

IV-Steinmetz-Brasil-1

SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO EM EFLUENTES DA SUINOCULTURA COM USO DE EXTRATOS TANANTES MODIFICADOS E APLICAÇÃO DE MODELOS DE OTIMIZAÇÃO MULTIVARIADA

Ricardo Luís Radis Steinmetz ⁽¹⁾

Químico Industrial. Formado pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestrando em Química Analítica Ambiental pelo curso de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Santa Maria.

Airton Kunz

Dr. em Química. Pesquisador III da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mestre e Doutor em Química ambiental pela Universidade Estadual de Campinas.

Marco Ramme

Graduando do curso de Engenharia Ambiental pela Universidade do Contestado.

Valderi Luiz Dressler

Professor Dr. em Química da Universidade Federal de Santa Maria. mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutor em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Érico Marlon de Moraes Flores

Professor Dr. em Química da Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Maria. Doutor em Engenharia de Minas Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-Doutor em Química Analítica pela Universidade Federal de Santa Catarina.

⁽¹⁾ Av. Roraima, nº 1000, Departamento de Química, prédio 18 – Bairro de Camobi – Santa Maria – Rio Grande do Sul – CEP: 97105-900 – Brasil – Tel.: 55(55)32208122 – Fax: 55(55)32208054 – ricardosteinmetz@yahoo.com.br

RESUMO

Devido ao elevado número de contaminantes encontrados em dejetos de suínos, torna-se inviável o seu reuso ou disposição direta em corpos receptores, tanto por causa dos níveis de concentração de carga orgânica como devido aos teores de metais presentes, tornado necessário o pré-tratamento desses efluentes. Para isso, uma alternativa são os sistemas de separação sólido-líquido com o emprego de coagulantes orgânicos, sintéticos ou naturais, visando reaproveitamento dos resíduos gerados e diminuição do impacto ambiental quando comparado com o emprego de coagulantes inorgânicos. Este trabalho apresenta a avaliação da remoção de metais e contaminantes em dejetos de suínos utilizando separações sólido-líquido com emprego de coagulante natural derivado do extrato modificado da casca de Acácia Negra (*Acácia mearnsii*) e adição seqüencial de Poliacrilamida (PAM) como auxiliar de coagulação. Os experimentos foram otimizados empregando-se planejamento fatorial. Obtiveram-se valores entre 62,7 a 98,4% de eficiência na remoção de turbidez e valores superiores a 90% na remoção de DQO. A remoção de metais foi superior a 86% com exceção de Ca, Mg e Sr, cuja remoção ficou em torno de 70%. O emprego do auxiliar de coagulação (PAM) demonstrou importância na redução de volume do lodo gerado, porém não demonstrou eficiência significativa na remoção de turbidez do efluente de dejetos de suíno.

Palavras-chave: Separação sólido-líquido, dejetos de suíno, metais, polímeros orgânicos, tanino.

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de extrema importância do ponto de vista econômico e social no Brasil. A região oeste do estado de Santa Catarina possui a maior expressão da suinocultura tecnificada do Brasil, abrangendo em torno de 26% da área estadual e mais de 70% do rebanho nacional (**ANUALPEC, 2003**). A suinocultura constitui-se na segunda principal atividade na contribuição do valor bruto da produção agropecuária no Brasil, gerando 65 mil empregos diretos e o dobro deste número de forma indireta (**IBGE, 2006**).

Por sua vez a concentração da atividade produtora de suínos apresenta-se de forma mais condensada no município de Concórdia no estado de Santa Catarina, possuindo uma área de 5% do estado e um montante de 22% de seu rebanho. Estes fatores, aliados ao relevo acidentado dificultam e aumentam os custos para o reaproveitamento e a disposição dos dejetos de suínos ao solo como adubo orgânico após sua estabilização e compromete ambientes aquáticos. Na Tabela 1 são demonstrados os teores de algumas propriedades físico-químicas encontrados em efluentes da suinocultura, reportados por Kunz (**2005**), que devido a altas concentrações são considerados poluentes e representam forte impacto negativo quando dispostos de forma inadequada ao meio ambiente, provocando degradação dos recursos naturais através de contaminação direta em corpos de água superficiais ou por lixiviações do solo atingindo águas subterrâneas (**KRAPAC et al., 2002**).

Tabela 1. Propriedades físico-químicas médias de dejetos de suínos.

Parâmetros	Valor
pH	7,3
DQO (mg L ⁻¹)	65000
DBO ₅ ²⁰ (mg L ⁻¹)	34000
N _{NTK} (mg L ⁻¹)	4500
P _{TOTAL} (mg L ⁻¹)	1600

Fonte: adaptado de Kunz (**2005**)

Esta degradação é observada na região dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense, abrangendo o município de Concórdia, onde 90% das fontes superficiais de água estão impróprias para consumo humano (**EMBRAPA, 2003**). A legislação brasileira vigente limita a emissão desses poluentes em corpos de água devido a elevadas concentrações de carga orgânica e de elementos como nitrogênio e fósforo (**CONAMA, 2005**). A restrição também abrange diversos metais presentes em dejetos de animais, como Cu e Zn, que podem afetar diretamente toda a fauna aquática.

Da mesma forma, altas concentrações de metais ou presença de elementos tóxicos também podem produzir efeitos adversos em sistemas de tratamento biológicos de efluentes. A atividade metabólica dos microorganismos pode provocar a solubilização, precipitação, quelação, biometilação ou volatilização dos diferentes metais e pode resultar em inibição de processos tanto aeróbios como anaeróbios de tratamento de efluentes (**BITTON, 2005**).

Como demonstrado na Tabela 2, pode-se observar a ocorrência de vários metais em dejetos de suínos, em concentrações relativamente elevadas. Grande parte destes elementos provém da dieta dos animais devido à adição de sais à alimentação, não somente como nutrientes essenciais, mas também como suplementos para prevenção de doenças e para melhora na eficiência nutricional (**JONDREVILLE et al., 2003**), porém a maioria é excretada pelo animal. Nas dejeções também podem ser encontrados outros metais provindos de contaminação dos ingredientes adicionados à alimentação, da água ou mesmo por contaminação das próprias instalações onde vivem os suínos (**BOLAN et al., 2004**).

Tabela 2. Concentrações médias de metais encontradas por em dejetos de suínos.

Elemento	1982 ^a (mg kg ⁻¹)	1996 ^a (mg kg ⁻¹)	1999 ^a (mg kg ⁻¹)	2006 ^b (µg L ⁻¹)
Cd	--	0,25	0,37	< 1,0
Co	0,25	--	--	19,4
Cr	--	33	1,98	17,0
Cu	1000	1338	374	5208
Fe	--	--	--	12400
Mn	2100	869	--	5418
Ni	--	12,4	--	56,5
Pb	--	14,0	--	24,0
Zn	2900	1440	431	14920

Fonte: ^a Bolan et al. (**2004**), ^b Pereira (**2006**).

O crescente empenho em desenvolver sistemas de tratamento de baixo custo para diminuição do impacto ambiental e para viabilizar o reuso de águas residuais vem possibilitando o emprego de novas tecnologias envolvendo tratamentos primários de separação físico-química. Sais inorgânicos são usualmente aplicados como coagulantes em sistemas de separação sólido-líquido, como demonstrado por Westerman e Bicudo (2000), que empregaram cloreto férrico como coagulante para tratamento de dejetos de suínos e obtiveram valores superiores a 80% de eficiência na remoção dos teores de sólidos suspensos. Porém, os mesmos autores apresentam teores elevados de ferro no efluente tratado ($> 5 \text{ mg L}^{-1}$) e conseqüentemente no lodo. Isso compromete o uso destes sais inorgânicos por impossibilitar o reaproveitamento dos sub-produtos da separação sólido-líquido.

Devido a estes problemas, busca-se cada vez mais o emprego de coagulantes orgânicos, sintéticos ou naturais, passíveis de serem biodegradáveis e assim, permitir melhor assimilação de seus subprodutos ao meio ambiente. Outra característica que favorece o uso de coagulantes orgânicos é a baixa periculosidade em seu emprego, já que alguns sais inorgânicos podem ser corrosivos. Além disso, pode-se ressaltar a possibilidade de trabalho em condições neutras e não necessário o ajuste de pH do efluente para posterior tratamento biológico do efluente, tornando mais prático o processo de separação e reduzindo custos de operação (LEI e ZHANG, 1998; SIEVERS et al., 1994).

Com tais preocupações, o presente trabalho apresenta a avaliação da remoção de metais e contaminantes de dejetos de suínos, para fins de descarte ou reuso. Para tal, foram realizadas separações sólido-líquido, empregando o coagulante natural derivado do extrato da casca da Acácia Negra em conjunto de Poliacrilamida (PAM), como auxiliar de coagulação. Os experimentos foram conduzidos por otimização multivariada, através de planejamento fatorial, com uso de operações evolucionárias (EVOP), permitindo verificar relação entre os efeitos de ambos os polímeros, com finalidade de reduzir o número de ensaios, o tempo de tratamento e custos os necessários para otimização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras: O efluente estudado é proveniente de duas granjas produtoras, operadas em regime de ciclo completo e capacidade de operação de aproximadamente 3000 animais, localizadas no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em Concórdia, SC. As dejeções provenientes das instalações produtoras de suínos são armazenadas em sistema de calhas e, posteriormente, enviadas por gravidade ao sistema de tratamento. As amostras em estudo foram coletadas após peneiramento em peneira rotatória de 2 mm para retirada de sólidos grosseiros e homogeneização em tanque de equalização com capacidade de 50 m^3 , provido de dois motores submersos de agitação. Para os ensaios de separação sólido-líquido foram coletadas alíquotas de 2 L, imediatamente antes de cada ensaio. As amostragens para as determinações de metais foram realizadas em duplicata e utilizando frascos de 50 mL de polipropileno previamente descontaminados com HNO_3 10%(v/v) e água destilada/deionizada em sistema Milli-Q[®] (Millipore, USA). As alíquotas de 50 mL de amostra foram acidificadas com 250 μL de HNO_3 concentrado (grau analítico destilado em sistema *sub-boiling*) e congeladas a $- 8 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, para posterior decomposição e determinação de metais.

Reagentes: Como coagulante foi empregada solução aquosa 10%(v/v) 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 (*Acácia mearnsii*). Comercialmente disponível na forma líquida, contendo 30% de ácido tânico (flavan 3,4-diol). A diluição do coagulante foi feita em água sob agitação vigorosa de 15 min. Como auxiliar de coagulação foi empregada solução aquosa a 0,01%(m/v) de poliacrilamida (Ativador Q[®], Brazilian Wattle Extracts, Brasil), comercialmente disponível na forma sólida e granular. A solução foi preparada através de dissolução em água, sob agitação lenta por 1 h. Estas soluções foram preparadas imediatamente antes do uso, evitando, desta forma, sua degradação e perda de eficiência para os diferentes ensaios. Para calibração do turbidímetro foram utilizadas soluções de formazina (Hach, EUA). As soluções para calibração do instrumento para a determinação de metais foram preparadas a partir da diluição de solução estoque multielementar contendo 10 mg L^{-1} dos elementos (ICP IV, Merck, Alemanha). Para as determinações da DQO foram empregadas soluções de dicromato de potássio e sulfato ferroso amoniacal, conforme APHA (1998), ambos os reagentes foram de grau analítico (Merck, Alemanha).

Instrumentação: As separações físico-químicas foram realizadas em equipamento de Teste de Jarro (Milan, modelo JTC.3P, com capacidade de três ensaios simultâneos de 2 L cada, agitação controlada e adição simultânea de reagentes). As determinações de turbidez do sobrenadante foram realizadas empregando-se turbidímetro (Hach, modelo 2100P). A decomposição das amostras de efluente para a determinação dos metais foi realizada empregando-se bloco digestor (Velp Científica). As determinações de metais foram feitas com espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) (Perkin Elmer, modelo Optima[®] 4300; vazões dos gases nebulizador a 0,65 L min⁻¹, auxiliar a 0,2 L min⁻¹ e plasma a 16 L min⁻¹; potência da radiofrequência a 1450 W; nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica). As determinações de sólidos sedimentáveis e sólidos totais foram realizadas conforme APHA (1998).

Decomposição de amostras para determinação de metais: Para a decomposição foram empregadas alíquotas de 5 mL de amostra *in natura*, a qual foram adicionados 5 mL de HNO₃ destilado. A solução foi então aquecida sob refluxo por 6 h. Após arrefecimento foram adicionados 500 µL de H₂O₂ 50% (p/v) e novamente submetida a aquecimento até observação de solução translúcida. Em seguida a solução foi transferida para frascos de 50 mL de polipropileno e aferida a 25 mL com água destilada/deionizada. Todas as decomposições foram realizadas em duplicata.

Ensaio de separação sólido-líquido: Os procedimentos de separação físico-química foram realizados em três etapas, sempre em duplicata, de forma aleatória e utilizando 2 litros do efluente peneirado e homogeneizado (*in natura*). Os ensaios foram realizados com adições variadas de coagulante e auxiliar de coagulação conforme demonstrado na Tabela 3.

1^a. Etapa: A 2 L de efluente *in natura*, sob agitação a 200 rpm, foram adicionados distintos volumes da solução de coagulante a 10% (v/v), mantendo-se sob agitação por 5 min.

2^a. Etapa: Após, foram adicionadas diferentes volumes da solução de auxiliar de coagulação a 0,01% (m/v) e a agitação foi reduzida a 50 rpm, mantendo-se nessa velocidade por 10 min.

3^a. Etapa: A agitação foi interrompida e a solução foi mantida em repouso por 15 min, para a decantação dos sólidos. Após este tempo foi realizada a determinação do volume de lodo gerado, esta leitura foi feita diretamente através da graduação, em volume, existente nos recipientes de ensaio.

Alíquotas de 20 mL do sobrenadante foram retiradas a 5 cm da superfície para as determinações da turbidez e DQO. Optou-se por determinações de turbidez devido sua correlação com o teor de sólidos em suspensão. Também foram coletadas alíquotas de 50 mL do sobrenadante para determinação de metais.

Tabela 3. Volumes das soluções de coagulante 10% (v/v) e auxiliar de coagulação 0,01% (m/v) adicionados para os ensaios de separação sólido-líquido do dejetos de suíno conforme planejamento fatorial 2².

Bloco	Ensaio	Coagulante (mL)	Auxiliar de coagulação (mL)
1	1	50	10
	2	100	10
	3	50	20
	4	100	20
2	5	75	15
	6	125	15
	7	75	25
	8	125	25

Planejamento fatorial e tratamento estatístico: Os ensaios de separação sólido-líquido foram realizados utilizando planejamento fatorial 2², conforme descrito na Tabela 3, com a finalidade de observar possibilidade de interação entre a aplicação dos coagulantes, além de promover otimização com redução de tempo e custos de operação, conforme descrito por Peralta-Zamora et

al. (2005). Para verificação de acurácia e reprodutibilidade da metodologia de decomposição das amostras e determinação de metais foram feitos testes de recuperação, adicionando quantidades conhecidas dos elementos avaliados. O tratamento estatístico foi realizado aplicando-se análise de variâncias (ANOVA) através de testes de Bartlett para correlação de variâncias e Tukey-Kramer para correlação de médias. Para isso foi utilizado programa computacional GraphPad InStat® (GraphPad Software).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foi realizada a caracterização físico-química do efluente *in natura* em estudo e os valores para os parâmetros obtidos estão expressos na Tabela 4. Primeiramente, analisando-se o teor de sólidos sedimentáveis, pode-se observar que 30% do volume de efluente referem-se à fração sólida sedimentar, porém para a fração sobrenadante persistiu a elevada turbidez (> 1000 UT) indicando que a matriz apresenta alta concentração de material em suspensão.

Tabela 4. Características físico-químicas para a amostra *in natura*.

Parâmetro	Valor
pH	7,1
DQO (mg L ⁻¹)	50550 ± 6150
Sólidos sedimentáveis (mL L ⁻¹)	320 ± 18
Turbidez (UT)	> 1000
Sólidos totais (g L ⁻¹)	7,1 ± 2,7

UT = Unidades de turbidez.

Na realização do primeiro bloco de ensaios de separação sólido-líquido, descritos na Tabela 5, foi possível observar clarificação acentuada com relação ao efluente *in natura*. Verificou-se também que o aumento da carga do coagulante favoreceu a clarificação, como demonstrado na Fig. 1, e que será discutido mais tarde. Outra característica notável é o aumento considerável do volume de lodo gerado em função do aumento da carga de coagulante.

Tabela 5. Valores de sólidos sedimentáveis e turbidez após ensaios de separação sólido-líquido em dejetos de suínos utilizando teste do jarro.

Bloco	Ensaio	Turbidez (UT)	Sólidos Sedimentáveis (mL L ⁻¹)
1	1	373 ± 70	473 ± 159
	2	53 ± 32	600 ± 212
	3	314 ± 5	425 ± 71
	4	52 ± 11	363 ± 124
2	5	94 ± 6	600 ± 71
	6	56 ± 4	750 ± 36
	7	133 ± 65	450 ± 71
	8	16 ± 4	612 ± 53

UT = Unidades de turbidez.

Em contrapartida, pouco se observa quanto a clarificação do efluente com o aumento da adição de PAM como auxiliar de coagulação. Porém, o seu emprego demonstra melhora significativa na velocidade de sedimentação do lodo, além de visualmente observarem-se flocos maiores e mais compactos à medida que sua concentração foi aumentada. Quando foram realizados ensaios de separação sem a adição de PAM, a sedimentação do lodo formado foi mais lenta, resultando no dobro de seu volume para alguns desses ensaios.

Outra característica observada nos ensaios de separação sólido-líquido é a melhora na concordância entre resultados obtidos para as replicatas na medida em que foram aumentadas

as concentrações dos reagentes, tanto para os resultados de turbidez residual, quanto para o teor de sólidos sedimentáveis.

Todos os resultados de redução de DQO, após tratamento, apresentaram valores superiores a 90%, não demonstrando diferença significativa e com mais de 95% de concordância entre eles. Por comparação com dados da literatura, foi considerado como ponto ótimo o ensaio 4 que apresentou 94,8% de remoção de turbidez, e também por esse ponto apresentar melhor sedimentabilidade do lodo com relação ao ensaio 2. Após seleção deste ponto foram realizada a determinação dos metais residuais no efluente tratado, cujas concentrações são descritas na Tabela 6.

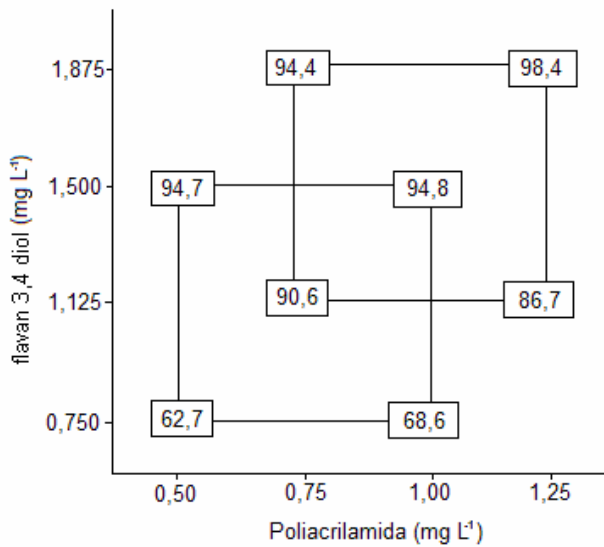


Figura 1. Representação geométrica evolucionária dos ensaios de separação sólido-líquido para o sistema coagulante (flavan 3,4-diol)/auxiliar (PAM). Planejamento fatorial 2² com dois blocos. (Resposta: % de remoção de turbidez após separação).

Através do cálculo dos efeitos, provocados por mudanças de nível de concentração para os reagentes, demonstrados na Fig. 2, foi possível verificar que somente há significância na remoção da turbidez pelo uso do coagulante, não havendo interação significativa entre os agentes reagentes para a remoção de turbidez.

O cálculo dos efeitos nos permite perceber uma diminuição abrupta na eficiência de remoção da turbidez pelo aumento de dosagem do coagulante principal. Para o primeiro bloco de ensaios o aumento de nível deste reagente provocou o aumento global de 29,1 pontos percentuais à eficiência de remoção de turbidez. Já no segundo bloco de ensaios este valor diminuiu para 7,75 pontos percentuais. Em outras palavras, pode-se prever que se torna desnecessário o aumento da adição de coagulante, quando comparado com sua resposta de remoção de turbidez.

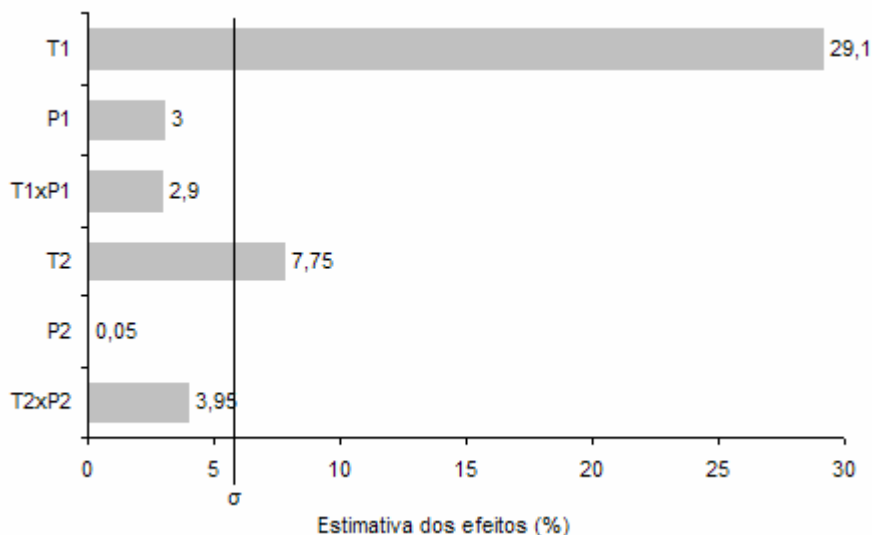


Figura 2. Diagrama de Pareto para avaliação de significância dos efeitos calculados para a eficiência de remoção de turbidez (T1 = efeito do coagulante no bloco 1; P1 = efeito do auxiliar de coagulação no bloco 1; T2 = efeito do coagulante no bloco 2; P2 = efeito do auxiliar de coagulação no bloco 2; σ = limite de significância considerando 95% de confiança).

Como previsto, a amostra *in natura* apresentou concentração elevada para a maioria dos metais avaliados, comprometendo o descarte, do efluente sem tratamento, diretamente em corpos de água ou sua reutilização direta. Porém não foram observadas quantidades significativas de Cd e Pb. Tomando-se como base informações encontradas na literatura (PEREIRA, 2006), pode-se verificar concordância entre as concentrações encontradas para alguns metais como Cu, Mn, Ni e Zn. As variações podem ser atribuídas à diferentes fatores, principalmente aqueles envolvendo diferenças no tipo de alimentação dada aos animais.

Tabela 6. Concentração de metais presentes no efluente antes e após separação sólido-líquido do dejetos de suíno.

Elemento	<i>In natura</i> (mg L ⁻¹)	Clarificado (mg L ⁻¹)	Remoção (%)	CONAMA (mg L ⁻¹)	USEPA** (mg L ⁻¹)
Al	14,27 ± 3,29	< 0,020	> 99,8	--	5,0 - 20,0
Ba	0,852 ± 0,091	0,056 ± 0,007	93,4	5,0	--
Ca	277,05 ± 39,85	73,08 ± 20,50	73,6	--	--
Cd	< 0,004	< 0,004	--	0,2	0,01 - 0,05
Co	0,073 ± 0,010	< 0,001	> 98,6	--	0,05 - 5,0
Cr	0,111 ± 0,021	< 0,007	> 93,6	0,5	0,1 - 1,0
Cu	4,834 ± 1,210	0,028 ± 0,001	99,4	1,0*	0,2 - 5,0
Fe	29,59 ± 6,02	0,114 ± 0,008	99,6	15,0*	5,0 - 20,0
Mg	135,42 ± 25,44	30,28 ± 1,07	77,6	--	--
Mn	3,592 ± 0,796	0,209 ± 0,006	94,2	1,0*	0,2 - 10,0
Ni	0,057 ± 0,015	< 0,008	> 86,0	2,0	0,2 - 2,0
Pb	< 0,036	< 0,036	--	0,5	5,0 - 10,0
Sr	3,520 ± 0,452	1,099 ± 0,333	68,8	--	--
Zn	18,12 ± 4,67	0,082 ± 0,002	99,5	5,0	2,0 - 10,0

* Limites máximos exigidos pela para porção dissolvida do metal no efluente (CONAMA, 2005).

** Limites máximos recomendados para irrigação a longos e curtos períodos de tempo (USEPA, 2004)

Os dados apresentados na Tabela 6 demonstram a elevada eficiência do tratamento usado para a remoção de praticamente todos os metais, que, de acordo com valores estipulados por órgãos ambientais reguladores, tornando o efluente tratado adequado para descarte ou reaproveitamento. Entretanto, verificam-se menor eficiência na remoção de Ca, Mg e Sr, o que pode ser atribuído a maior concentração destes elementos na fração solúvel do efluente. Porém a concentração residual destes elementos não compromete o descarte e a reutilização das águas residuais após tratamento.

CONCLUSÕES

A utilização do extrato modificado de tanino, como agente coagulante, combinado com PAM, como auxiliar de coagulação, para separação sólido-líquido de contaminantes em dejetos de suínos, demonstrou-se eficiente tanto para a remoção de material em suspensão, como na redução da DQO e da concentração dos metais presentes no efluente. Foram verificadas eficiências de remoção de metais maiores que 86%, com exceção de Ca, Mg e Sr, cuja remoção ficou em torno de 70%.

Através da aplicação do planejamento fatorial foi possível investigar a interação entre diferentes níveis de concentração dos reagentes empregados para os ensaios de separação sólido-líquido, onde não foi verificada correlação entre os mesmos. Da mesma forma, não observou-se significância de efeito sob a remoção de turbidez pela aplicação de PAM como auxiliar de coagulação. Porém este reagente mostrou-se bastante eficiente na eficiência da separação do lodo gerado no processo de tratamento, provando reduzir o volume de lodo e consequentemente facilitando a aplicação do coagulante orgânico natural derivado do extrato modificado de tanino em escala real para tratamento de dejetos de suíno.

Quanto à reutilização do lodo gerado pelo sistema de separação, se encontra em fase de estudo o reaproveitamento como biomassa em sistemas biodigestores e também em aplicações agrônomicas, devido ao seu caráter de biodegradabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro; à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo fornecimento do efluente objeto de estudo; ao Sr. Marcelo Gosmann e a empresa Brazilian Wattle Extracts pela colaboração financeira, disponibilização de informações que contribuíram para a elucidação do trabalho e por disponibilidade dos reagentes empregados no tratamento do efluente estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANUALPEC; *Anuário da Pecuária Brasileira*. Fnp – Consultoria e Comércio. Argos Comunicação. Brasil. (2003) 400p.
2. APHA, AWWA & WEF; *Standard Methods or the Examination of Water and Wastewater*. Washington D.C.: APHA. 15th ed. (1998).
3. BITTON G.; *Wastewater Microbiology*. New Jersey: Wiley. 3rd ed. (2005) 501-543.
4. BOLLAN, N.S., ADRIANO, D.C., MAHIMAIRAJA, S.; *Distribution and bioavailability of trace elements in livestock and poultry manure by-products*. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 34 (2004) 291-338.
5. CONAMA; *Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005* – Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2005) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em 22 fev. 2006.
6. EMBRAPA; *Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do consórcio Lambari, SC – Consórcio Lambari*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos 84. Brasil (2003) 33p.
7. IBGE; *Estatística da Produção Pecuária*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil (2006) 20p.
8. JONDREVILLE, C., REVY, P.S., DOURMAND, J.Y.; *Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter*. Livestock Prod. Sci. 84 (2003) 147-156.
9. KRAPAC, I.G., DEY, W.S., ROY, W.R., SMYTH, C.A., STORMENT, E., SARGENT, S.L., STEELE, J.D.; *Impacts of swine manure pits on groundwater quality*. Environ. Pollut. 120 (2002) 475-492.
10. KUNZ, A.; *Tratamento de dejetos de suínos: desafios associados a complexidade da matriz*. In: Kunz, A.; Soares, H.M.; Spiller, V.R.. (Org.). *Tecnologias para remoção de nutrientes de dejetos de origem animal*. Brasil (2005) 07-11.
11. PERALTA-ZAMOURA P., MORAIS J.L., NAGATA N; *Por que otimização multivariada?*. Eng. Sanit. Amb. 10 (2005) 106-110.
12. PEREIRA E.R.; Tese: *Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba. Brasil (2006) 126p.
13. SIEVERS, D.M., JENNER, M.W., HANNA, M.; *Treatment of dilute manure wastewaters by chemical coagulation*. Transact. Am. Soc. Agric. Eng. 37 (1994) 597-601.
14. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA); *Guidelines for water reuse*. U.S. Agency for International Development. USA (2004) 20-27.
15. WESTERMAN, P.W., BICUDO, J.R.; *Tangential flow separation and chemical enhancement to recover swine manure solids, nutrients and metals*. Biores. Technol. 73 (2000) 1-11.
16. ZHANG R.H., LEI F.; *Chemical treatment of animal manure for solid-liquid separation*. Transact. Am. Soc. Agric. Eng. 41 (1998) 1103-1108.