



## **II-070 - DESEMPENHO DE UM REATOR UASB E FILTRO ANAERÓBIO EM SÉRIE, SEGUIDOS POR UM FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA, QUANTO A REMOÇÃO DE CARBOIDRATOS, PROTEÍNAS E LIPÍDIOS**

**Roberto Alves de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Agrônomo e Tecnólogo em Construção Civil; Mestre em Agronomia – Produção Vegetal pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal; Doutor em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP); Professor Assistente Doutor, Departamento de Engenharia Rural, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**Kamilla Ortega<sup>(2)</sup>**

Engenheira Agrônoma, Mestranda em Produção Vegetal pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**Rose Maria Duda<sup>(3)</sup>**

Engenheira Química; Mestre em Microbiologia Agropecuária pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal; Doutoranda em Microbiologia Agropecuária pela UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**Endereço<sup>(1), (2)</sup>:** Departamento de Engenharia Rural - Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane - s/n - Jaboticabal/SP - Cep. 14884-900 – Brasil - Tel: (16) 3209-2638 - **e-mail: oliveira@fcav.unesp.br.**

### **RESUMO**

Avaliou-se o desempenho de um reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) seguido de um filtro anaeróbio, instalados em série, com volume total de 300 L e 190 L, respectivamente, no tratamento de águas residuárias de suinocultura, quanto a remoção de carboidratos, proteínas e lipídios. Para o pós-tratamento do efluente gerado no sistema anaeróbio em dois estágios utilizou-se um filtro biológico percolador com volume total de 250 L. O meio suporte utilizado no filtro anaeróbio e no filtro biológico percolador foi composto por anéis de bambu. As cargas orgânicas volumétricas aplicadas no reator UASB foram de 12,4 e 26,6 g DQO<sub>total</sub> / (L d). Foram observadas eficiências médias de remoção de demanda química de oxigênio total (DQO<sub>total</sub>), carboidratos, proteínas e lipídios para o sistema anaeróbio em dois estágios e o pós-tratamento composto pelo filtro biológico percolador variando de 93 a 98%; de 49 a 85%; de 74 a 88% e de 70 a 89%, respectivamente. Os valores da produção volumétrica de CH<sub>4</sub> média, para o reator UASB e o filtro anaeróbio foram de 0,544 a 0,816 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> / m<sup>3</sup> d e de 0,200 a 0,251 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> / m<sup>3</sup> d, respectivamente, durante os ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Digestão anaeróbia; nutrientes; resíduos de suínos, metano.

### **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento da suinocultura é um fator econômico importante, pois gera multiplicação de renda e emprego em todos os setores da economia. A suinocultura, quando comparada à criação de outras espécies de médio e grande porte, tem produzido grandes quantidades de carne, em reduzido espaço físico e curto espaço de tempo (OLIVEIRA, 2006).

A criação de suínos em confinamento gera consideráveis volumes de águas residuárias contendo concentrações de sólidos suspensos bastante variáveis (5 a 20 g L<sup>-1</sup>) e predominantemente orgânicos. A racionalização do uso da água e restrições mais severas quanto à qualidade de efluentes líquidos dispostos no meio ambiente têm exigido a busca da otimização de processos de tratamento de efluentes.

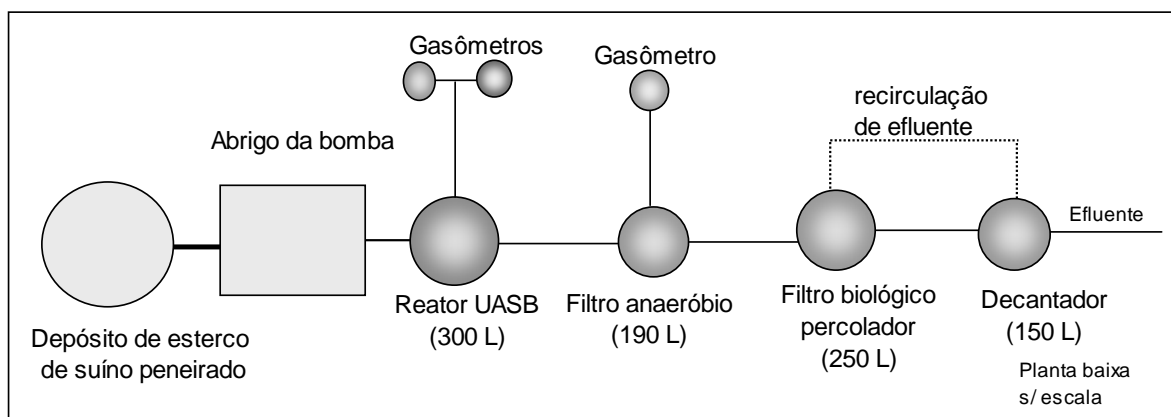
A digestão anaeróbia pode ser utilizada como alternativa no tratamento de águas residuárias de suinocultura para reduzir o poder poluente e, ao mesmo tempo, fornecer os subprodutos resultantes desse processo (biogás e efluente estabilizado) para aplicação direta na propriedade rural. Entre as alternativas indicadas e estudadas para a utilização de sistemas anaeróbios para o tratamento de águas residuárias, atendendo aos requisitos legais, têm se destacado as combinações de reatores anaeróbios em série, procurando separar os estágios da digestão anaeróbia e propiciar o pós – tratamento.

Segundo MIWA et al (2008), o conhecimento detalhado sobre o metabolismo da matéria orgânica, através, por exemplo, da determinação de proteínas, carboidratos e lipídeos pode otimizar o planejamento e a operação de sistemas de tratamento de águas residuárias. As determinações de carboidratos, proteínas e lipídios por métodos colorimétricos têm o objetivo de trazer economia, rapidez e precisão aos ensaios, não constituindo metodologia substitutiva, mas sim alternativa complementar em relação as usuais indiretas (DQO e DBO) (BLUNDI & GADÊLHA, 2001).

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho deste sistema no tratamento anaeróbio em dois estágios constituído por reator UASB seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente e a utilização do filtro biológico percolador (FBP) para o pós-tratamento de águas residuárias de suinocultura, com altas concentrações de sólidos suspensos, quanto à eficiência de remoção de carboidratos, proteínas e lipídios e a produção e qualidade do biogás.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A unidade experimental (Figura 1) utilizada para o tratamento anaeróbio das águas residuárias de suinocultura foi um reator UASB (volume total de 300 L) seguido de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente (volume total de 190 L), instalados em série. A unidade utilizada para o pós-tratamento do efluente produzido no sistema anaeróbio foi um filtro biológico percolador (volume total de 250 L) seguido de um decantador (150 L). Para a obtenção do TDH e da COV no filtro anaeróbio e no filtro biológico percolador, foi utilizado o volume útil de 147 e 187 L, respectivamente. O reator UASB, o filtro anaeróbio, o filtro biológico percolador e o decantador foram construídos com tubos rígidos de policloreto de vinila (PVC) com seção transversal circular de 400 mm.



**Figura 1. Representação esquemática das instalações experimentais do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios e do sistema de pós-tratamento.**

O meio suporte utilizado no filtro anaeróbio de fluxo ascendente e no filtro biológico percolador foram anéis de bambu com 4,6; 2,5 e 0,25 cm de comprimento, diâmetro externo e espessura de parede, respectivamente. A área superficial específica e o índice de vazios dos anéis de bambu foram de 92,5 m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> e 75%, respectivamente.

Foram coletadas amostras compostas do afluente e dos efluentes, a cada hora, das 8:00 às 12:00 h e mantidas em geladeira. A avaliação de desempenho da unidade experimental baseou-se na monitorização do afluente, em amostras compostas, conforme descrito na Tabela 1. Os dejetos utilizados como afluente foram coletados, diariamente, em confinamento de suínos na fase de terminação, com lâmina d'água, alimentados com ração à base de milho ou sorgo e soja, com complemento vitamínico e mineral.



Tabela 1. Exames e determinações, frequência e fontes das metodologias utilizadas.

Exames e determinações	Frequência	Referências bibliográficas
<b>Afluente e efluentes</b>		
pH	duas vezes por semana	APHA, AWWA, WPCF (1998)
Demanda química de oxigênio total (DQO <sub>total</sub> )	duas vezes por semana	APHA, AWWA, WPCF (1998)
Proteínas	duas vezes por semana	BLUNDI & GADÊLHA (2001)
Carboidratos	duas vezes por semana	BLUNDI & GADÊLHA (2001)
Lipídios	duas vezes por semana	BLUNDI & GADÊLHA (2001)
<b>Biogás</b>		
Produção	diária	OLIVEIRA (1997) (gasômetros)
Composição	semanal	APHA, AWWA, WPCF (1998)

O método utilizado para a determinação de carboidratos foi o do fenol e ácido sulfúrico, baseado na metodologia descrita por DUBOIS et al. (1956), que consistiu na adição de fenol e ácido sulfúrico concentrado, os quais em presença de carboidratos, resultam em cor laranja quantificada a 488 nm.

O método utilizado para a determinação da concentração das proteínas foi o do micro-biureto modificado, baseado na metodologia descrita por STICKLAND (1951). O método do micro-biureto modificado consistiu na adição de hidróxido de sódio e sulfato de cobre à solução que contém proteínas. O excesso de sulfato de cobre é removido por centrifugação e o sobrenadante submetido à leitura colorimétrica a 310 nm.

O método utilizado para a determinação de lipídios foi o da sulfofosfovanilina, descrito por POSTMA & SROES (1968), que consistiu na adição de ácido sulfúrico concentrado, ácido fosfórico concentrado e solução de vanilina, os quais em presença de lipídios, resultam em cor rosa quantificada a 537 nm.

A concentração de proteínas, carboidratos e lipídios foram determinados através de uma curva padrão previamente construída, para a caseína, lactose e óleo de soja, respectivamente. As metodologias para quantificação dos parâmetros de matéria orgânica específica: proteínas, carboidratos e lipídios, estão descritos em BLUNDI & GADELHA (2001). As temperaturas médias do ar foram obtidas pela Estação Agroclimatológica da UNESP, no Campus de Jaboticabal.

Na Tabela 2 estão descritas as condições operacionais impostas ao sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios, com o reator UASB seguido de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente seguido do filtro biológico percolador (FBP) para o pós-tratamento, nos ensaios 1, 2, 3 e 4. Os TDH aplicados no reator UASB e no filtro anaeróbio foram de 24 e 11,7 h, nos ensaios 1 e 2 e de 12 e 5,8 h, nos ensaios 3 e 4. As cargas hidráulicas superficiais (Qs) aplicadas no filtro biológico percolador e no decantador foram de 3,5; 10,6; 7,0 e 21,1 m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup> d) e de 2,4; 7,2; 4,8 e 14,4 m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup> d), nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

As cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas no R1 e R2 foram de 12,4; 15,5; 26,3 e 23,2 g DQO total / (L d) e de 4,4; 6,3; 5,5 e 2,9 g DQO<sub>total</sub> / (L d), nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 2). Segundo CHERNICHARO (1997) as COV típicas aplicadas em reatores UASB tratando esgoto doméstico são inferiores a 15 g DQO<sub>total</sub> / (L d), embora COV de até 45 g DQO<sub>total</sub> / (L d) tenham sido aplicadas com sucesso. As cargas orgânicas volumétricas aplicadas no R2 foram de 4,4; 6,3; 5,5 e 2,9 gDQO<sub>total</sub> / (L d), nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 2).



**Tabela 2. Condições operacionais do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios, com o reator UASB seguido de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente seguido do filtro biológico percolador (FBP) para o pós-tratamento, nos ensaios 1, 2, 3 e 4.**

		Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		Ensaio 4	
Parâmetros		média	c.v.	média	c.v.	média	c.v.	média	c.v.
Duração do ensaio (dias)		74	-	50	-	55	-	56	-
Temperatura média do ar (°C)		25	10	24	7	23	6	22	10
TDH (h)	UASB	24	-	24	-	12	-	12	-
	Filtro anaeróbio	11,7	-	11,7	-	5,8	-	5,8	-
	FBP	15,0	-	5,0	-	7,5	-	2,5	-
	Decantador	12,0	-	4,0	-	6,0	-	2,0	-
COV (g DQO <sub>total</sub> / (L d))	R1	12,4	71	15,5	64	26,3	75	23,2	44
	R2	4,4	71	6,3	55	5,5	45	2,9	59
	FBP	1,4	84	5,8	67	3,6	46	4,8	44
	Decantador	1,2	54	4,7	71	3,2	47	5,0	20
Taxa recirculação (%)	FBP	0	-	200	-	0	-	200	-
Qs (m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> d))	FBP	3,5	-	10,6	-	7,0	-	21,1	-
	Decantador	2,4	-	7,2	-	4,8	-	14,4	-

FBP- filtro biológico percolador; c. v. – coeficiente de variação; TDH- tempo de detenção hidráulico; Qs – taxa de aplicação hidráulica superficial (vazão/área de aplicação superficial); COV – carga orgânica volumétrica; DQO<sub>total</sub> – demanda química de oxigênio total.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de carboidratos, proteínas, lipídios e a demanda química de oxigênio total (DQO<sub>total</sub>) observadas no afluente foram de 318; 408; 571 e 444 mg / L, de 266; 477; 258 e 114 mg / L, de 71; 54; 42 e 21 mg / L e de 12338; 15570; 13168 e 11956 mg / L, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 3). AHN et al. (2006) observou concentrações médias de carboidratos de 900 mg / L em esterco suíno com DQO<sub>total</sub> de 130 g / L.

As alterações na composição do afluente ocorreram em virtude de variações na idade e manejo dos animais, dificuldades operacionais na manutenção da homogeneidade durante o armazenamento e coleta diária das águas residuárias nas instalações de confinamento de suínos na fase de terminação. BOURSIER et al (2005) observaram variações nas diferentes frações de DQO nas águas residuárias de suinocultura e atribuíram ao sistema de produção das fazendas (crescimento e terminação, somente crescimento ou terminação), da composição da alimentação dos animais e do consumo de água.



**Tabela 3. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (c.v.) da concentração da demanda química de oxigênio (DQOtotal), carboidratos, proteínas e lipídios do afluente e efluentes do reator UASB (R1), filtro anaeróbio de fluxo ascendente (R2), filtro biológico percolador (FBP) e decantador (D) nos ensaios 1, 2, 3 e 4.**

(FBP) e decantador (D) nos ensaios 1, 2, 3 e 4.									
Parâmetros		Ensaio 1	c.v.	Ensaio 2	c.v.	Ensaio 3	c.v.	Ensaio 4	c.v
DQOtotal (mg / L)	Afluente	12338	71	15570	64	13168	75	11596	44
	R1	2134	71	3089	108	1325	45	702	59
	R2	872	84	2062	67	1127	46	685	44
	FBP	632	54	788	71	797	48	415	20
	Decantador	500	69	630	54	478	34	326	27
Carboidratos (mg /L)	Afluente	318	42	408	27	571	87	444	43
	R1	123	48	169	71	90	42	49	60
	R2	57	45	143	52	95	68	43	33
	FBP	166	63	101	91	95	48	71	36
	Decantador	134	70	101	53	60	38	65	45
Proteínas (mg /L)	Afluente	266	69	477	85	258	99	114	47
	R1	91	84	92	110	34	43	19	32
	R2	67	66	78	75	31	33	20	33
	FBP	82	71	81	138	26	33	21	20
	Decantador	63	48	51	79	28	35	21	31
Lipídios (mg /L)	Afluente	71	45	54	69	42	58	21	52
	R1	31	87	24	101	13	98	11	120
	R2	23	153	17	79	8	45	5	60
	FBP	9	66	4	29	10	50	6	34
	Decantador	7	72	5	51	5	57	4	33

c. v. – coeficiente de variação; DQOtotal – demanda química de oxigênio total.

No efluente do R1, a menor concentração de carboidratos de 49 mg / L foi observada no ensaio 4. Nos ensaios 1, 2 e 3 as concentrações de carboidratos no efluente do R1 foram de 123; 169 e 90 mg / L, respectivamente. As concentrações de carboidratos no afluente do sedimentador foram de 134; 101; 60 e 65 mg / L, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 3).

As eficiências de remoção dos carboidratos no R1 variaram de 86 % a 41%, nos ensaios 4 e 1, respectivamente.

As maiores eficiências de remoção de DQOtotal de 91% no R1, ocorreram no ensaio 4, com o TDH de 12 h, COV de 23,2 gDQOtotal / (L d) e temperatura média do ar de 22°C, como também foi observado anteriormente para os carboidratos. Para o sistema de tratamento (R1 + R2) as eficiências médias de remoção de carboidratos foram de 76; 62; 77 e 88 % nos ensaios 1, 2, 3 e 4 respectivamente (Tabela 4). No sistema de tratamento (anaeróbio + pós-tratamento) as eficiências de remoção de carboidratos observadas foram de 49; 70; 85 e 80 % nos ensaios 1, 2, 3 e 4 respectivamente, sendo que a maior eficiência foi observada no ensaio 3 e a menor no ensaio 1.

As concentrações de proteínas no efluente do R1 foram de 91; 92; 34 e 19 mg / L, respectivamente. Os valores da concentração de proteínas no efluente do sedimentador foram de 63; 51; 28 e 21 mg / L, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 3). As eficiências de remoção de proteínas no R1 e R1 + R2 foram de 67; 77; 80 e 76 % e de 76; 78; 81 e 78%, nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente. As maiores eficiências de remoção de proteínas do sistema anaeróbio e pós-tratamento foram de 88%, obtidos no ensaio 3.

Os valores de concentração de lipídios observados no efluente do R1 foram de 71; 54; 42 e 21 mg / L nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 3). As eficiências de remoção dos lipídios no R1 variaram de 52 % a 60 %. No sistema (R1 + R2) as eficiências de remoção de lipídios foram de 69; 65; 69 e 71% nos



ensaios 1, 2, 3 e 4 respectivamente. Para o sistema de tratamento anaeróbio e pós-tratamento as eficiências de remoção de lipídios foram de 89; 86; 76 e 70% nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A utilização do reator do segundo estágio propiciou acréscimos nas remoções de lipídios em todos os ensaios, indicando melhores condições para a hidrólise de lipídios.

**Tabela 4. Valores médios das eficiências de remoção de carboidratos, proteínas e lipídios e coeficientes de variação (c.v.), obtidos para o reator UASB (R1), sistema de tratamento anaeróbio (R1 + R2) e sistema (R1 + R2 + FBP +D) nos ensaios 1, 2, 3 e 4.**

		Ensaio 1	c.v.	Ensaio 2	c.v.	Ensaio 3	c.v.	Ensaio 4	c.v
Remoção de DQOtotal (%)	R1	80	20	82	15	86	9	91	8
	R1+R2	91	10	83	17	89	9	90	8
	Sistema	94,9	4	97,8	2	93,3	7	96,7	3
Remoção de Carboidratos (%)	R1	41	152	55	71	78	18	86	13
	R1+R2	76	19	62	34	77	23	88	8
	Sistema	49	129	70	34	85	9	80	28
Remoção de proteínas (%)	R1	67	26	77	25	80	14	76	22
	R1+R2	76	12	78	20	81	13	78	17
	Sistema	74	84	85	11	88	6	78	20
Remoção de lipídios (%)	R1	53	57	55	52	60	44	52	68
	R1+R2	69	54	65	24	69	40	71	28
	Sistema	89	7	86	16	76	45	70	42
Produção volumétrica de metano ( $\text{m}^3 \text{CH}_4 / (\text{m}^3 \text{d})$ )	R1	0,544	37	0,688	41	0,772	35	0,816	30
	R2	0,200	77	0,251	45	0,127	52	0,108	51
	R1+R2	0,432	31	0,552	36	0,562	33	0,574	31

R1 – reator UASB, R2 – filtro anaeróbio; FBP- filtro biológico percolador; D – decantador, c.v. – coeficiente de variação.

Os valores médios do percentual de  $\text{CH}_4$  no biogás no R1 e R2 foram de 73,6; 81,5; 80,8; 83,0 e 81,8% e de 70,5; 74,4; 79,2; 82,2 e 81,8%, respectivamente, na partida e ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Os maiores valores médios do percentual de  $\text{CH}_4$  no biogás foram observados no ensaio 3, com a aplicação das maiores COV no R1, de 26,3 g DQOtotal / (L d) (Tabela 4). Observou-se que a maior produção de metano no R1 ocorreu no ensaio 4, quando observou-se maior remoção de carboidratos.

Os valores da produção volumétrica de  $\text{CH}_4$  média, para o R1 e R2 foram de 0,544; 0,688; 0,772 e 0,816  $\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{m}^3 \text{d}$  e de 0,200; 0,251; 0,127 e 0,108  $\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{m}^3 \text{d}$ , respectivamente, durante os ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 4). Para o conjunto de reatores (R1+R2) a produção volumétrica de metano foi de 0,432; 0,552; 0,562 e 0,574  $\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{m}^3 \text{d}$ , para COV de 12,4; 15,5; 26,3 e 23,2 g DQOtotal / (L d), nos ensaios 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Observou-se que a maior produção de metano no R1 ocorreu no ensaio 4, quando houve a maior remoção de carboidratos.

## CONCLUSÕES

Obtiveram-se eficiências médias de remoção de DQOtotal, carboidratos, proteínas e lipídios para o sistema de tratamento anaeróbio de até 91; 85; 88 e 71%, respectivamente, para COV superiores a 12,4 g DQOtotal / (L d). A utilização do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios composto pelo reator UASB e o filtro anaeróbio seguido do filtro biológico percolador permitiu aumentar as eficiências médias de remoção de DQOtotal, carboidratos, proteínas e lipídios de 93 a 98%; 49 a 85%; 74 a 88% e de 70 a 89%, respectivamente.





## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, CNPQ/PIBIC e a Tigre S. A. pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHN, J. H.; DOA, T. H.; KIMB, S. D.; HWANGA, S. The effect of calcium on the anaerobia digestion treating swine wastewater. *Biochemical Engineering*; v. 30, p. 33-60, 2006.
2. APHA. AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18 th. Washington, 1998.
3. BLUNDI, C.E., GADÊLHA, R.F. (2001) Metodologia para determinação de matéria orgânica específica em águas residuárias. In. CHERNICHARO, C.A.L. de. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: metodologias. Belo Horizonte: Polytécnica Ltda, v. 2, p.9-17, 2001,
4. BOUSIER, H.; BÉLINE, F. B.; PAUL, E. Piggery wastewater characterization for biological nitrogen removal process design. *Bioresource Technology*, n. 96, p. 351–358, 2005.
5. CHERNICHARO, C. A. L. de. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Polytécnica LTDA, 246p, 1997.
6. DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v.28, 350-356, march, 1956.
7. MIWA, A. C. P.; FALCO, P. B.; CALIJURI, M. C. Avaliação de métodos espectrofotométricos para determinação de proteína em amostras de lagoas de estabilização. *Engenharia Sanitária e ambiental*, V.13 - Nº 2, 236-242, 2008.
8. POSTMA, T. & STROES, J. A. P. (1968) Lipid screening in clinical chemistry. *Clin. Chim. Acta*, v.22, 569-578, 1968.
9. OLIVEIRA, R. A. de; Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura. 1997. 359 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
10. OLIVEIRA, W. Uso de agua residuária da suinocultura em pastagens da *Brachiária Decumbens* e Grama Estrela *Cynodom Plesctostachyum*. 2006, 220F. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
11. STICKLAND, L. H. The determination of small quantities of bactéria by means of biuret reaction. *J. Gen. Microbiol.* v. 5, p. 698-703, 1951.