



**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DE EFLUENTES DE
SUINOCULTURA BRUTOS E TRATADOS EM BIODIGESTOR DE LONA**

Amanda Dechen **Silva**¹; Fabio Sousa Guedes **Silva**²; Nadia Valério **Possignolo-Vitti**³;
Sarah Mello Leite **Moretti**³; Edna Ivani **Bertoncini**⁴

Nº 17307

RESUMO – O mercado paulista de suínos cresceu significativamente nos últimos anos. A suinocultura é uma atividade que gera grande quantidade de resíduos com elevada carga orgânica e de nutrientes, tornando o tratamento de dejetos ainda um gargalo para o setor. O presente estudo objetivou monitorar um sistema de tratamento de dejetos composto de uma peneira estática e um biodigestor de lona, instalados na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Tanquinho UPD, Piracicaba, SP. Foram coletadas amostras de efluentes brutos após a lavagem das baías e dos efluentes finais coletados na saída do biodigestor anaeróbio. Verificou-se em todas as amostras uma redução de cerca de 90% nos valores de DQO e DBO, assim reduções de semelhantes magnitudes nos teores de sólidos voláteis e fixos, e nos teores de P e Ca, indicando a eficiência do processo anaeróbio na decomposição do material orgânico, e a precipitação de elementos insolúveis como o P e Ca no lodo acumulado no fundo do biodigestor. Os valores de condutividade elétrica tiveram elevação de 112% no efluente tratado, confirmando a liberação de nutrientes pelo processo de decomposição da matéria orgânica. Os teores de N-nítrico estiveram dentro dos padrões estabelecidos pelas normas ambientais, e os teores de N-amoniaco estiveram acima dos valores permitidos para seu lançamento em mananciais, indicando necessidade de posterior tratamento aeróbio do efluente caso essa seja a opção de disposição do efluente. Para uso em solo agrícola, os teores de N-amoniaco destes efluentes devem ser considerados para o cálculo da lâmina de irrigação atendendo as demandas de cada cultura agrícola.

Palavras-chaves: suínos, dejetos, tratamento anaeróbio, monitoramento ambiental, nutrientes, contaminantes

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduanda em Gestão Ambiental – ESALQ/USP, Piracicaba-SP; amandadechen@hotmail.com

2 Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis, FATEC, PIRACICABA-SP.

3 Doutoranda: Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, Piracicaba-SP.

4 Orientadora: Pesquisadora da APTA Polo Centro Sul Piracicaba-SP; ebertonicni@apta.sp.gov.br.



ABSTRACT – *The São Paulo state pig market has grown significantly in recent years. Pig farming is an activity that generates a large amount of waste with high organic load and nutrients, making waste treatment still a bottleneck for the sector. The aim of this study was to monitor a waste treatment system composed of a static sieve and a canvas biodigester, installed in the Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Tanquinho UPD (Research and Development Unit of Tanquinho) UPD, in Piracicaba, SP. Samples of raw effluents were collected after washing the bays and the final effluents collected at the anaerobic biodigester outlet. There was a reduction of about 90% in the BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand), so the reductions of similar magnitudes in the contents of volatile and fixed solids, and in the contents of P and Ca, indicating the efficiency of the anaerobic process in the decomposition of the organic material, and the precipitation of insoluble elements such as P and Ca in the mud accumulated in the bottom of the biodigester. The values of electrical conductivity had a 112% increase in the treated effluent, confirming the release of nutrients by the organic matter decomposition process. N-nitric contents were within the standards set by environmental standards, and the N-ammoniacal contents were above the values allowed for their launch in springs, indicating the need for further aerobic treatment of the effluent if this is the option of disposal of the effluent. In agricultural soil, the N-ammoniacal contents of these effluents should be considered for the calculation of the irrigation blade, taking into account the demands of each crop.*

Keywords: Swine, wastewater, anaerobic treatment, environmental monitoring, nutrients, contaminants

1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de suínos cresceu nos últimos anos superando o número total de 40 milhões de animais (IBGE, 2016) e, de acordo com o Ministério da Agricultura os principais estados que contribuem com esta produção são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, em ordem decrescente. A produção industrial paulista conta com aproximadamente 900 mil cabeças de suínos; 156 mil toneladas de carne (ABIPECS, 2010) e, espera-se que esses números continuem gradativos já que a demanda mundial tende a crescer. (APCS, 2015).



**11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017 02
a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7**

Diante deste contexto, a normatização do processo produtivo, com regras que vão da produção até o pré-abate e o frigorífico, vem ocorrendo nas granjas paulistas desde 2004, com diversas ações positivas como, por exemplo, a criação do Selo Suíno Paulista. Entretanto, sabe-se que a produção de suínos gera muitos dejetos e que muitas vezes estes não possuem a destinação adequada.

Diante de todas as necessidades salientadas até este ponto é que o presente projeto foi criado. Além dessas ações de preocupações ambientais levantadas pelo poder público, o objetivo mais importante deste estudo foi o de possibilitar ao suinocultor as condições para implantar um sistema de tratamento de dejetos eficiente em sua propriedade que torne sua atividade sustentável do ponto de vista ambiental, agrícola e econômico.

O foco do presente estudo foi realizar o monitoramento de efluentes brutos e tratados oriundos de estação piloto que foi construída na UPD de Tanquinho, de modo a verificar a eficiência de um sistema de tratamento composto por peneira estática e biodigestor de lona. Os dados de eficiência destes sistemas e de outros que serão instalados na referida unidade servirão de base para um sistema demonstrativo de tratamento de dejetos a ser apresentado aos produtores de suínos de modo a auxiliá-los na redução da carga orgânica e de nutrientes/contaminantes presente nos resíduos, para que possam ser utilizados em solos agrícolas de modo sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo do presente projeto e realizar a caracterização de amostras de dejetos suínos, foram realizadas coletas de dejetos brutos e efluentes tratados na granja de terminação de suínos da UPD de Tanquinho. A granja desta unidade de pesquisa é considerada modelo, possuindo capacidade para 160 animais em terminação e produção de efluente em torno de 40.000 litros de dejetos/mês.

O efluente bruto foi coletado após a limpeza das baias de suínos com mangueiras lava-jato, que é uma prática realizada diariamente como manejo higiênico-sanitário adotado, gerando um resíduo composto por fezes, restos de ração, pelos dos animais, urina.

O efluente proveniente da limpeza das baias passou por uma peneira rotativa com capacidade de $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, diâmetro dos furos de 0,65 mm, com a finalidade de separar os sólidos s, como restos de grãos de milho e soja. Em seguida, a parte líquida seguiu para tratamento no biodigestor tubular de lona, instalado sob uma vala de 36 m^2 impermeabilizada com manta de PVC,



totalizando volume de 60 m³ para conter o efluente e 30 m³ para conter o biogás liberado durante o processo de decomposição do substrato orgânico. O tempo de detenção hidráulica (TDH) calculado para esse biodigestor é de no mínimo 20 dias, de acordo com teste de eficiência do tratamento determinado pelo fabricante. No entanto, para o presente ensaio manteve-se o efluente por mais tempo no biodigestor, pois durante o período do estudo ocorreram vazios sanitários.

Imediatamente após a coleta foram determinados os valores de pH e condutividade elétrica (CE). Em seguida, foram realizadas as determinações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e série de sólidos (EATON et al., 2005), dos teores de N-total pelo método Kjeldhal, dos teores de N-NH₄⁺ (KEMPERS; ZWEERS, 1986), dos teores de N-NO₃⁻ (YANG et al., 1998), além dos teores semi-totais de potássio, cálcio sódio, fósforo, em extratos de digestão nítrica (EATON et al., 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que houve um aumento em torno de 2,0 unidade no valor pH do efluente tratado quando comparado ao efluente bruto (Tabela 1). Konzen (1983) encontrou valores de pH em torno de 6,9 para dejetos de suínos oriundos de granjas de crescimento e terminação, tratados em esterqueiras. As normas de reuso de efluentes em solos são pouco elaboradas em função dos poucos resultados de pesquisa existentes em condições nacionais, e aquelas vigentes como a norma de uso de vinhaça (Cetesb, 1999) e efluente de indústria cítrica vigentes (Cetesb, 2010) no estado de São Paulo não trazem referências para os valores de pH. Em minuta elaborada no ano de 2001 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o valor considerado de pH para reuso agrícola seria de 6-9, e portanto ambos os efluentes estariam aptos por esse parâmetro para uso agrícola.

Tabela 1. Caracterização físico-química e química dos efluentes brutos de suinocultura e tratados no biodigestor de lona. Média de 02 coletas⁽¹⁾

Amostra	pH	CE	N-total	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺	P	K
		dS cm ⁻¹	mg L ⁻¹				
E. Bruto	5,9	7,2	1670,8	9,5	1647,8	415,7	1069,9
E. tratado	7,8	23,3	1598,8	1,7	1.220,0	16,7	1213,2



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017 02
a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

Com relação aos valores de condutividade elétrica, nota-se que após o tratamento no biodigestor houve um aumento em torno de 112% nos efluentes tratados quando comparados aos efluentes brutos, provavelmente em função do processo de decomposição da matéria orgânica e liberação de elementos químicos na forma de sais. Como no caso dos valores de pH, as normas vigentes para reuso não trazem valores específicos para este parâmetro.

A Portaria Interna número 31 (Cetesb, 2006) estabelece que a condutividade elétrica do esgoto doméstico tratado deverá estar abaixo de $2,9 \text{ dS m}^{-1}$ para seu reuso agrícola. Como é possível constatar tanto os valores de condutividade elétrica do efluente bruto como àquele do efluente tratado encontram-se acima deste intervalo, podendo ocasionar riscos de salinização do solo com o uso contínuo. A partir desse fato pode-se inferir que apenas o processo de peneiramento e biodigestão não seriam suficientes para reduzir os sais presentes nos efluentes para seu uso agrícola sustentável.

Para a série nitrogenada observa-se que os valores de N-NO_3^- estão abaixo de 10 mg L^{-1} , e poderiam ser utilizados para reuso agrícola (Tabela 2), de acordo com Resolução Conama 357 (2005) e Norma Paulista para reuso de efluentes de indústria cítrica (Cetesb, 2010). Altos teores de nitrato em águas de irrigação podem ocasionar a lixiviação do elemento para as águas subterrâneas e causar doenças relacionadas à asfixia em função da ligação da hemoglobina ao elemento, ao invés da mesma se ligar ao oxigênio. O consumo de água com elevados teores de nitrato está relacionado também ao aumento de casos de câncer (USEPA, 2009). C

Tabela 2. Teores de carbono, série de sólidos e valores de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) dos efluentes brutos de suinocultura e tratados no biodigestor de Iona. Média de 02 coletas⁽¹⁾

Amostra ⁽¹⁾	C		Sólidos		DQO	DBO
	%	Fixos	Voláteis	Totais		
						mg L^{-1}
E. Bruto	0,5	11.324,0	32.235,8	43.559,8	54.500	13.188
E. tratado	0,2	2.431,4	1.332,3	3.763,6	1.000	1.625

Os teores de N-NH_4^+ são altos, como pode observado na Figura 1, e em solos pode ser transformados em nitrato pelo processo de nitrificação. A Resolução CONAMA 430 (2011)



estabelece que os teores máximos de N-amoniaco para lançamentos em mananciais seria de 20 mg L⁻¹, e portanto esse efluente deveria passar pelos demais processos de tratamento previstos de serem montados dentro da estação piloto, como por exemplo, o digestor aeróbio que promove a desnitrificação, para ser destinado a corpos hídricos. Contudo, a Portaria Interna número 31 (Cetesb, 2006) estabelece que efluentes com teores maiores de N-NH₄⁺ no efluente final podem ser utilizados na irrigação agrícola, desde que resguarde-se a proteção aos mananciais, isto é, deve haver monitoramento dos teores de N em solos nos quais se utilizem efluentes orgânicos.

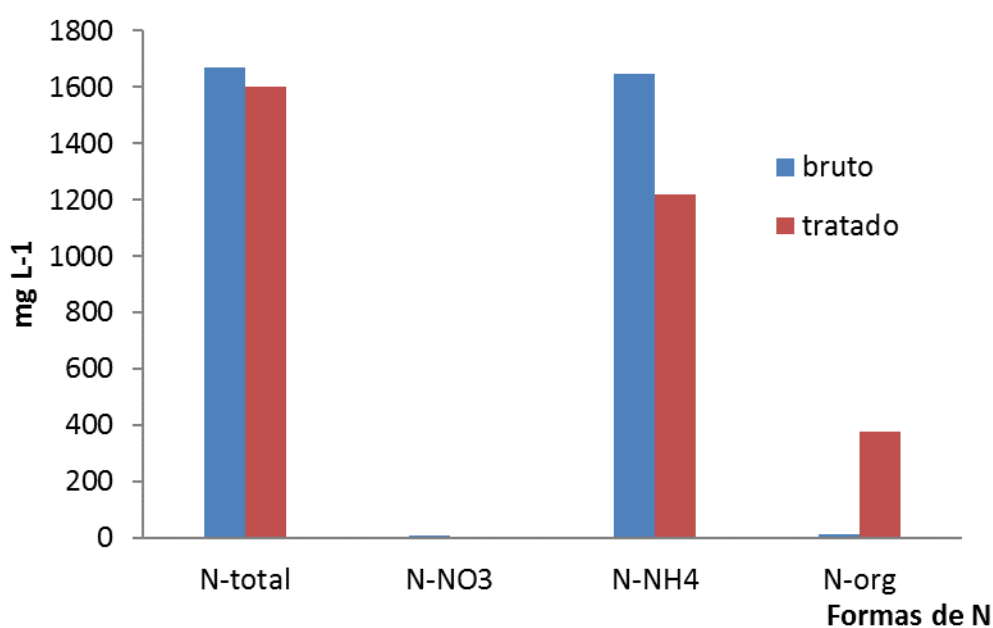


Figura 1. Formas de nitrogênio presentes nos efluentes brutos e tratados no biodigestor

Observa-se que no efluente bruto a forma amoniacal é predominante e as formas nítrica e orgânica encontra-se em baixas concentrações, o que pode ser explicado pela digestão das rações ricas em milho e soja (N-proteico, orgânico) que são transformadas no trato digestivo animal. Durante o processo de biodigestão o N-orgânico é decomposto passando para as formas minerais de N, e posteriormente estas formas se ligam novamente a forma orgânica por meio de ligações químicas estáveis, de modo que se verifica um aumento no N ligado as formas orgânicas (Figura 1).

Quanto aos teores de fósforo observa-se que houve uma redução em torno de 96% após o processo de biodigestão, em virtude do fósforo sendo um elemento imóvel permanecer precipitado no biodigestor junto a carbonatos, dado o valor de pH do efluente final estar em torno de 7,8



(Tabela 1). Os baixos valores de fósforo no efluente do biodigestor indicam que talvez seja necessário complementá-lo com adubação química se for usado para reuso agrícola.

Para o elemento potássio ocorre exatamente o contrário, ou seja, por se tratar de um elemento móvel o mesmo permanece no efluente final. Houve um pequeno aumento de 13% no teor de potássio do efluente final com relação ao efluente bruto devido ao processo de decomposição da matéria orgânica que liberou o elemento, que permanece livre no efluente final.

Quanto à série de sólidos, observa-se que as concentrações de sólidos totais tiveram redução de aproximadamente 91% após o tratamento no biodigestor. O processo de separação sólido-líquido realizado pela peneira já retira 6% dos sólidos suspensos (Bertoncini, 2011), e aumenta a eficiência do processo de biodigestão.

Com relação aos sólidos voláteis ou teor de matéria orgânica, foi possível verificar uma redução de 96% quando se compara o efluente bruto ao tratado. A remoção de carbono foi em torno de 60%, e isso significa que grande parte dos sólidos presentes nos efluente era composta por matéria orgânica.

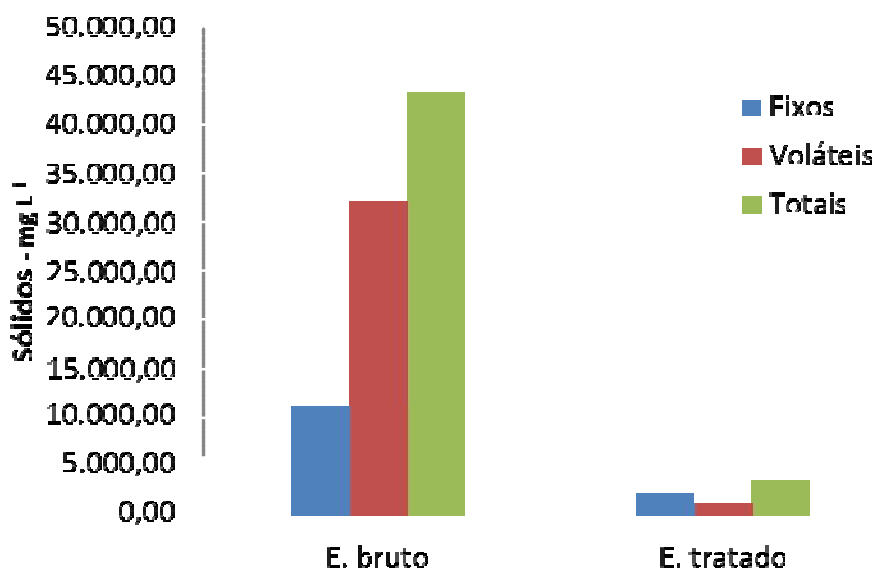


Figura 2. Teores de sólidos totais, voláteis e fixos de efluentes brutos e tratados em biodigestor de lona da UPD de Tanquinho

As concentrações de sólidos fixos ou cinzas apresentaram redução de 79% após o tratamento no biodigestor, indicando que grande parte de minerais, relacionados, como por exemplo, o fósforo ficou retido no biodigestor.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017 02
a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

A Figura 2 mostra as reduções nos teores de sólidos totais, fixos e voláteis antes e após o tratamento no biodigestor. Pode-se verificar que no efluente bruto os teores de sólidos voláteis são maiores que os teores de sólidos fixos, e no efluente tratado os teores de sólidos fixos são maiores que os teores de sólidos voláteis, indicando a grande remoção de material orgânico dentro do biodigestor de lona.

As análises de DQO e DBO mostraram reduções de 98%, e 88% após o tratamento em biodigestor de lona (Tabela 2), apresentando assim eficiência maior que 80% preconizada pela Resolução CONAMA 357 (2006). Scapinello et al. (2011) encontraram valores de DQO em torno de 65.000 mg L⁻¹ para efluentes brutos de 03 em 08 sistemas de tratamentos com biodigestores avaliados no estado de Santa Catarina e a remoção após passar por biodigestor também foi em torno de 98%. A Resolução CONAMA 430 (2011) estabelece que o sistema de tratamento de águas residuárias deve promover remoção mínima de DBO de 60% para lançamento em mananciais de qualquer classe. Considerando apenas o parâmetro DBO, o efluente do biodigestor poderia ser lançado em mananciais.

Para os valores de DBO observa-se que os dados obtidos neste estudo, em torno de 13.000 e 1.600 mg L⁻¹ para efluente bruto e tratado, respectivamente, são sempre maiores que aqueles obtidos por Scapinello et al. (2011) em 08 granjas e sistemas de tratamento no estado de Santa Catarina. A faixa de valores de DBO para efluentes brutos e tratados em biodigestores nestas granjas foram na faixa de 85 a 640, e 20,0 e 206,0 mg L⁻¹, respectivamente, com remoções de 7 a 82% após o tratamento em biodigestores. Para a granja da UPD de Tanquinho, os valores de DBO foram maiores, indicando que os dejetos dos suínos criados nestas condições apresentam maior carga orgânica de fácil decomposição quando comparadas as 08 granjas avaliadas pelo autor em Santa Catarina, provavelmente em função da alimentação fornecida aos animais. Estudos futuros de alimentação fornecida aos animais poderão trazer novas informações sobre a composição dos dejetos e a maior ou menor facilidade de seu tratamento.

4 CONCLUSÃO

O sistema de tratamento composto pela peneira e biodigestor anaeróbio proporcionou a obtenção de um efluente com menor potencial poluidor e com potencial de uso agrícola, reduzindo os valores de DBO, DQO, sólidos voláteis, e os teores de P e Ca. Por outro lado, o efluente de suinocultura tratado apresentou valores de CE e de N-amoniaco acima dos limites estabelecidos pelas legislações ambientais, indicando necessidade de outros tratamentos como a digestão aeróbica para tornar o seu uso sustentável na agricultura.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017 02
a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela oportunidade e por todo auxílio para que este estudo fosse realizado, juntamente ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)

Ressalto minha admiração e gratidão pela Orientadora do projeto Dra. Edna Ivani Bertoncini, e seus colaboradores, MSc. Sarah Mello Leite Moretti – Doutoranda CENA/USP; MSc. Nadia Valério Possignolo – Doutoranda CENA/USP; Dr. André Cesar Vitti; que pacientemente me ajudaram, mesmo em horários externos ao estágio.

6 REFERÊNCIAS

BERTONCINI, E.I.; **Dejetos da Suinocultura - Desafios para o uso agrícola**, 2011. Disponível em: < <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/863-dejetos-da-suinocultura-desafios-para-o-uso-agricola/file.html> > Acesso em: fev. 2017.

BRANDJES, P.J. de; WIT, J.; van der MEER, H.G. **Livestock and the environment: finding a balance**. Wageningen: IAC, 1996. 53p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 de maio de 2011, p. 89.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 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**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Instrução Técnica nº 31. **Aplicação de água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo: CETESB, 2006. p. 16.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Norma Técnica P4.002. **Efluentes e lodos fluidos de indústrias cítricas - critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo: CETESB, 2010. p. 20.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Norma Técnica P4.231. **Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo: CETESB, 2015. p. 15.

COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Decisão de Diretoria nº 388/2010/P, de 21 de dezembro de 2010. **Aprovação de premissas e diretrizes para a aplicação de resíduos e efluentes em solo agrícola no Estado de São Paulo**. Diário Oficial. Poder Executivo, São Paulo, SP, 24 de dezembro de 2010. Seção 1, p. 59-60.

EATON, A.D, LEONORE, S, CLESCERI, E.W.R., ARNOLD, E.A. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF), 2005. 1200 p.



11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2017 02
a 04 de agosto de 2017 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-141-7

KEMPERS, A.J, ZWEERS, A. **Ammonium determination in soil extracts by the salicylate methods.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 17, n. 7, p. 715-723, 1986.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização de dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1983. p.19-32. (EMBRAPA,CNPSA. Circular Técnica, 6).

OLIVEIRA, C.P.P.C.R.O. Precipitação do fosfato dicálcico – **Caracterização experimental e modelização.** 2007. p.216. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2007.

POSSIGNOLO, N.V.; TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A. **Tratamento de Soluções Residuais Contendo Cromo,** 2011. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/15456126-Apostila-tratamento-de-solucoes-residuais-contendo-cromo.html>> Acesso em: fev. 2017.

SCAPINELLO, J.; MUNARINI, A. C. ; Franco, G. M. de S. ; Dal Magro, J.. **Avaliação de um sistema de tratamento anaeróbio de dejetos de suínos.** In: III Seminário Integrado: Ensino, Pesquisa e Extensão, 2011, Chapecó. III Seminário integrado: pesquisa, ensino e extensão, 2011.

U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2009. **National Drinking Water Regulations MCL Booklet** May 2009. Disponível em: < URL <http://www.epa.gov>. > Acesso em: fev. 2017

VIVAN, M., KUNZ, A., STOLBERG, J., PERDOMO, C., TCHIO, V. H. **Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 3, p 320-325, 2010

YANG, J. E, SKOGLEY, E., SCHAFF, B., KIM, J. **A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin on soil extracts.** Soil Science Society of America Journal, v. 62, n. 4, p. 1108-1115, 1998.