

UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS ASSOCIADOS À NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE SUINOCULTURA PREVIAMENTE TRATADO

**EDILAINÉ R. PEREIRA¹, THAIS RIBEIRO², FELLIPE J. L. JANZ³, DANDLEY
VIZIBELLI⁴, MARCELO H. ANAMI⁵**

1 Eng^a Agrícola, Profa. Adjunto, Depto. de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Londrina – PR, Fone: (0XX43) 3376.9259, edilainepereira@utfpr.edu.br.

2 Aluna Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR.

3 Aluno Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR.

4 Aluno Eng. Ambiental, UTFPR, Londrina – PR.

5 Eng^o Agrônomo, Prof Doutor, Depto. de Ambiental, UTFPR, Londrina – PR

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO – O Brasil ocupa o 4^o lugar no ranking mundial de produção de carne suína, setor que, em 2016, exportou 732,9 mil toneladas de carne, gerando uma receita de US\$1,483 bilhões para o país. Porém, atrelado à crescente produtividade está a também crescente poluição do ambiente e o problema para tratar 176,6 milhões m³ de dejetos líquidos gerados anualmente pelo rebanho suíno nacional. Diante disto, este trabalho objetivou testar a eficiência dos coagulantes naturais *Moringa oleífera* e Tanino associados à nanopartícula magnética magnetita a fim de otimizar o processo de sedimentação. O estudo foi realizado utilizando a metodologia Jar-teste e os parâmetros analisados foram pH, condutividade elétrica, turbidez e cor aparente. Os resultados mostraram que o pH e condutividade elétrica se mantiveram dentro dos padrões da resolução CONAMA 430/2011 e não sofreu interferência da magnetita. Os parâmetros turbidez e cor aparente alcançaram índices máximos de remoção de 18,22% e 25,10%, respectivamente, ambos resultantes do tratamento que continha a nanopartícula. Concluiu-se que a associação proposta otimizou a sedimentação e torna-se uma boa opção para a melhoria da água previamente tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes naturais; Nanopartícula Magnética; Tratamento de efluente.

MAGNETIC NANOPARTICLES ASSOCIATED WITH THE USE OF NATURAL COAGULANTS IN THE TREATMENT

ABSTRACT: Brazil occupies the 4th place in the world ranking of swine production, a sector that, in 2016, exported 732.9 thousand tons of meat, generating a revenue of US \$ 1.483 billion for the country. However, tied to growing productivity is the growing environmental pollution and the problem of treating 176.6 million m³ of liquid waste generated annually by the national pig herd. In view of this, this work aimed to test the efficiency of the natural *Moringa oleifera* and tannin coagulants associated to the magnetic nanoparticle Magnetita in order to optimize the sedimentation process. The study was performed using the Jar-test methodology and the analyzed parameters were pH, electrical conductivity, turbidity and apparent color. The results show that the pH and a electrical conductivity remained within CONAMA resolution standards 430/2011 and did not suffer

from magnetite interference. The turbidity and apparent color parameters correspond to the maximum removal rates of 18.22% and 25.10%, respectively, both results of the nanoparticle-containing treatment. It was concluded that a proposed association optimizes a sedimentation and becomes a good option for an improved treated water and possible reuse.

KEYWORDS: Natural coagulants; Magnetic Nanoparticle; Effluent treatment.

INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Paranaense de Suinocultores (APS) o consumo de carne suína corresponde a 40,4% de todo o consumo de proteína mundial, o que a torna a mais consumida no mundo. Devido ao alto consumo e demanda, a produção desta proteína tornou-se um dos setores que mais tem crescido no mundo e também no Brasil.

Apesar de corresponder a apenas 13% do consumo de proteína no Brasil, a carne suína é a mais produzida no país (GASTARDELO & MELZ, 2014). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, o Brasil encerrou 2016 com uma produção de 3,3 milhões de toneladas de carne suína, deste total 732,9 mil toneladas foram destinadas à exportação gerando uma receita de US\$1,483 bilhões ao país, levando o Brasil a se tornar o 4º maior produtor mundial de carne suína. E este setor tende a continuar crescendo, pois a Comissão Nacional de Aves e Suínos – CNA emitiu que a perspectiva para 2024 é que este setor tenha um crescimento de 21%, atingindo a produção de 4,3 milhões de toneladas de carne.

Segundo o IBGE, em 2015 o rebanho de suínos no Brasil totalizou 40,33 milhões de cabeças. Diante dessa crescente produção cresce também a quantidade de água residual consequente da suinocultura, que segundo Delavéquia (2000) é em média de 12L porco.dia⁻¹. Dados que quando associados resultam em uma geração de 176,6 milhões m³ de água residual.

Além de gerar uma enorme quantidade de água residual, a suinocultura é uma atividade de grande potencial poluidor que pode causar a degradação do ar, água e solo, uma vez que o efluente originário dessa prática contém desde restos de ração, fezes, unira e coliformes termotolerantes até nitrato, nitrito, fósforo e metais pesados como zinco e cobre. (DELAVÉQUIA, 2000; ITO, GUIMARÃES e AMARAL, 2016). Quando não descartado corretamente pode ocasionar doenças aos humanos como verminoses e hepatites e também um desequilíbrio no ecossistema como morte de animais, proliferação de insetos, mau cheiro, toxicidade em plantas e eutrofização em corpos d'água (CARVALHO E NORA, 2016).

Uma ferramenta frequentemente adotada para o tratamento deste efluente são as lagoas de tratamento ou lagoas de estabilização, que associam baixo custo de implantação e operação a manejo correto do efluente. Estas lagoas são definidas por Delavéquia (2000) e Pereira (2006) como bacias terrestres de 1m de profundidade útil onde a água residual é submetida a degradação por meio de autodepuração ou estabilização, onde compostos orgânicos putrescíveis são convertidos em compostos minerais e/ou compostos orgânicos estáveis e onde há a destruição de microrganismos patógenos por meio da oxidação bacteriológica que ocorre em função da simbiose entre algas e bactérias.

Diante disto, esta pesquisa objetivou testar a eficiência dos coagulantes naturais *Moringa oleífera* e Tanino associados à nanopartícula magnética magnetita a fim de otimizar o processo de sedimentação no tratamento de água residual.

MATERIAL E MÉTODOS

O efluente de suinocultura utilizado no presente trabalho foi originário de lagoas de tratamento de uma granja de suínos localizada na cidade de Ibitiporã/PR. O ensaio foi realizado no Laboratório de Poluentes Atmosféricos pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Londrina. Foram utilizados 50g de semente de *Moringa oleífera*

diluídas numa solução a 1 M de NaCl e 1L de água destilada. Todos os componentes foram misturados com o auxílio de um liquidificador e posteriormente peneirados originando a solução salina coagulante de *Moringa oleifera*. Através de testes definiu-se a concentração ideal para este ensaio de 300mgL^{-1} . Para a solução de tanino foi utilizado 1mL de tanino diluído em 1L de água destilada. Ambos os componentes foram homogeneizados dando origem à solução coagulante. A concentração adotada para este ensaio foi também de 300mgL^{-1} . Quanto a síntese da magnetita foi realizada com base na metodologia proposta por Schwertmann e Cornell (2000), onde os autores propõem a utilização de 166,7g de Sulfato de Ferro II Heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) misturados a 3L de água destilada. Para cada batelada foi adicionado 1,2L de NaOH 1M e o pH foi mantido entre 7,5 e 8,0 durante 48 horas. Para este ensaio foi utilizado 20mg da nanopartícula para cada litro de efluente.

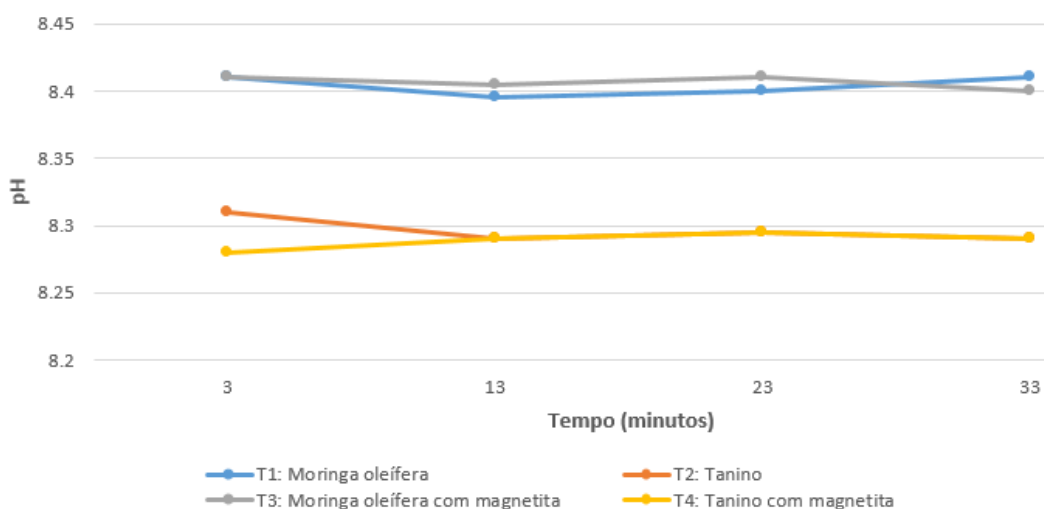
O ensaio foi realizado utilizando a metodologia de Jar-Test que simula os processos de coagulação, floculação e sedimentação de uma estação de tratamento. Foram utilizados quatro jarros, cada um contendo 2L do efluente da lagoa de estabilização e recebendo cada um tipo de tratamento, sendo eles: T1: solução salina de *Moringa oleifera* sem nanopartícula; T2: solução de tanino sem nanopartícula; T3: solução salina de *Moringa oleifera* com nanopartícula; e T4: solução de tanino com nanopartícula.

Logo após a adição de cada tratamento, o equipamento Jar-Test foi programado para a rotação rápida de 150 rpm durante 3 minutos (processo de coagulação), em seguida a rotação foi alterada para 15 rpm e o tempo para 10 minutos (processo de floculação) e por fim o equipamento foi desligado (processo de sedimentação) sendo colocado sob os jarros que receberam a magnetita ímãs de ferrite a fim de otimizar este último processo. A partir do desligamento do Jar-Test foram realizadas coletas de todos os jarros nos tempos de 3, 13, 23 e 33 minutos a fim de medir os parâmetros de condutividade elétrica, pH, turbidez e cor aparente. Tal ensaio foi realizado em duplicata a fim de diminuir possíveis erros de amostragem. Com o propósito de comparar a eficiência dos diferentes tratamentos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) a partir do software BioEstat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de pH medidos durante o ensaio em todos os tempos e tratamentos.

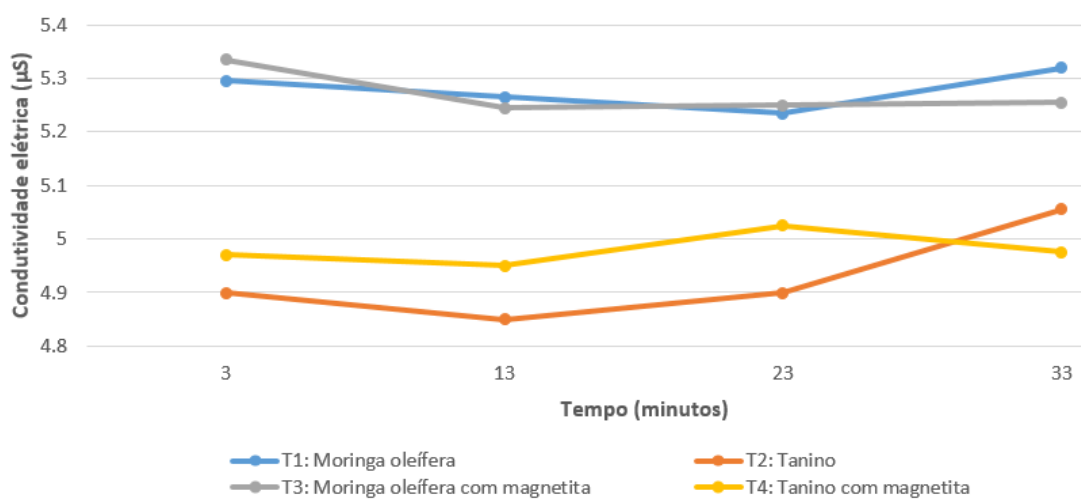
Figura 1. Valores médios de pH amostrados durante o tratamento.



Como observado na Figura 1, todos os tratamentos apresentaram comportamento linear durante o ensaio e apesar de haverem pequenas alterações durante o tratamento estas foram consideradas estatisticamente não significativas em todos os tempos. Os tratamentos apresentaram valores entre 8,28 e 8,41, valores que quando comparados com a resolução CONAMA 430/2011 para descarte de efluentes em corpos hídricos se manteve dentro do padrão, sendo este de pH entre 5,0 e 9,0.

A Figura 2 mostra os valores de condutividade elétrica obtidos durante o ensaio para todos os tempos e tratamentos.

Figura 2. Valores médios de condutividade elétrica amostrados durante o tratamento.



Ao analisar e comparar os dados de condutividade elétrica obtidos durante o ensaio com o valor do efluente bruto de $5,06\mu\text{S}$ notou-se que os tratamentos com tanino não ficaram distantes desse valor, porém nos tratamentos onde a solução salina de *Moringa oleifera* foi utilizada foi possível observar uma notória diferença em relação tanto ao valor do efluente bruto quanto aos valores dos tratamentos que utilizaram tanino. Tal diferença deve-se à adição de NaCl na obtenção da solução coagulante de *Moringa oleifera*.

As diferenças entre os dados foram consideradas não significativas para todos os tempos para tratamentos com mesmo coagulante, mostrando não haver interferência por parte das nanopartículas. Os dados estatísticos para este parâmetro estão dispostos na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1. Dados estatísticos obtidos através do teste de variância ANOVA para a condutividade elétrica.

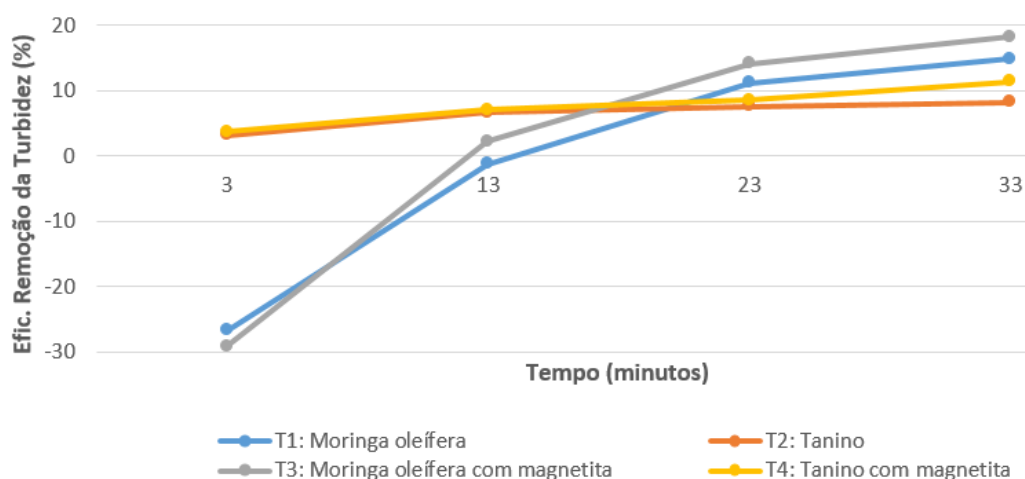
Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	P
Entre grupos	3	0.1591375	0.053046	77.15758	0.0017
Dentro dos grupos	4	0.00275	0.000687		
Total	7	0.1618875			

Tabela 2. Dados estatísticos obtidos através do Teste de Tukey para a condutividade elétrica.

Tukey	Diferença	Q	(p)
T1 e T2	0.265	14.2982	< 0.01
T1 a T3	0.065	3.5071	Não significativo
T1 a T4	0.345	18.6147	< 0.01
T2 a T3	0.2	10.7911	< 0.01
T2 a T4	0.08	4.3164	Não significativo
T3 a T4	0.28	15.1076	< 0.01

A Figura 3, apresenta o percentual da eficiência de remoção do parâmetro de turbidez para todos os tempos e tratamentos diante do efluente bruto (269NTU).

Figura 3. Valores de eficiência de remoção da turbidez durante o ensaio.



Diante dos resultados foi possível observar que os tratamentos que utilizaram o tanino como coagulante natural tiveram um comportamento consideravelmente linear quando comparado aos demais, porém apesar de terem iniciado o ensaio com porcentagens de remoção semelhantes (T2: 3,15 % e T4: 3,71%) ao final o tratamento com tanino que continha a nanopartícula se sobressaiu, encerrando o ensaio com 11,34% enquanto que T2 encerrou com 8,18%. Quanto aos tratamentos T1 e T3 onde a solução de *Moringa oleifera* foi empregada foi possível observar o grande aumento da eficiência na remoção durante o tratamento. E embora tais tratamentos tenham iniciado o ensaio muito abaixo dos tratamentos com tanino (T1: -26,77% e T3: -29,18%), encerraram o ensaio com porcentagem superior, sendo estas de 14,87% e 18,22% para T1 e T3, respectivamente. É possível notar também que os tratamentos que continham a nanopartícula obtiveram melhores resultados demonstrando eficiência.

Os dados estatísticos para o parâmetro de turbidez estão dispostos na Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3. Dados estatísticos obtidos através do teste de variância ANOVA para a turbidez.

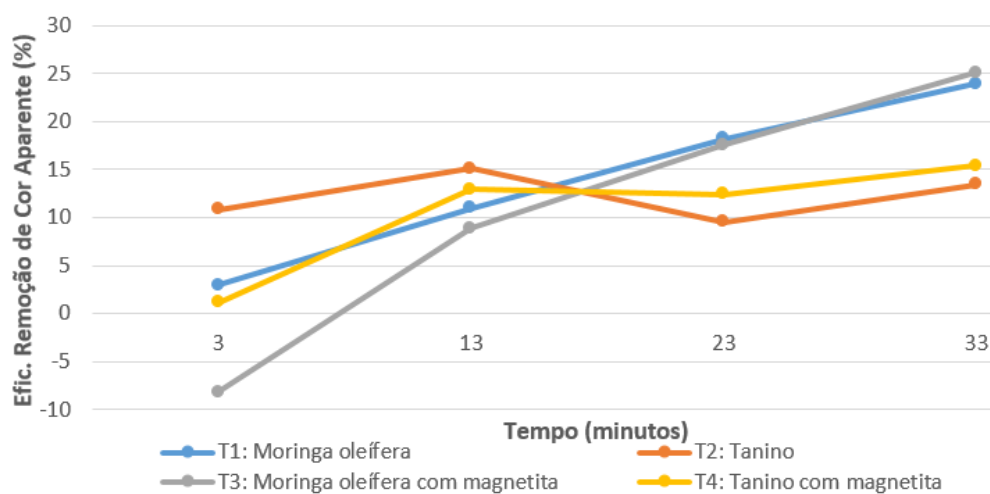
Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	P
Entre grupos	3	819.375	273.125	44.59184	0.0031
Dentro dos grupos	4	24.5	6.125		
Total	7	843.875			

Tabela 4. Dados estatísticos obtidos através do Teste de Tukey para a turbidez.

Tukey	Diferença	Q	(P)
T1 e T2	18	10.2857	< 0.01
T1 a T3	9	5.1429	Não significativo
T1 a T4	9.5	5.4286	Não significativo
T2 a T3	27	15.4286	< 0.01
T2 a T4	8.5	4.8571	Não significativo
T3 a T4	18.5	10.5714	< 0.01

A Figura 4, expõe os resultados em percentual da eficiência de remoção da cor aparente diante do efluente bruto (3050 mgPt-CoL⁻¹).

Figura 4. Valores de eficiência de remoção de cor aparente durante o ensaio.



Ao analisar a Figura 4, notou-se que os tratamentos onde o tanino foi empregado como coagulante os resultados apresentaram tanto índices altos quanto índices baixos durante o ensaio, obtendo para T2 o seu maior índice no tempo de 13 minutos (15,08%), mas encerrando o teste com percentual de remoção de 13,44%. Porém para o tratamento do tanino associado a nanopartícula o maior índice foi apresentado no final, sendo este de 15,41%.

Já os tratamentos onde a *Moringa oleifera* foi empregada mostraram comportamento crescente durante todo o ensaio apresentando valores finais de 23,93% para T1 e 25,10% para T3. Assim como no parâmetro de turbidez, nos tratamentos onde a magnetita foi empregada os percentuais de remoção foram superiores quando comparados aos tratamentos de mesmo coagulante, porém sem a nanopartícula. Neste parâmetro os tratamentos de *Moringa oleifera* mostraram melhores resultados quando comparados aos tratamentos à base do coagulante

tanino. Os resultados para o parâmetro cor aparente não obtiveram diferenças significativas entre as variáveis resposta.

CONCLUSÕES

Ao final do ensaio, o efluente tratado mostrou não sofrer alterações desfavoráveis quanto à adição de magnetita. O parâmetro de pH manteve-se dentro dos padrões exigidos pela resolução CONAMA 430/2011 para lançamento de águas residuais em corpos hídricos. Para os parâmetros de turbidez e cor aparente, embora não significativos estatisticamente, a nanopartícula proporcionou percentuais maiores de remoção quando comparados a tratamentos de mesmo coagulante sem a magnetita. Conclui-se que a adição de nanopartículas ao tratamento de efluente de suinocultura, principalmente quando aplicado em associação a *Moringa oleifera* acelerou o processo de sedimentação mesmo o efluente apresentando grande quantidade de sólidos caracterizados como sendo de difícil sedimentação demonstrando a possível associação entre as partes envolvidas nessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Estadual de Campinas, instituição doadora das sementes de *Moringa oleifera* e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Brasil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Exportações de carne suína crescem 32% em 2016.** Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/noticia/artigos/todas/exportacoes-de-carne-suina-crescem-32-em-2016-1936>>.

Acesso em: 17 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **RELATÓRIO ANUAL 2016.** 2016. Anual.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE SUINOCULTORES. **Carne suína lidera produção e consumo mundial.** Disponível em: <<http://aps.org.br/noticias/1-timas/693-carne-suina-lidera-producao-e-consumo-mundial-.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CARVALHO, J.O.C.; NORA, G.A prática da suinocultura e a questão ambiental: Um ensaio sobre o município de Sorriso - MT. **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú, v. 2, n. 5, p.376-399, jan/abr, 2016.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Suinocultura brasileira deve crescer mais de 20% nos próximos anos.** Disponível em: <<http://www.cnabrasil.org.br/noticias/suinocultura-brasileira-deve-crescer-mais-de-20-nos-proximos-anos>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

DELAVÉQUIA, M. A. **Avaliação de lagoas de estabilização para tratamentos de dejetos suínos.** 2000. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GASTARDELO, T.A.R.; MELZ, L.J. **A suinocultura industrial no mundo e no Brasil.** *Unemat*, Sinop, v. 3, n. 6, p.72-92, jul. 2014.

ITO, M.; GUIMARÃES, D.D.; AMARAL, G.F.. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades.** *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 44 , p. [125]-156, set. 2016

PEREIRA, E.R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola.** 2016. 130 f. Tese (Doutorado) -

Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SCHWERTMANN, U; CORNELL, R.M. **Iron oxides in the laboratory: Preparation and Characterization.** Wiley_VCH Verlag GmbH. D-69469, 2000.