

## **Avaliação de reator UASB seguido de filtro anaeróbio e pós-tratamento com lagoas de alta taxa e wetlands no tratamento de efluentes de suinocultura**

Luciano dos Santos Rodrigues<sup>1</sup>

Israel José da Silva<sup>2</sup>

Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques<sup>3</sup>

Claudiomir da Silva Santos<sup>4</sup>

Bruna Colho Lopes<sup>5</sup>

Fabrcio Santos Rita<sup>6</sup>

### **Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos.**

#### ***Resumo***

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência em escala real de um sistema de tratamento de efluentes de suinocultura. A estação de tratamento de efluentes em escala real foi projetada para uma vazão diária de 50 m<sup>3</sup>/d, correspondente a um plantel de 500 animais. O sistema de tratamento foi composto de peneira estática, reator UASB, seguido de filtro anaeróbio, lagoa de alta taxa e wetlands, sendo monitorado entre agosto de 2018 e setembro de 2020. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF), e amônia. Os valores efluentes médios de pH, DBO, DQO, ST e amônia no efluente final foram de 7,16, 80 mg L<sup>-1</sup>, 110 mg L<sup>-1</sup>, 250 mg L<sup>-1</sup> e 3 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. O sistema mostrou-se eficiente, com remoção média de 99% para DBO, DQO, sólidos e amônia. Conclui-se que o sistema de tratamento, composto por reator UASB, seguido de filtro anaeróbio, lagoa de alta taxa e wetlands, foi eficiente na remoção de DBO, DQO, sólidos e amônia, possibilitando nas condições operacionais impostas, alcançar valores de remoção acima de 99%, sendo assim uma ótima alternativa para o tratamento de efluentes de suinocultura

**Palavras-chave:** Impacto ambiental; Digestão anaeróbia; Agropecuária.

---

<sup>1</sup>Prof. Dr. Luciano dos Santos Rodrigues, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, lsantosrodrigues@gmail.com.

<sup>2</sup>Prof. Dr. Israel José da Silva, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, israelvp@gmail.com.

<sup>3</sup>Prof. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vítor Marques, Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com.

<sup>4</sup>Prof. Dr. Claudiomir da Silva Santos, Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com.

<sup>5</sup>Prof. Dr. Bruna Coelho Lopes, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, bruna.coelho.lopes@gmail.com

<sup>6</sup>Prof. Dr. Fabricio Santos Rita, Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o destino dos efluentes dos confinamentos de animais foi e continua sendo os cursos de água, usando o ultrapassado método da diluição para eliminar os resíduos das instalações, o que pode resultar na eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (SILVA & ROSTON, 2010).

A elevada produção de resíduos com alta carga orgânica no gerenciamento da criação em confinamento tem se constituído num desafio para os produtores (Dahlin et al., 2017). O alto potencial poluidor do dejetos animal quando mal administrado leva a uma série de problemas ambientais como a liberação de odores nocivos, emissões de gases do efeito estufa, patógenos, descarga de nutrientes no solo e na água (Ramos-suárez et al., 2019; Zhuang et al., 2020)

A produção intensiva na pecuária enfrenta grandes desafios para estabelecer o equilíbrio das estreitas relações que existem entre a produção intensiva, a saúde animal e a sustentabilidade ambiental. O tratamento de efluentes oriundos de confinamentos de animais, como forma de adequá-los a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, está associado aos conceitos do nível e da eficiência do tratamento (SILVA & ROSTON, 2010).

A biodigestão anaeróbia é um processo natural, ocorre em ambientes livres de oxigênio, no qual microrganismos decompõem a matéria orgânica (LIU et al., 2008). É um processo pelo qual a maioria dos resíduos orgânicos, na ausência de oxigênio, é biologicamente convertida a metano e outros produtos. É um processo complexo, que requer condições ambientais específicas e diferentes populações de microrganismos (LASTELLA et al., 2000). Nesse processo existe um delicado equilíbrio entre os grupos de processos primários (hidrólise e acidogênese) e a conversão dos produtos ácidos pelos microrganismos acetogênicos e a formação de metano e dióxido de carbono pelos metanogênicos (LEITÃO et al., 2006).

A capacidade de tratamento de um sistema de digestão anaeróbia é determinada pela atividade microbiana da biomassa mantida dentro do sistema, que por sua vez é

Realização

Apoio

influenciada pela composição do efluente e configuração do reator (PEREZ et al., 2007).

O interesse pelo tratamento anaeróbio, de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agropecuária e da agroindústria, tem aumentado nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias, ou aos processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos (MORAES & PAULA JÚNIOR, 2004).

Os reatores anaeróbios de alta taxa, como o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) e filtros anaeróbios retêm a biomassa favorecendo o equilíbrio dos microorganismos. A imobilização destes organismos nos reatores é benéfica para o sistema considerando o lento crescimento dos microorganismos metanogênicos (Melidis et al., 2003). Nos reatores UASB a microbiota é imobilizada em grânulos e flocos na manta de lodo que é formada na parte inferior do reator, já nos filtros anaeróbios o meio suporte imobiliza a biomassa por meio da formação dos biofilmes, o que promovem um alto contato do efluente a ser tratado com o lodo retido e um maior valor para a idade do lodo (Pandey e Sarkar, 2017). Obtendo assim resultados satisfatórios quanto à remoção de matéria orgânica e produção de metano em efluentes agropecuários com elevadas cargas orgânicas (Rodrigues et al. 2009; Oliveira e Santana, 2011; Urbinati, et al. 2013).

Sendo assim, reatores de alta taxa são considerados robustos por suportarem altas cargas orgânicas e sobrecargas hidráulicas além de requererem pequenas áreas, apresentarem baixa produção de lodo e baixo custo operacional, promoverem alta remoção de matéria orgânica e fácil operação (Duda e Oliveira, 2011). Entretanto, o efluente final do processo anaeróbio contém alta concentração de nitrogênio, fósforo e patógenos, o que implica a necessidade de um pós-tratamento (Bruno et al. 2013).

Realização

Apoio

## METODOLOGIA

### Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma suinocultura localizada no interior do estado de São Paulo funcionando em escala real.

O sistema de tratamento foi composto de peneira estática (remoção de sólidos grosseiros) de diâmetro de furos de 1mm, reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (reator UASB) de volume de 108 m<sup>3</sup> em alvenaria, seguido de filtro anaeróbio (FA) de volume também de 108 m<sup>3</sup>, com pós-tratamento por lagoa de estabilização de alta taxa (LAT) de volume de 518 m<sup>3</sup>, sendo que possuía dois aeradores horizontais que funcionavam de forma intermitente, para que se obtivesse ambiente aeróbio seguidamente anóxico para favorecer a nitrificação e desnitrificação com objetivo de remoção de nitrogênio, e sistema de Wetlands de fluxo horizontal com lemna de volume de e 50 m<sup>3</sup> para polimento e remoção complementar de nitrogênio.

### 4.3. Afluente

Os dejetos eram bombeados de uma caixa de coleta da granja diretamente para o tratamento primário, e posteriormente seguia para as outras unidades por gravidade.

### Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, DQO, DBO, sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos, e amônia. As amostras foram coletadas na entrada e saída do reator UASB, FA, LAT, e WET.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998)

Realização

Apoio

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório. Em seguida foram resfriadas e mantidas sob refrigeração até o momento da realização das análises de maneira a manter suas características.

O monitoramento do sistema de tratamento permite a comparação do efluente com os padrões da legislação ambiental, permitem calcular a carga poluidora, além de permitir avaliar o sistema de forma global.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios dos parâmetros avaliados durante o período experimental do sistema de tratamento estão descritos na tabela 1, e os parâmetros operacionais na tabela 2.

Conforme tabela 1, os valores de pH variaram de 6,34 no afluente à 7,16 no efluente do wetlands, observando valores crescentes a medida que o efluentes passava pelas unidades de tratamento. Os valores de pH no reator UASB e FA ficaram na faixa de neutralidade, faixa ótima para a digestão anaeróbia (LETTINGA, 1995; SANTANA & OLIVEIRA, 2005).

O controle de pH tem como objetivo principal a eliminação do risco de inibição das arqueias metanogênicas pelos baixos valores de pH, evitando assim, a falha do processo.

Os resultados das concentrações de DBO do esgoto bruto e saída do reator UASB, FA, LAT e WET, observadas ao longo da fase experimental são mostrados na tabela 1. Observa-se que o teor de DBO, inicialmente elevada no afluente, é reduzido consideravelmente no reator UASB.

O valor médio de DBO afluente encontrado neste estudo foi semelhante ao de Medri & Medri (2004) em seu trabalho, embora se tenha constatado, no estudo, grande variação do afluente, que pode estar associado ao manejo da granja. Outro fator que pode

Realização

Apoio

ter influenciado é a temperatura, de vez que em temperaturas elevadas ocorre maior consumo de água pelos suínos e para higienização da granja.

Parâmetro	EB	UASB	FA	LAT	WET
pH	6,34	7,26	7,59	7,05	7,16
DBO	5920	600	360	140	80
DQO	16800	2000	700	150	110
ST	38565	4500	1320	330	250
STV	16215	2500	270	95	70
STF	22350	2000	1050	235	180
Amônia	599	198	140	10	3

Tabela 01: Valores médios dos parâmetros físico-químicos do afluente e efluente do reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental.

Unidade	Volume (m <sup>3</sup> )	Vazão (m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> )	COV (kgDQO m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> )	TDH (d)
Reator UASB	108	50	7,78	2,16
Filtro Anaeróbio	108	50	0,93	2,16
Lagoa de Alta Taxa	518	50	0,07	10,36
Wetlands	50	50	0,15	1

Tabela 02: Valores operacionais do sistema de tratamento composto por reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental.

Os valores médios de DQO no afluente foram de 16800 mg.L<sup>-1</sup>, diminuindo ao passar pelo sistema de tratamento. Esses valores foram superiores aos obtidos por Santana e Oliveira (2005), Fernandes e Oliveira (2006), Abreu Neto e Oliveira (2009) e Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com efluentes de suinocultura encontraram DQO afluente de 8.818, 11.640, 28.770 e 17.334 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Estas variações são devidos também ao manejo adotado na granja

No reator UASB, operando com valores de COV de  $7,8 \text{ kgDQO} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  e TDH de 52 h, foram obtidas eficiências de remoção de DQO de 88% (Tabela 3, Figura 1). Já o FA foi operado com uma COV de  $0,93 \text{ kgDQO} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  e TDH de 52 h, foram obtidas eficiências de remoção de 65%

Observa-se que os valores de COV aplicados no FA foram muito inferiores ao do reator UASB devido a alta eficiência de remoção no UASB e por terem o mesmo volume e tempo de detenção hidráulico.

A lagoa de alta taxa também apresentou alta eficiência de remoção de DBO e DQO, auxiliando na eficiência global do sistema.

A eficiência média de remoção global do sistema foi de 98,6% para DBO e 99,3% para DQO. Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com dois reatores anaeróbios UASB em série com COV aplicadas variando de 14,8 a  $24,4 \text{ kgDQO}_i \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$ , obtiveram eficiências de remoção de DQO variando de 87 a 94%.

Abreu Neto e Oliveira (2009) avaliaram dois reatores anaeróbios em série (reator ABR seguido de reator UASB) em série tratando efluentes de suinocultura, submetidos a TDH de 60 a 24 h no reator ABR e de 13,6 a 5,4 h no reator UASB, com COV variando de 11,5 a  $18 \text{ kgDQO}_i \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  no reator ABR e de 4,2 a  $13,4 \text{ kgDQO}_i \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{d})^{-1}$  no reator UASB, obtiveram eficiências médias de remoção de 72%.

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)				
	UASB	FA	LAT	WET	GLOBAL
DBO	89,9	40	61,1	42,9	<b>98,6</b>
DQO	88,1	65	78,6	26,7	<b>99,3</b>
ST	88,3	70,7	75	24,2	<b>99,4</b>
STV	84,6	89,2	64,8	26,3	<b>99,6</b>
STF	91,1	47,5	77,6	23,4	<b>99,2</b>
Amônia	67	29,2	92,8	66,7	<b>99,4</b>

Tabela 01: Valores médios de eficiência do reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental.

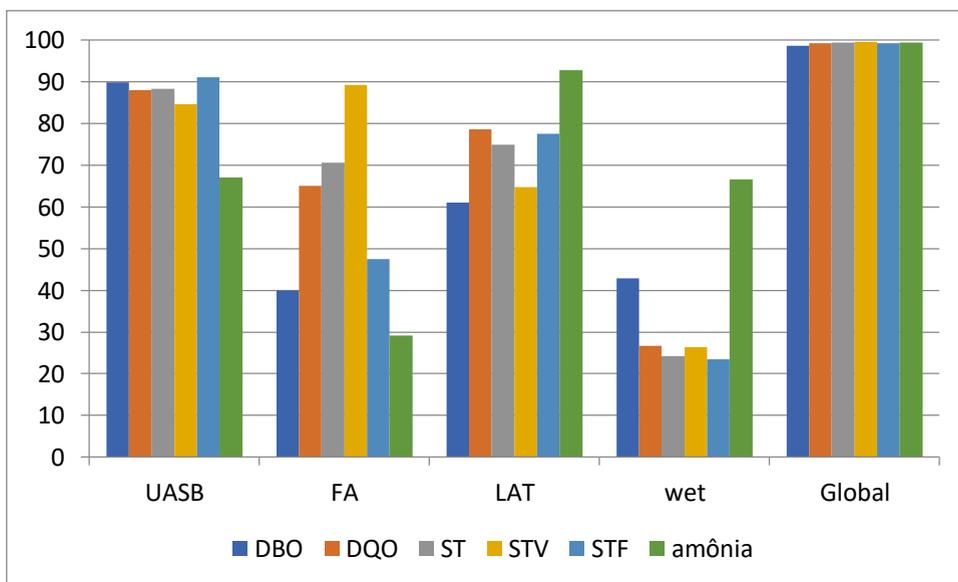


Figura 01: Valores médios de eficiência do reator UASB, FA, LAT e WET d global durante o período experimental.

Torkian e Hashemian (2003) operaram um reator UASB de 1 m<sup>3</sup> com carga orgânica aplicada variando de 13 a 39 kg DQO/m<sup>3</sup>.d e tempo de detenção hidráulico de 2 a 7 horas, e observaram remoções de DQO de 75% a 90% para afluentes de 3000 mg/L a 4500 mg/L, respectivamente. Leifeld et al. (2009) estudaram o emprego de filtros anaeróbios no tratamento de efluentes de abatedouro com tempos de detenção hidráulico variando de 48 a 120 horas, e obtiveram eficiências de remoção de DQO variando de 48,4% a 87,0%.

Os valores médios de ST no afluente foram de 38565 mg.L<sup>-1</sup>, reduzindo a medida que passou pelo sistema de tratamento, com efluente final de 250 mg.L<sup>-1</sup>. Já os valores médios de concentração de STV e STF nos afluente e efluente do reator UASB e FA, foram de 16215, 2500 e 270 mg.L<sup>-1</sup> e 22350, 2000 e 1050 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. A concentração de STV corresponderam, respectivamente, a 42, 55 e 20% dos valores de ST.

As eficiências médias de remoção de ST no reator UASB, FA, LAT e WET foram de 88,3, 70,7 e 75%, respectivamente; para STV, as eficiências médias de remoção foram de 84,6% para o reator UASB, 89,2% no filtro anaeróbio e de 64,8% para o a lagoa de alta taxa. já o desempenho do sistema de tratamento na remoção de ST, STV e STF foram

de 99,4, 99,6% e 99,2%, respectivamente. Foi ótimo o desempenho do sistema na remoção de sólidos.

O valor médio de amônia afluente foi de  $599 \text{ mg.L}^{-1}$ , diminuindo para  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  na LAT e  $3 \text{ mg.L}^{-1}$  no WET. Esses valores elevados de amônia no afluente são provenientes da alimentação dos suínos, rica em nutrientes.

A eficiência de remoção de amônia no LAT foi de 92,8%, sendo esta unidade a grande responsável por este parâmetro. A eficiência global do sistema foi de 99,4%.

Os resultados alcançados neste trabalho mostram que o sistema composto por reator UASB seguido de FA, com pós-tratamento por lagoa de alta taxa e wetlands se apresenta como alternativa promissora no tratamento de efluentes de suinocultura. A tecnologia é compatível para a mitigação dos efeitos ambientais de um efluente com altas concentrações de sólidos, matéria orgânica e nutrientes.

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de tratamento anaeróbio, composto por reator UASB seguido de FA, lagoa de alta taxa e wetlands foi eficiente na remoção de DBO, DQO, sólidos e amônia, possibilitando, nas condições operacionais impostas, alcançar valores médios de remoção acima de 99%, tornando-se uma ótima alternativa de tratamento de efluentes de suinocultura.

## REFERÊNCIAS

ABREU NETO, M.S.; OLIVEIRA, R.A. de. (2009) Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 148-161.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 1998.

BRUNO M, OLIVEIRA R.A. (2013) Performance of UASB reactors in two stages followed by post-treatment with activated sludge in wastewater batch of wet-processed coffee. **Engenharia Agrícola** 33:808-819.

Realização

Apoio

DUDA RM, OLIVEIRA R.A. (2011) Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 16:91–100.

DAHLIN J., NELLES M., HERBES C. Biogas digestate management : Evaluating the attitudes and perceptions of German gardeners towards digestate-based soil amendments. **Resources Conservation and Recycling** 118:27-38, 2017.

FERNANDES, G. F. R.; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.243-256, 2006.

LASTELLA G., TESTA C., CORNACCHIA G., NOTORNICOLA M., VOLTASIO F. e SHARMA K. V. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. **Energy Conversion and Management**, v. 43, p. 63-75, 2000.

LEITÃO, R. C., VAN HAANDEL, A. C., ZEEMAN, G., LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1105–1118, 2006.

LETTINGA, G. (1995) Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. **Antonie van Leeuwenhoek**, Dordrecht, v. 67, n. 1, p. 3-28.

MEDRI, W.; MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. **Ciências Exatas e Tecnológicas – SEMINA**, v.25, n.2, p.203-212, 2004.

MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.445-454, 2004.

MELIDIS P, GEORGIU D, AIVASIDIS A (2003) Scale-up and design optimization of anaerobic immobilized cell reactors for wastewater treatment. **Chemical Engineering Processing Process Intensification** 42:897-908.

OLIVEIRA RA, SANTANA A.M. (2011) Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada sequencial (RBS). **Engenharia Agrícola** 31:178-192.

PEREZ, M., RODRIGUEZ-CANO, R., ROMERO, L. I., SALES, D. Performance of anaerobic thermophilic fluidized bed in the treatment of cutting-oil wastewater. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 3456–3463, 2007. PEREZ et al., 2007

PANDEY S, SARKAR S (2017) Anaerobic treatment of wastewater using a two-stage packed-bed reactor containing polyvinyl alcohol gel beads as biofilm carrier. **Journal Environmental Chemical Engineering** 5:1575–1585.

RAMOS-SUÁREZ J.L., RITTER A., GONZÁLEZ J.M., PÉREZ A.C. Biogas from animal manure : A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 104:137-150, 2019.



RODRIGUES LS, SILVA IJ, SANTOS RLH, GOULART DB, OLIVEIRA PR, VON SPERLING M, FONTES DO (2009) Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 61:142—1433.

SANTANA, A.M. da; OLIVEIRA, R.A. de. (2005) Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 817-830.

SILVA, E.M da; ROSTON, D.M. tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2010.

URBINATI E, DUDA MR, OLIVEIRA RA (2013) Performance of UASB Reactors in Two Stages Under Different Hrt. **Engenharia Agrícola** 23:367-378.

ZHUANG M., SHAN N., WANG Y., CARO D., MARIE R., WANG L. Science of the Total Environment Different characteristics of greenhouse gases and ammonia emissions from conventional stored dairy cattle and swine manure in China. **The Science of the Total Environment**, 722:137693, 2020.

TORKIAN, A.; EQBALI, S.J.; HASHEMIAN, S.J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. **Resources Conservation and Recycling**, v.40, p.1-11, 2003

Realização

Apoio