecidos, conteúdo estomacal e intestinal, além de alto teor de gordura. A presença desses compostos nos efluentes líquidos elevam sua carga orgânica (Pardi, M. C., Santos, I. F., Souza, E. R., Pardi, H. S. 2006).

O componente mais impactante dos efluentes líquidos gerados em matadouros é o sangue bovino, devido sua elevada Demanda Química de Oxigênio (DQO). O sangue bruto conta com uma DQO de aproximadamente 400 g.L⁻¹ e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) de 200 g.L⁻¹, além de uma concentração de nitrogênio de 30 g.L⁻¹ (Dornelles, 2009). Segundo Pacheco (2008), o sangue de apenas um bovino descartado na rede gera um acréscimo de DQO igual ao esgoto produzido por 50 pessoas.

Os efluentes líquidos oriundos de matadouros podem ser divididos em seguimentos: linha verde e linha vermelha. A linha verde contém os efluentes líquidos produzidos em alas da indústria sem

a presença de sangue, como na lavagem de pátio, caminhões e currais, triparias. A linha vermelha abrange os efluentes líquidos que contêm sangue e que são produzidos em diversas fases do processo de abate (Pacheco, 2008).

As características dos efluentes gerados durante os processos de abate são expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos efluentes gerados durante o abate.

Linha de efluentes	Vazão média específica	Carga média específica
Linha vermelha	1630 L/bovino	2.5 kgDBO/bovino
Linha verde	540 L/bovino	0.9 kgDBO/bovino

Fonte: Pacheco, 2008

Impactos ambientais

Os principais impactos ambientais originados dos matadouros e frigoríficos estão relacionados ao alto consumo de água, produção de efluentes líquidos com alta carga poluidora e a geração de odor e resíduos sólidos. E é justamente a produção de efluentes que apresenta mais passivos ambientais a longo prazo (Dias, 1999; Pacheco, 2008).

As condições necessárias para que os efluentes possam ser lançados em corpos d'água causando o menor impacto possível são padronizados pela resolução nº 430 do CONAMA, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Grande parte dos cursos d'água brasileiros são classificados como classe 2 (Sobrinho, 1999 apud., Fagundes, 2010), e para os efluentes lançados nessa classe são estabelecidos alguns parâmetros de qualidade de acordo com a resolução CONAMA 430/11. Abaixo são citados alguns deles:

- $DBO \leq 120$ mg/L ou eficiência de remoção $> 60\%$;
- pH entre 5 e 9;
- Materiais sedimentáveis até 1mL/L, em teste de 1 hora em cone Imhoff;
- Óleos e graxas: óleos minerais até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L.

Tratamento de efluentes por processos biológicos

Os processos de tratamento biológico de efluentes consistem na degradação da matéria orgânica dissolvida ou em suspensão por meio de microrganismos, como bactérias, fungos e protozoários que assimilam as substâncias como alimento e fonte de energia. Durante esse processo de degradação os agentes biológicos transformam as matérias orgânicas em gases, água e novos microrganismos (Dornelles, 2009).

Segundo Von Sperling (2005), os processos biológicos que podem ser empregados no tratamento de efluentes reproduzem em tempo reduzido os fenômenos de autodepuração que ocorrem na natureza, fenômenos que consistem no restabelecimento do equilíbrio no meio aquático por procedimentos naturais, após o despejo de resíduos.

Segundo Pardi, M. C., Santos, I. F., Souza, E. R., Pardi, H. S. (2006), para decompor a matéria orgânica presente nos efluentes podem ser utilizados processos anaeróbios ou aeróbios, dependendo a disponibilidade de oxigênio dissolvido durante o procedimento. Os principais processos biológicos de tratamento segundo Jordão e Pessoa (2011) são:

- Aeróbios: Lodos ativados, filtros biológicos aeróbios, valos de oxidação e lagoas de estabilização;
- Anaeróbios: Reatores anaeróbios de fluxo ascendente, lagoas anaeróbias e tanques sépticos.

Lagoas de estabilização

Segundo Von Sperling (2005), o sistema de tratamento por lagoas de estabilização é a forma mais simples para o tratamento de efluentes e tem como principal objetivo a remoção de matéria orgânica.

As lagoas de estabilização são reservatórios escavados, com fundo impermeabilizado e com pequena profundidade. Como seu processo de construção é simples e não é necessária a utilização de equipamentos mecânicos durante a sua atuação, se torna um sistema de tratamento com baixos custos de implantação e operação. Também pode-se considerar que as lagoas são a tecnologia de tratamento que mais se assemelham aos corpos hídricos naturais e por isso são as que causam menor impacto ambiental (Campos, 1999).

Um empecilho na utilização das lagoas no tratamento de efluentes é a necessidade de grandes áreas para sua implantação, o que torna muitas vezes o sistema desvantajoso (Dornelles, 2009). Entretanto, para redução da área requerida foi elaborado um método de associação de diferentes modalidades de lagoas, o Sistema Australiano, desenvolvido por Parker em 1950. Esse sistema consiste no emprego em série de lagoas anaeróbias e facultativas e, eventualmente, de maturação. (Campos, 1999).

Lodos ativados

O sistema de lodos ativados é utilizado para tratamento de despejos domésticos e industriais, principalmente em situações em que se faz necessária uma elevada qualidade do efluente final e se possuiu uma área de implantação reduzida. Não obstante, o sistema necessita de uma mecanização superior se comparado a outros sistemas de tratamento, já que para produzir um efluente de melhor qualidade é implicada uma operação mais sofisticada e, por isso, é necessário um maior consumo de energia (Von Sperling, 2002b).

O sistema de lodos ativados tem sido mais utilizado no tratamento direto de efluentes, contudo, têm crescido os experimentos a fim de direcionar sua utilização como alternativa no pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbico, em função de algumas vantagens, como o menor consumo de energia elétrica e a menor produção de lodo, se comparado ao sistema de lodos ativados convencional, mantendo uma qualidade do efluente final equiparável ao sistema convencional (Chernicharo, 2001).

Reator anaeróbico de manta de lodo (UASB)

O reator UASB é um processo que consiste no fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade. O perfil de sólidos no reator varia de muito denso e com partículas granulares de elevada capacidade de sedimentação, presentes no leito de lodo, até um lodo mais disperso e leve presentes na manta de lodo. A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação, sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascendente do esgoto e das bolhas de gás (Chernicharo, 2007).

De acordo com Chernicharo (2007), o reator UASB consiste em uma coluna de escoamento ascendente composta basicamente por quatro partes. A Figura 2 apresenta a representação esquemática de reatores UASB, nas quais a parte 1 é a região onde a matéria orgânica é digerida ao se misturar com o lodo, essa reação produz biogás que continua no sentido original do fluxo; a segunda região é a zona de sedimentação, local onde acontece a sedimentação de partículas por conta da redução progressiva da velocidade do líquido afluyente; a parte 3 é o separador de fases, compartimento onde fica a câmara de acumulação do biogás; e por fim, a parte 4 que ilustra o coletor de gases.

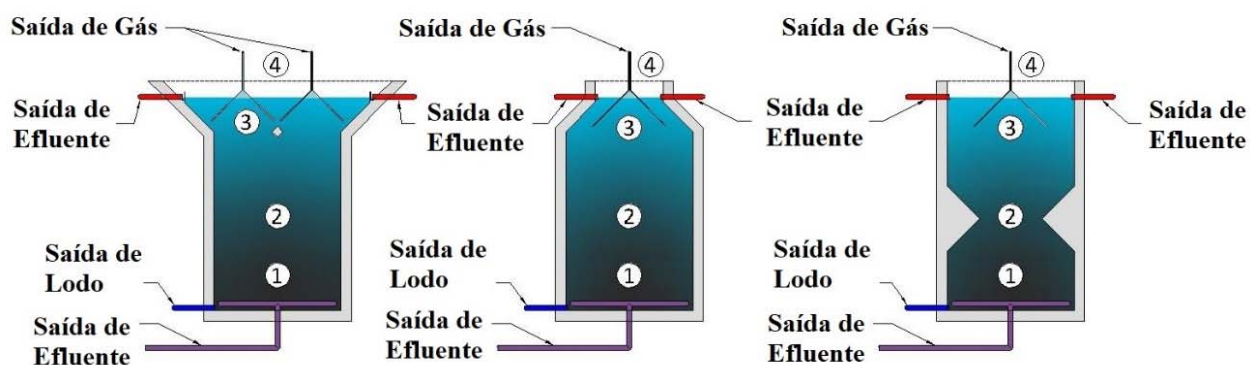


Figura 2. Representação esquemática de reatores UASB

Fonte: Adaptado de Chernicharo, 2007

A grande utilização de reator anaeróbio como principal unidade de tratamento biológico de águas residuárias deve-se, principalmente, à constatação de que cerca de 70% do material orgânico pode ser removido nessa unidade sem que seja desperdiçada energia ou que sejam adicionadas substâncias químicas auxiliares (Arruda, 2004).

Ainda segundo Chernicharo, no pós-tratamento de reatores UASB podem ser utilizadas outras unidades para a remoção de parcela da fração remanescente de material orgânico, para assim produzir um efluente final com qualidade compatível com as necessidades que se impõem pelos padrões legais de emissões de efluentes e preservação do meio ambiente.

Pós-tratamento por lagoa de polimento

Utilizar uma lagoa de polimento como pós-tratamento de reator UASB proporciona vantagens, quando comparada com a utilização do sistema de lagoas de estabilização, visto que o reator UASB reduz drasticamente as concentrações do material orgânico e de sólidos em suspensão, fazendo com que a remoção destes componentes em um sistema de lagoas seja muito mais fácil e com isso levando a um tempo de detenção hidráulico (TDH) muito menor ao se comparar com um sistema de lagoas de estabilização (Chernicharo, 2007).

Algumas diferenças entre uma lagoa de polimento e as lagoas de estabilização são levantados por Gonçalves (1999). Conforme o autor, a lagoa de polimento possui menor área se comparada uma lagoa de estabilização, tem acumulação de lodo no fundo de forma mais lenta e não gera problemas relacionados a odor.

Materiais e métodos

O dimensionamento dos sistemas de tratamento foi baseado em um abatedouro localizado na cidade de Miracema do Tocantins, estado do Tocantins.

O município de Miracema está a uma distância de 87 km da capital Palmas e segundo IBGE (2017) possui população estimada de 19.055 habitantes, o que posiciona Miracema como o 11º município mais populoso do estado do Tocantins.

O matadouro, por sua vez, localiza-se a cerca de 90 metros do rio Providência, importante corpo d'água para o abastecimento da região, e lança seus efluentes neste corpo d'água após realizar o tratamento por meio de lagoas de estabilização.

Até o ano 2016 o abatedouro atendia apenas a demanda do próprio município de Miracema, contudo visando a ampliação, a empresa antes cadastrada no serviço de inspeção municipal, optou por se habilitar ao Serviço de Inspeção Estadual (SIE).

A Figura 3 apresenta o sistema de tratamento utilizado antes da ampliação e a área na qual estão sendo construídas as novas lagoas. E a Figura 4 apresenta o início da execução das novas lagoas.

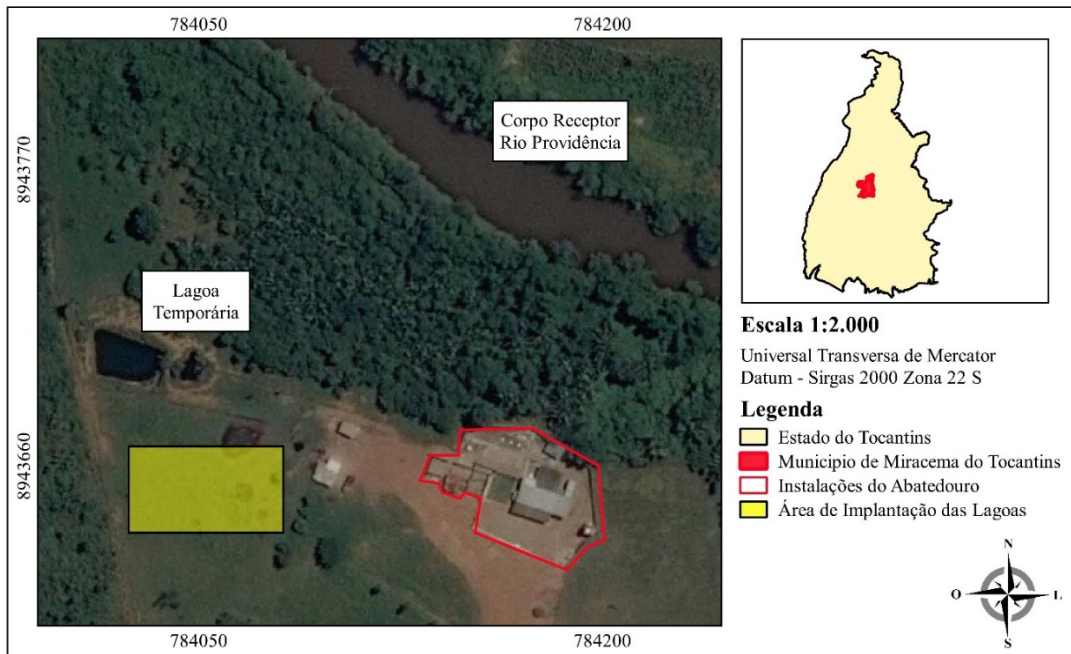


Figura 3. Localização das instalações do abatedouro

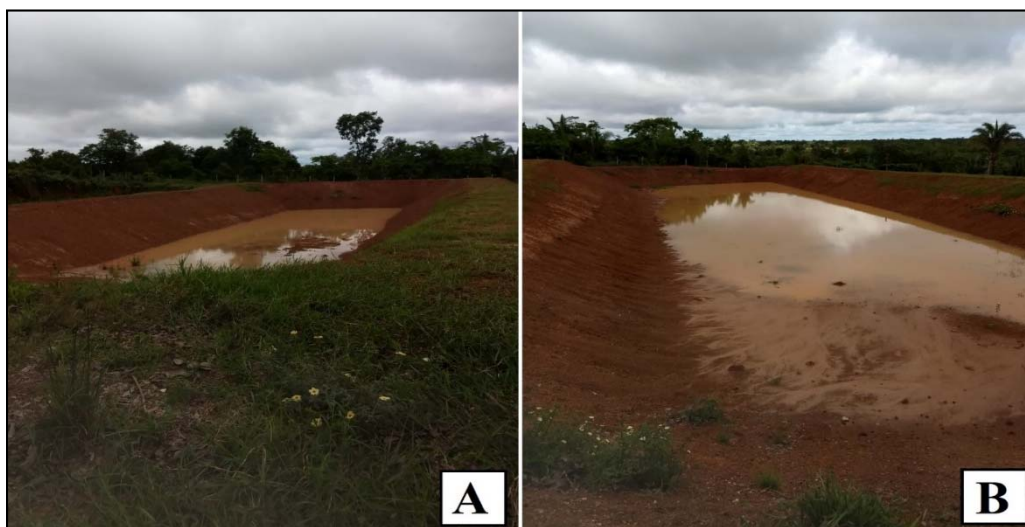


Figura 4. Lagoas em processo de construção: (A): Lagoa anaeróbia; (B): Lagoa facultativa

Os dados referentes ao número de abates do estabelecimento foram obtidos por meio de publicação do órgão fiscalizador (ADAPEC, 2016), segundo a qual o matadouro possui capacidade aproximada de 70 abates de bovinos por dia (após a ampliação).

Parâmetros de projeto

Para a determinação das vazões de projeto e da concentração de DBO no efluente foram utilizados os dados levantados por Pacheco (2008) e citados na Tabela 1 e seguidas as equações (1), (2) e (3) a seguir:

$$Q_{méd} = n_{abates} * Q_a \quad \text{Equação (1)}$$

Onde

Q_{méd}: Vazão média em m³/dia

N_{abates}: Número de abates/dia

Q_a: Volume de efluente gerado por abate

$$L_{DBO} = n_{abates} * L_a \quad \text{Equação (2)}$$

Onde

L_{DBO}: Carga de DBO em kg/d

N_{abates}: Número de abates por dia

L_a: Carga de DBO gerada por abate em kg

$$C_{DBO} = \frac{L_{DBO}}{Q_{méd}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde

C_{DBO}: Carga de DBO em kg/m³

L_{DBO}: Carga de DBO em kg/d

Q_{méd}: Vazão média em m³/dia

Dimensionamento das unidades de tratamento

Para realizar o dimensionamento foram utilizados métodos e parâmetros observados por grandes pesquisadores da área. Para o dimensionamento das lagoas de estabilização e da lagoa de polimento foi adotado o método de Von Sperling (2002a) e para o dimensionamento do reator UASB foi adotado a metodologia de Chernicharo (2007).

Resultados e discussões

Nesta parte do trabalho são apresentados os resultados obtidos após realizado o dimensionamento dos sistemas de tratamento para o abatedouro de Miracema.

Vazões e DBO no efluente

Na Tabela 2 são apresentados os valores de vazão e as concentrações de DBO em cada linha de efluente no abatedouro e que foram utilizados para o dimensionamento.

Tabela 2. Vazões e concentrações de DBO calculadas

	Linha verde	Linha vermelha	Efluente total
Q (m ³ /d)	37.8	114.1	151.9
CDBO (Kg/m ³)	1.67	1.53	1.57

Sistema de tratamento 1 – Lagoas de estabilização

O primeiro sistema dimensionado conta com uma lagoa anaeróbia e uma lagoa facultativa, sistema de lagoas de estabilização conhecido como Sistema Australiano de Lagoas. Os resultados obtidos no dimensionamento são apresentados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Resultados do dimensionamento da lagoa anaeróbia

Taxa de aplicação volumétrica (kgDBO/m ³ .d)	Volume (m ³)	Tempo de detenção (d)	Profund. (m)	Área à meia profundidade (m ²)		Área superficial (m ²)	
				255	483	Larg. (m)	Comp. (m)
0.33	721.2	4.7	3	15	17	21	23

Foi adotada para a lagoa anaeróbia uma eficiência de remoção de DBO igual a 50%, visto que despejará seu efluente em uma lagoa facultativa. De acordo com a eficiência adotada, foi estimada uma concentração de DBO igual a 0.78 kg/m³ ou 780 mg/L de efluente.

Tabela 4. Resultado do dimensionamento da lagoa facultativa

Taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.d)	Volume (m ³)	Tempo de detenção (d)	Profund (m)	Área a meia profundidade (m ²)		Área superficial (m ²)	
				3844	4225	Larg (m)	Comp (m)
310.9	6123.9	40.3	1.6	62	62	65	65

O formato quadrado utilizado na lagoa facultativa foi adotado para que não fosse necessária uma área muito alongada para a sua implantação, porém no interior da lagoa foram instaladas chicanas a cada 21 metros para que o sistema fique mais parecido com o modelo de fluxo em pistão tendo assim maior eficiência na remoção de DBO.

A concentração de DBO no efluente tratado foi encontrada por meio do método de fluxo disperso. Após os cálculos foi obtida uma concentração de DBO igual a 35,5 mg/l e com isso o sistema consta com uma eficiência igual a 97.7% de remoção de DBO.

Além da eficiência de remoção, também foi observada a área total utilizada para implantação do sistema de tratamento. Essa área equivale a 4705 m² ou 0,4 ha, sendo que a lagoa anaeróbia ocupa uma área de 483 m² e a lagoa facultativa ocupa uma área de 4225 m².

Sistema de tratamento 2 – Reator UASB e lagoa de polimento

O segundo sistema dimensionado conta com um reator UASB e uma lagoa de polimento como pós-tratamento do reator. Os resultados obtidos no dimensionamento são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Resultado do dimensionamento do reator UASB

Tempo de detenção (h)	Volume (m ³)	Área (m ²)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Velocidade de escoamento (m/h)
8	50.6	12.7	4	4	0,5

Para o tempo de detenção adotado de 8 horas é esperada uma eficiência de 75.3% de remoção de DBO no reator UASB, ou seja, é estimado que o efluente tratado pelo reator possua uma concentração igual a 388 mg/L.

Tabela 6. Resultados do dimensionamento da lagoa de polimento

Taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.d)	Volume (m ³)	Tempo de detenção (d)	Profund (m)	Área a meia profundidade (m ²)		Área superficial (m ²)	
				Larg (m)	Comp (m)	Larg (m)	Comp (m)
310.9	2904.0	19.1	1.5	44	44	47	47

A concentração de DBO no efluente tratado foi encontrada por meio do método de fluxo disperso. Após os cálculos foi obtida uma concentração de DBO igual a 51.1 mg/L e com isso o sistema consta com uma eficiência igual a 96.7% de remoção de DBO.

Outros trabalhos sobre a utilização de reatores UASB no tratamento de efluentes de abatedouros e frigoríficos apresentam resultados próximos aos encontrados.

Rodrigues, L. S., Lopes, B. C., Lima, C. A., Ribeiro, M. C., Santos, R. P., Silva, I. J. (2016) em pesquisa sobre o tratamento de efluentes de abatedouro de frangos com a utilização do reator UASB seguido de filtro anaeróbio, obtiveram eficiência de remoção DBO de até 99%, e de DQO de até 98%.

Em outro estudo sobre efluentes de frigorífico, Rodrigues, L. S., Spelta, A. C. F., Santos, R. P., Lima, C. A., Dutra, J. C. F., Silva, I. J. (2014), analisando a eficiência no tratamento composto por reator anaeróbio de manta de lodo, atestaram que o reator UASB foi capaz de remover 96.40% para DQO e 89.92% para sólidos suspensos totais.

Ainda, Torkiane e Hashemian (2003) obtiveram excelentes resultados em pesquisa sobre a eficiência dos reatores UASB: remoções de DQO de até 90% para efluentes de um matadouro de médio porte.

Além da eficiência de remoção, também foi observada a área total utilizada para implantação do sistema de tratamento. Essa área totaliza 2226.7 m² ou 0.2 ha, sendo que o reator UASB ocupa uma pequena área de 12.7 m² e a lagoa de polimento ocupa uma área de 2209 m².

Observando a eficiência global de ambos os sistemas, a remoção de DBO estimada é superior a 95% e a concentração de DBO no efluente tratado é inferior a 120 mg/L, fatores muito satisfatórios por cumprirem os parâmetros das resoluções ambientais do CONAMA, visto que o estado do Tocantins não possui legislação específica para a concentração de DBO no lançamento de efluentes.

Em relação a área utilizada para a implantação dos sistemas, pode-se observar uma grande diferença neste ponto. A utilização de um reator UASB como unidade principal no tratamento reduz a área utilizada em 50%. Essa redução decorre da alta eficiência na remoção de matéria orgânica pelo reator anaeróbio. Dessa forma, é gerado um efluente com menores cargas orgânicas para ser tratado na lagoa de polimento que necessita, assim, de um menor tempo de detenção hidráulico na unidade.

Se comparados os tempos de detenção somente das unidades de pós-tratamento, neste caso comparando a lagoa facultativa com a lagoa de polimento, pode-se observar um aumento de

duas vezes no tempo de detenção para gerar um efluente de boa qualidade. Isso mostra que a utilização de uma unidade de tratamento principal de grande eficiência pode acarretar grandes vantagens para todo o sistema de tratamento.

Conclusão

Após os resultados obtidos no estudo, é possível concluir que:

- Ambas as tecnologias empregadas nos estudos geram efluentes de boa qualidade em relação a concentração de DBO no tratamento de efluentes de abatedouros bovinos.
- A utilização de tecnologias de grande eficiência de remoção de DBO, como o reator UASB, se destacam em relação as convencionais e por isso têm ganhado muito espaço no tratamento de efluentes, tanto industriais quanto residenciais.

Referências bibliográficas

- ADAPEC, Agência de Defesa Agropecuária (2016) *Matadouro frigorífico em Miracema é habilitado ao SIE*. Acesso em: 05 mar. 2018, disponível em: <https://adapec.to.gov.br/noticia/2016/12/2/matadouro-frigorifico-em-miracema-e-habilitado-ao-sie>
- Araújo, P. P. P. (2016) Caracterização das atividades de abate de bovinos: Um estudo no matadouro público municipal de Caicó-RN, *XXIX Congresso Internacional de Administração*, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Arruda, V. C. M. D (2004) *Tratamento anaeróbio de efluentes gerados em matadouros de bovinos*, Tese de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 148 pp.
- Campos, J. R. (Coordenador), Cybis, L. F., Foresti, E., van Haandel, A. C. (1999) *Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo*, ABES - PROSAB, Rio de Janeiro, 464 pp.
- Chernicharo, C. A. L (coordenador). (2001) *Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*, ABES – PROSAB, Belo Horizonte, 544 pp.
- Chernicharo, C. A. L. (2007) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores anaeróbios*, 2a ed, Editora UFMG, Belo Horizonte, 379 pp.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Acesso em 10 set. 2017, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011) *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes*. Acesso em: 13 set. 2017, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- Dias, M. C. O. (1999) *Manual de impactos ambientais*, Banco do Nordeste, Fortaleza - CE, 297 pp.
- Dornelles, F (2009) *Análise da gestão dos tratamentos dos efluentes gerados nos abatedouros de bovinos de São Luiz Gonzaga*, Tese de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (Qualidade e Produtividade), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, 103 pp.
- Fagundes, T. S (2010) *Uso de polímero natural a base de amido como auxiliar de floculação no pós-tratamento de efluentes uasb com flotação por ar dissolvido*, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 111 pp.

- Feistel, J. C. (2011) *Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros*, Seminário, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, 37 pp.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) *Estimativas de população*, Acesso em: 05 mar. 2018, disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/downloads-estatisticas.html>
- Jordão, E. P., Pessôa, C. A. (2011) *Tratamento de Esgotos Domésticos*, 6a. ed, ABES, Rio de Janeiro, 969 pp.
- Pacheco, J. W. (2008) *Guia técnico ambiental de abate (bovino e suíno) - Série P + L*, CETESB, São Paulo, 98 pp.
- Pardi, M. C., Santos, I. F., Souza, E. R., Pardi, H. S. (2006) *Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne*, 2ª ed, UFG, Goiânia, 624 pp.
- Rodrigues, L. S., Spelta, A. C. F., Santos, R. P., Lima, C. A., Dutra, J. C. F., Silva, I. J. (2014) Avaliação de reator anaeróbico manta de lodo no tratamento de efluentes de frigorífico. *Boletim de Indústria Animal*, **71**(4), 365-370. Acesso em: 20 abr. 2018, disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfsbia/1418315680.pdf>
- Rodrigues, L. S., Lopes, B. C., Lima, C. A., Ribeiro, M. C., Santos, R. P., Silva, I. J. (2016) Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de filtro anaeróbico, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **68**(1), 97-103. Acesso em: 16 mar. 2018, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v68n1/0102-0935-abmvz-68-01-00097.pdf>
- Scarassati, D., Carvalho, R. F., Delgado, V. L., Coneglian, C. M. R., Brito, N. N., Tonso, S., Sobrinho, G. D., Pelegrino, R. (2003) Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos, *III Fórum de Estudos Contábeis*, Rio Claro, São Paulo, Brasil.
- Torkian, A., Hashemian, A.E.S.J. (2003) The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. *Resources Conservation Recycling*, **40**(1), 1-11. Acesso em: 17 mar 2018, disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344903000211>
- Von Sperling, M. (2002a) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização*, 2a ed, Editora UFMG, Belo Horizonte, 196 pp.
- Von Sperling, M. (2002b) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativadas*, 2a ed, Editora UFMG, Belo Horizonte, 428 pp.
- Von Sperling, M. (2005) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*, 3a ed, Editora UFMG, Belo Horizonte, 452 pp.