



Separação sólido–líquido em efluentes da suinocultura

Airton Kunz¹, Ricardo L. R. Steinmetz¹ & Marcelo Bortoli²

RESUMO

A produção de suínos vem aumentando muito no Brasil e a contribuição da suinocultura industrial, que se baseia nos Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPACs), tem sido cada vez mais representativa. Na região Oeste de Santa Catarina o crescente aumento da densidade de animais está associado a um passivo ambiental de grandes proporções, principalmente em virtude dos efluentes da produção dos suínos possuírem uma matriz com altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes. São inúmeras as alternativas de processos através dos quais se pode realizar o tratamento dos dejetos de suínos: físicos, físico-químicos e biológicos; esses processos podem ser empregados de forma conjunta e sequencial. Neste trabalho se estudou um processo de separação sólido-líquido, baseado no uso de um extrato natural de taninos para a coagulação e floculação de dejetos de suínos com posterior separação gravimétrica em flotodcantador. Realizou-se a comparação da eficiência de remoção de sólidos e de nutrientes em períodos distintos, antes e após as otimizações. As modificações realizadas aumentaram a eficiência do sistema atingindo índices de 46 a 56% de redução da Demanda Química de Oxigênio (DQO), melhor compactação do lodo e diminuição no arraste de sólidos sedimentáveis do flotodcantador.

Palavras-chave: dejetos de suínos, floculação, coagulação, PAM, tanino

Solid-liquid separation in pig effluents

ABSTRACT

Swine production is growing fast in Brazil and the contribution of the modern swine production represented by confined animal feeding operations (CAFOs), has been very important. The high animal concentration in small areas point out a very intensive environmental impact due to the concentration of organic matter and nutrients in their effluents. There are a lot of alternatives to treat swine manure: physical physico-chemical and biological treatments; these processes can be used together and sequentially. In this paper, a solid-liquid separation process was studied based on coagulation and flocculation with tannin extracts in a settling tank, that is used as a part of a swine manure compact treatment system to treat swine manure. The process was adjusted in a laboratory scale and some modification was introduced in the full scale plant. A comparison between the pre and post adjustment process was performed. The process modification increase the COD removal from 46 to 56% and the settled solids concentration in the effluent from settling tank was also reduced.

Key words: swine manure, flocculation, coagulation, PAM, tannin

¹ Embrapa Suínos e Aves, BR 153, km 110, CEP 89700-000, Concórdia, SC. Fone: (49) 3441-0400. E-mail: airton@cnpasa.embrapa.br; ricardo@cnpasa.embrapa.br

² Departamento de Engenharia Química/UFSC, CEP 880400-900, Florianópolis, SC. Fone: (49) 3441-0400. E-mail: marcelobortoli@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no ramo do agronegócio mundial pois é considerado um dos maiores produtores de suínos, tendo abatido mais de 27,4 milhões de animais no ano de 2007 (IBGE, 2008). O Estado de Santa Catarina, por sua vez, possui a maior concentração nacional de suínos, apresentando mais de 360 mil matrizes reprodutoras e gerando mais de 8 milhões de abates por ano, o que representa aproximadamente 30% do total nacional (Miele & Machado, 2006).

As tendências apresentadas na exportação da carne suína para países da União Européia, China, Tailândia e Vietnã, demonstram o aumento da demanda e indicam sua duplicação para a próxima década (Naylor et al., 2005). A alternativa encontrada para suprir essas necessidades de mercado é o emprego de Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPACs). Nesses sistemas há aumento da escala de produção, diminuindo custos de operação, logística e permitindo maior controle do plantel (Kunz et al., 2009).

Esta estratégia, por sua vez, tem levantado discussões acerca dos impactos ambientais provocados pela atividade suinícola; dentre os principais impactos se encontram: a emissão de gases nocivos à atmosfera, o risco à biodiversidade, a disposição inadequada dos subprodutos da atividade no solo e a contaminação de ambientes aquáticos, tanto por emissão direta dos efluentes da produção de animais em corpos de água como por contaminação indireta, através da lixiviação/percolação do solo contaminado (OECD, 2003; Kunz et al., 2009).

Novas alternativas, como o tratamento desses efluentes na fonte geradora, se têm mostrado mais eficientes no controle dos impactos ambientais possibilitando o reaproveitamento das águas residuárias e a reciclagem dos nutrientes (Kunz et al., 2005). Existem diversas alternativas de processos através dos quais se pode realizar o tratamento dos dejetos de suínos: físicos, físico-químicos e biológicos (Vivan et al. 2010). Neste sentido, a primeira etapa usualmente utilizada no tratamento diz respeito às tecnologias baseadas na separação de sólidos por processos físicos. Este tipo de separação se caracteriza pelo uso de simples sedimentação ou por peneiramento (Kunz et al., 2009; Steinmetz et al., 2009). A aplicação deste tipo de separação possui baixo custo em relação aos outros processos e relativa eficiência em função da alta concentração de sólidos grosseiros presentes nos dejetos de suínos, de forma usual maior que 3% ($m\ v^{-1}$) (Burton, 2007).

Para melhor eficiência na remoção de material em suspensão, pode-se empregar processos de coagulação e floculação através de substâncias químicas. Esta prática diminui a concentração de nutrientes (matéria orgânica, fósforo, nitrogênio) da fração líquida, além de aumentar a praticidade do tratamento da fração sólida devido à redução de seu volume (Sánchez-Martin et al., 2010).

A separação sólido-líquido, quando utilizados agentes clarificantes, podem ser dividida em dois diferentes fenômenos. O primeiro, denominado “químico” ou de “coagulação”, envolve a desestabilização química e a colisão entre as partículas dos colóides suspensos e o agente químico. E o segundo, denominado “físico” ou de “floculação”, em que ocorrem colisões entre essas partículas geradas na primeira etapa,

formando partículas maiores ou flocos, promovendo ou melhorando a sedimentação (Massé & Massé, 2010).

O emprego de polímeros orgânicos, sejam naturais ou sintéticos, para realizar essas separações tem recebido crescente importância no tratamento de efluentes sanitários. Esses polímeros contribuem para a diminuição de riscos ambientais quando comparados com os coagulantes inorgânicos por possuírem caráter biodegradável (Bolto & Gregory, 2007; Sánchez-Martin et al., 2010). De forma agravante, os coagulantes inorgânicos geram resíduos com altas concentrações de Fe e Al, o que pode tornar os subprodutos da separação tóxicos aos organismos existentes no meio ambiente e no tratamento biológico, além de tornar impróprio o aproveitamento fertilizante (CONAMA, 2006; Steinmetz et al., 2009). Outro fator que limita o uso de sais inorgânicos é a forte dependência da sua eficiência de separação com relação ao pH do meio, devido à necessidade de hidrólise (Duan & Gregory, 2003). Porém, de acordo com Steinmetz et al. (2007) são escassos os estudos e investigações sobre o emprego de substâncias naturais como coagulantes ou floculantes em tratamento de resíduos animais, sobretudo em pesquisas envolvendo separações sólido-líquido em dejetos de suínos (Steinmetz et al., 2009).

Os taninos vegetais representam um grupo constituído de compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico, por serem um produto natural e de fonte renovável. A flora brasileira possui uma das maiores fontes de árvores tanantes do mundo, o que facilita sua extração e utilização. Os estudos com os taninos se têm desenvolvido gradativamente elucidando a variabilidade e complexidade dos compostos e aumentando as possibilidades de aplicação (Sánchez-Martin et al., 2010). Tem-se utilizado, como agente auxiliar de separação sólido-líquido, poliacrilamidas (PAM) que são polímeros orgânicos sintéticos. As poliacrilamidas têm demonstrado boa contribuição para a eficiência de sedimentação do lodo, resultando em sólidos com menor teor de umidade (Vanotti et al., 2005).

Com este trabalho se objetivou avaliar a eficiência da separação de fases de um sistema de separação sólido-líquido de efluentes da suinocultura em escala real, com a utilização de coagulantes orgânicos e sua otimização para melhoria do processo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se o flotodecantador da Estação de Tratamento de Dejetos de Suínos (ETDS) da Embrapa Suínos e Aves, localizada em Concórdia, estado de Santa Catarina, Brasil (27° 18' S, 51° 59' O). A ETDS é composta de uma unidade de peneiramento, um tanque de equalização, unidade de separação sólido-líquido, um reator UASB, um reator de lodo ativado e um decantador secundário, conforme demonstrados na Figura 1.

No sistema de separação sólido-líquido o efluente homogeneizado e peneirado é bombeado através de tubulação com diâmetro de 75 mm onde recebe a adição de produtos químicos; em seguida, passam por uma caixa contendo chicanas para aumentar a eficiência de sua mistura com o efluente e permitir a formação dos flocos. O flotodecantador tem volu-

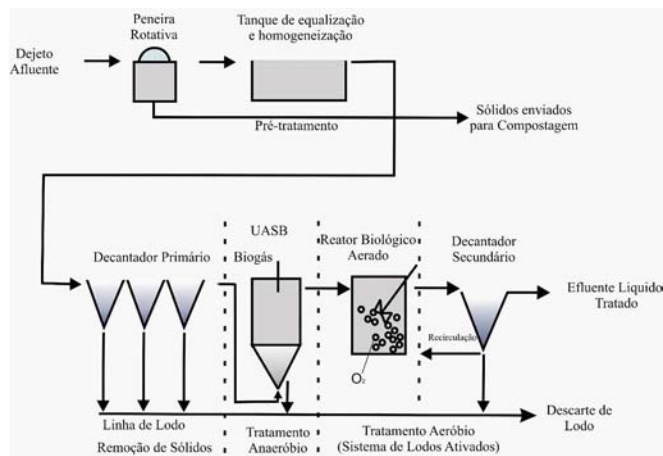


Figura 1. Fluxograma de todas as etapas da ETDS da Embrapa Suínos e Aves. Fonte: Kunz et al. (2009)

me útil de 15 m³ divididos em 3 cones alimentados em série com efluente da suinocultura previamente peneirado (crivo de 2 mm); cada cone possui uma válvula na extremidade inferior, do tipo globo com diâmetro de 75 mm, para descarte do lodo. A unidade de separação sólido-líquido foi operada a uma vazão de 1,2 (0,2) m³ h⁻¹ em regime semicontínuo (9 h diárias de funcionamento).

Avaliaram-se 180 dias divididos em dois períodos distintos, o primeiro período de 15 de fevereiro a 20 de maio e o segundo período após se realizar intervenções e otimizações entre 01 de fevereiro a 04 de maio do ano posterior. As nomenclaturas das figuras, como i) bruto, ii) entrada e iii) saída, referem-se, respectivamente, a i) dejeito homogeneizado e peneirado; ii) entrada do flotodcantador após adição dos produtos químicos e iii) saída do flotodcantador.

Como coagulante usou-se solução aquosa a 10% (v v⁻¹) de polímero orgânico polifenólico (Veta Organic®, Brazilian Wattle Extracts, Brasil), de caráter catiônico, com baixa massa molecular, derivado da modificação do extrato aquoso da casca da Acácia Negra (*Acacia mearnsii*), comercialmente disponível na forma líquida contendo 30% (m v⁻¹) de ácido tânico (flavan 3,4-diol). A diluição do coagulante foi realizada sob agitação vigorosa, durante 15 minutos, na concentração de 10% (v v⁻¹) da solução comercial em água; esta solução foi empregada para todos os estudos de separação sólido-líquido e, para facilitar a leitura do texto será denominada neste trabalho apenas como tanino.

Como auxiliar de coagulação foi empregada solução aquosa de poliácridamida (PAM) (Ativador Q®, Brazilian Wattle Extracts, Brasil) a 0,01% (m v⁻¹), de caráter catiônico, comercialmente disponível na forma sólida granular. A solução foi preparada através de dissolução em água sob agitação lenta, durante 60 minutos. Ambas as soluções foram preparadas imediatamente antes de seu uso.

As otimizações das concentrações de tanino e PAM para aplicação em escala real foram realizadas em equipamento de teste de jarro (Milan, modelo JTC.3P, Brasil), com capacidade de três ensaios simultâneos de 2 L cada um, agitação controlada, adição simultânea de produtos e com graduação dos frascos permitindo leitura direta do volume de lodo.

As determinações de turbidez foram realizadas através de turbidímetro (Hach, modelo 2100P); os ensaios da Demanda Química de Oxigênio (DQO) foram realizados com aquecimento em sistema fechado, sob refluxo, em bloco digestor (Hach, modelo COD Reactor), seguidos da determinação espectrofotométrica (Hach, modelo DR 2000) segundo APHA (1995). Para as determinações do teor de sólidos sedimentáveis foi utilizado cone de Imhoff e o procedimento ocorreu de acordo com APHA (1995). Também foram utilizadas metodologias descritas em APHA (1995) para determinação espectrofotométrica de fósforo total (P_{total}) e de nitrogênio total Kjeldahl (NTK).

Estabeleceu-se, para controle do descarte de lodo do flotodcantador, o máximo de 20 mL L⁻¹ no teor de sólidos sedimentáveis em sua saída para evitar o arraste de sólidos às etapas subsequentes do tratamento (tratamento biológico anaeróbico).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro período estudado, conforme demonstrado na série de sólidos sedimentáveis da Figura 2, observou-se que, após determinado tempo de funcionamento do flotodcantador, ocorreram arrastes de sólidos. Os resultados neste período demonstram concentrações de sólidos sedimentáveis na saída do sistema superiores a 100 mL L⁻¹, como observado nos dias 29, 54, 64 e 74.

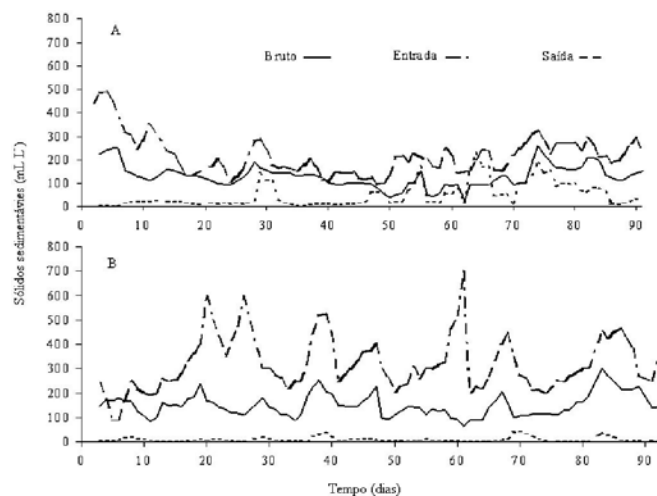


Figura 2. Remoção de sólidos sedimentáveis em mL L⁻¹ no flotodcantador: para o primeiro período de estudo (A); para o segundo período de estudo (B)

A provável justificativa para este elevado arraste de sólidos na saída do flotodcantador durante o primeiro período, pode ser atribuída ao seu manejo inadequado, ou seja, baixa frequência de descarte de lodo com acúmulo excessivo de sólidos, além da necessidade da otimização do uso de produtos químicos na separação sólido-líquido.

Para avaliar a influência da configuração do sistema e o efeito na interação entre os produtos químicos e o material em suspensão do efluente, testes de jarro com o efluente foram realizados no sentido de simular as condições operaci-

onais de separação sólido-líquido. Através dos resultados obtidos e demonstrados na Tabela 1 foi possível deduzir que a maneira como eram adicionadas as soluções de tanino e PAM estava sendo um limitante da eficiência, visto que as soluções eram adicionadas quase que simultaneamente à linha do afluente do flotodecantador durante o primeiro período do estudo. Este procedimento pode prejudicar o processo de coagulação e floculação haja vista que ocorrem em tempos e em condições operacionais diferentes (Di Bernardo & Di Bernardo, 2002).

Tabela 1. Eficiência de separação em teste de jarro em função do tempo de adição de PAM e tanino, em diferentes concentrações

Ensaio	PAM/ tanino	Concentração	Tempo* (min.)	Volume de Lodo (mL L ⁻¹)	Turbidez residual (UT)	DQO** (mg L ⁻¹)	NTK** (mg L ⁻¹)	P _{total} ** (mg L ⁻¹)
1	Tanino	1,25 (mL L ⁻¹)	0	125	>1000	1975 ± 49	578 ± 0	74 ± 2
	PAM	1,25 (µg L ⁻¹)	0					
2	Tanino	1,25 (mL L ⁻¹)	0	125	>1000	1820 ± 0	559 ± 5	66 ± 0
	PAM	1,25 (µg L ⁻¹)	1					
3	Tanino	2,50 (mL L ⁻¹)	0	500	343	1810 ± 57	543 ± 0	86 ± 24
	PAM	2,50 (µg L ⁻¹)	0					
4	Tanino	2,50 (mL L ⁻¹)	0	275	242	1425 ± 7	535 ± 2	65 ± 1
	PAM	2,50 (µg L ⁻¹)	1					

*Tempo de retardo de adição do volume de cada solução; **Concentrações observadas no sobrenadante após a separação sólido-líquido

No primeiro ensaio as quantidades de tanino e PAM foram adicionadas de maneira conjunta, em concentrações de 1,25 mL L⁻¹ e 1,25 µg L⁻¹, respectivamente; como resultado, houve acúmulo de 125 mL de material sedimentado, formação pouco significativa de flocos, visualmente pequenos, com lenta sedimentação e turbidez residual da fração sobrenadante acima de 1000 UT, além de baixa eficiência nas remoções de DQO, NTK e fósforo total.

Quando adicionados em tempos diferentes, ou seja, a solução de tanino adicionada no instante inicial (t = 0 min) e a solução de PAM após um minuto (t = 1 min), mas nas mesmas concentrações anteriores, não se obteve melhora significativa na quantidade de sólidos sedimentáveis nem na turbidez residual; todavia, a eficiência na remoção de DQO e do P_{total} aumentou aproximadamente 10% e se percebeu uma melhora na formação dos flocos, visualmente maiores que os encontrados no ensaio anterior e levando menos tempo para sedimentar.

Aumentadas as concentrações de tanino e PAM para 2,5 mL L⁻¹ e 2,5 µg L⁻¹, porém voltando a ser adicionados conjuntamente no instante inicial, a formação dos flocos foi menos perceptível, porém uma grande quantidade de lodo foi formada pois representou cerca de 50% do volume total do efluente; esta observação, se relacionada ao valor menor de turbidez residual (343 UT) levaria a se deduzir que as condições de remoção de materiais em suspensão tenham ocorrido de forma melhor se comparadas com as do ensaio anterior (ensaio 2), porém não se percebeu incremento na remoção dos teores de DQO, NTK ou P_{total}.

Por fim, foram adicionadas ao ensaio 4, as mesmas quantidades de tanino que no terceiro ensaio, porém se adicionando a solução de tanino no tempo inicial e a solução de PAM após 1 minuto. Após este ensaio se obtiveram 275 mL de lodo para cada litro de dejetos tratados; foram observados flocos visualmente maiores e mais definidos que nos ensaios anteriores, além de apresentarem rápida sedimentação; também a turbidez residual foi a melhor encontrada em todos os ensaios (242 UT). As eficiências de remoção de DQO, NTK e P_{total} foram de 76, 30 e 39%, respectivamente, representando acréscimo de 28, 7 e 12%, quando comparadas com as eficiências do ensaio 3. Todos os resultados observados para o ensaio 4 indicam a melhor remoção de material em suspensão do efluente além de sugerir melhor compactação do lodo (maior teor de sólidos em menor volume de lodo).

Percebeu-se, com base nos testes de jarro, a necessidade de retardar a adição de PAM antes da entrada do flotodecantador para permitir o intervalo desejado entre a adição do tanino e do PAM, vislumbrando que os fenômenos de coagulação e floculação pudessem ocorrer a contento em escala real (Maximova & Dahl, 2006).

Optou-se, então, pela instalação de um looping (Figura 3) com tempo de retenção hidráulico de 1 minuto, tempo entre a adição dos dois agentes químicos, o que acarretou melhoria na separação sólido-líquido.

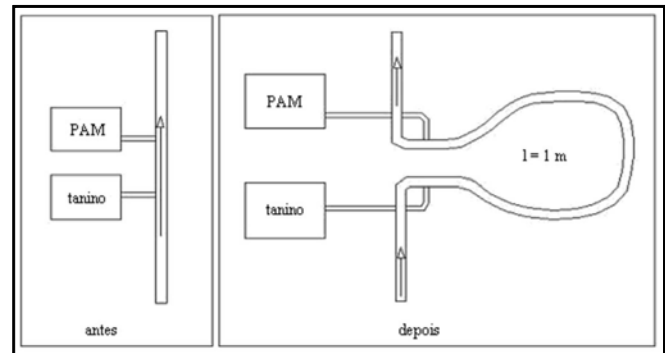


Figura 3. Ponto de adição do flocculante e do polímero na linha de alimentação do flotodecantador antes e depois da instalação do looping

Através da observação de dados das Figuras 2A e 2B, é possível afirmar que em função das alterações realizadas na configuração do sistema, as reações de coagulação e floculação foram mais efetivas com relação ao primeiro período; isto pode ser observado em função do aumento das concentrações de sólidos sedimentáveis da entrada entre o primeiro e o segundo períodos. À melhora na sedimentação da fração de sólidos em suspensão no segundo período se deve à melhor mistura dos produtos com o efluente antes de entrar no decantador (inserção do looping).

No primeiro período estudado ocorreu um número significativo de arraste de sólidos com concentrações acima de 100 mL L⁻¹. Paralelamente foram observadas alterações no desempenho dos reatores biológicos posteriores ao decantador. Esses acontecimentos puderam então ser relacionados diretamente entre si, ou seja, como atribuição da sobrecarga do processo biológico de tratamento devido ao arraste de sólidos.

dos na etapa de separação sólido-líquido; no segundo período, em função das melhorias adotadas, este problema não foi mais percebido.

Os resultados DQO (Figura 4A) do efluente bruto, entrada e saída do flotodecantador no período pré otimização, demonstraram 46% de remoção sendo que, após a otimização em laboratório, esta eficiência aumentou para 58%. Referido incremento da eficiência também está associado à melhora do processo de separação sólido-líquido, via melhora da característica de formação e sedimentabilidade dos flocos, grandes e bem definidos, resultando em maior eficiência na remoção de DQO haja vista que a matriz estudada possuía elevada concentração de DQO solúvel (Vanotti et al., 2009).

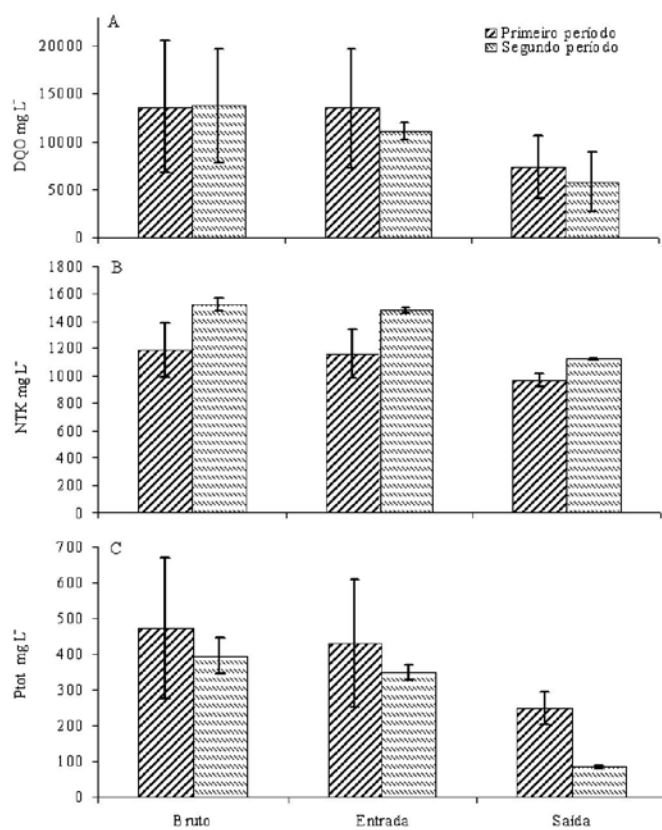


Figura 4. Médias de resultados encontrados nos efluentes bruto, entrada e saída do flotodecantador para os primeiro e segundo períodos de estudo de: DQO (A); NTK (B); P_{total} (C)

Os resultados dos testes de jarro demonstraram a possibilidade da melhora na eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo, assim como DQO; portanto, acompanhou-se a eficiência na remoção de nitrogênio (Figura 4B) após a implementação das melhorias ao processo. Embora o efluente bruto tenha apresentado concentração média aproximadamente 25% superior no segundo período em relação ao primeiro, a eficiência de remoção de nitrogênio passou de 17 para 26%, superior em 33% no segundo período em relação ao primeiro.

A eficiência de remoção de fósforo passou de 48 para 79%, ou seja, a remoção de fósforo total no segundo período foi aproximadamente 39% superior em relação ao primeiro período (Figura 4C). Isto também demonstra que a fração em sus-

ensão contém a maior parte do fósforo presente no efluente (Bauer et al., 2007; Kunz et al., 2009).

Todas as melhorias realizadas no sistema de separação sólido-líquido, como instalação do *looping*, e melhora na formação e sedimentação dos flocos, apresentaram reflexos diretos na quantidade de lodo gerado pelo sistema. De acordo com a Figura 5, o descarte de lodo foi aproximadamente 50% maior no segundo período em relação ao primeiro; no entanto, sem causar um incremento da adição de produtos químicos.

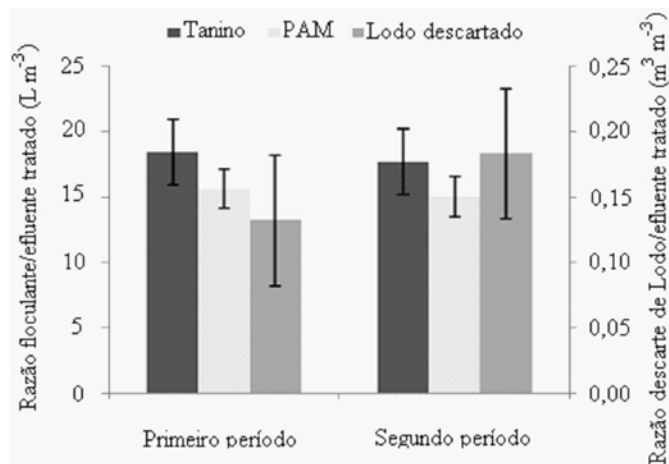


Figura 5. Relação de volume de solução ($L m^{-3}$), de tanino 10% ($v v^{-1}$) e poliácridamidas (PAM) 0,01% ($m v^{-1}$) para cada metro cúbico de efluente tratado e razão entre volume de lodo descartado e efluente tratado ($m^3 m^{-3}$), entre o primeiro e o segundo período de estudo

CONCLUSÕES

1. A separação de fases em um sistema de tratamento de detritos de suínos é imprescindível, em função das elevadas concentrações de sólidos em suspensão e de sólidos sedimentáveis existentes no efluente.
2. A otimização das etapas de interação dos flocculantes com o material em suspensão, através da adição sequencial dos agentes flocculante e coagulante, permite melhora na formação dos flocos e melhor sedimentação do lodo.
3. O sistema obteve eficiência de 56% de remoção de DQO, 26% de remoção de NTK e 79% de remoção de P_{total} no segundo período.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Brazilian Wattle Extracts (BWE) pelo fornecimento de tanino e PAM, além da disponibilidade das informações técnicas dos respectivos flocculantes.

LITERATURA CITADA

APHA - American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington: APHA, AWWA and WEF, 1995. part 2000 88p.

- Bauer, P. J.; Szogi, A. A.; Vanotti, M. B. Agronomic effectiveness of calcium phosphate recovered from liquid swine manure. *Agronomy Journal*, v.99, n.5, p.1352-1356, 2007.
- Bolto, B.; Gregory, J. Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water Research*, v.41, n.11, p.2301-2324, 2007.
- Burton, C. H. The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livestock Science*, v.112, n.3, p.208-216, 2007.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução N° 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. <<http://www.in.gov.br/imprensa>> acesso em 11 de agosto de 2009.
- Di Bernardo, L.; Di Bernardo, A. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: Rima, 2002. 237p.
- Duan, J.; Gregory, J. Coagulation by hydrolyzing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.100-102, p.475-502, 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Recuperação Automática de Dados. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008 <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> 23 Out. 2009.
- Kunz, A.; Higarashi, M. M.; Oliveira, P. O. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.22, n.3, p.651-665, 2005.
- Kunz, A.; Miele, M.; Steinmetz, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. *Bioresource Technology*, v.100, n.22, p.5485-5489, 2009.
- Massé, L.; Massé, D. I. The effect of environmental and process parameters on flocculation treatment of high dry matter swine manure with polymers. *Bioresource Technology*, v.101, n.16, p.6304-6308, 2010.
- Maximova, N.; Dahl, O. Environmental implications of aggregation phenomena: Current understanding. *Current Opinion Colloid Interface Science*, v.11, p.246-266, 2006.
- Miele, M.; Machado, J. S. DOC 104: Levantamento sistemático da produção e abate de suínos. Concórdia: EMBRAPA, 2006, 27p.
- Naylor, R.; Steinfeld, H.; Falcon, W.; Galloway, J.; Smil, V.; Bradford, E.; Alder, J.; Mooney, H. Losing the links between livestock and land. *Science*, v.310, p.1621-1622, 2005.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development, Agriculture, Trade and the Environmental: The pig sector. Paris: OECD, 2003. 186p.
- Sánchez-Martin, J.; Beltrán-Heredia, J.; Solera-Hernández, C. Surface water and wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials. *Journal of Environmental Management*, v.91, n.10, p.2051-2058, 2010.
- Steinmetz, R. L. R.; Kunz, A.; Dressler, V. L.; Flores, E. M. M.; Martins, A. F. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. *CLEAN – Soil, Air, Water*, v.37, n.3, p.239-244, 2009.
- Steinmetz, R. L. R.; Kunz, A.; Ramme, M.; Dressler, V. L.; Flores, E. M.; Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura com uso de extratos tanantes modificados e aplicação de modelos de otimização multivariada. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigaciones Desarrollos y Práctica*, v.1, p.217-225, 2007.
- Vanotti, M. B.; Rice, J. M.; Ellison, A. Q.; Hunt, P. G.; Humenik, F. J.; Baird, C. L. Solid-liquid separation of swine manure with polymer treatment and sand filtration. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v.48, n.4, p.1567-1574, 2005.
- Vanotti, M. B.; Szogi, A. A.; Millner, P. D.; Loughrin, J. H. Development of a second-generation environmentally superior technology for treatment of swine manure in the USA. *Bioresource Technology*, v.100, n.22, p.5399-5405, 2009.
- Vivan, M.; Kunz, A.; Stolberg, J.; Perdomo, C.; Techio, V. Eficiência na 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.