

# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **INFLUÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO NO PROCESSO INICIAL DO TRATAMENTO DE ÁGUA**

Nattácia R. A. Felipe Rocha<sup>1</sup>, Alex Anderson O. Moura<sup>1</sup> Nadine P. Merlo<sup>1</sup> e Moilton R. Franco Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UniRV – Universidade de Rio Verde – Goiás -

<sup>2</sup> UFU – Universidade Federal de Uberlândia - PPG –Biocombustíveis – Minas Gerais.

[moilton@ufu.br](mailto:moilton@ufu.br)

Eixo temático : Gerenciamento de resíduos sólidos e líquidos.

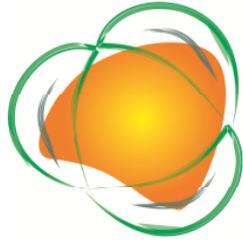
### **Abstract**

The production of cleaning supplies, however, results in the generation of large quantities of polluted wastewater commonly contaminated with surfactants such as lauryl sodium sulphate (LAS). There is an actual need to seek factors intensifying the treatment processes of the wastewaters from industry cleaning supplies. The new methods which not required extension of existing plants or building very expensive reactors are still searching. In recent years much more attention has been directed to the possibility of improvement of waste water treatment by static magnetic field as auxiliary. The aim of this study was to determine the impact of constant magnetic field as well as the integration of this technique with the famous technique used for wastewater treatment which is coagulation by aluminium sulphate as a novel method for treatment. This new method has been found to be a useful method for removing turbidity, TS and COD from chemically treated wastewater.

Keywords: coagulation; magnetic field; water treatment; surfactant.

### **Resumo**

A produção de materiais de limpeza, no entanto, resulta na geração de largas quantidades de água poluída contaminada com surfactantes tal como o laurel sulfato de sódio (LAS). Existe uma real necessidade de procurar fatores intensificadores para o processo de tratamento de águas residuais provenientes de indústria de materiais de limpeza. Os novos métodos que não requerem extensão de plantas existentes ou construção e reatores muito caros são ainda buscados. Em anos recentes bem mais atenção tem sido direcionada para a possibilidade de melhoria do tratamento de água residuária empregando campo magnético estático como um auxiliar. O objetivo deste estudo foi de determinar o impacto de um campo magnético constante tão bem como a integração desta técnica como a famosa técnica usada para tratamento de água é a coagulação pelo sulfato de alumínio como um método inovador para tratamento. Este



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

novo método tem sido encontrado ser útil para remover turbidez, sólidos totais e DQO para água residuária quimicamente tratada.

Palavras-Chaves: coagulação; campo magnético; tratamento de água; surfactante.

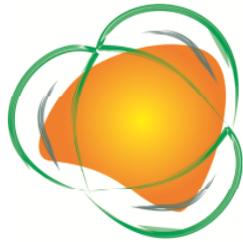
## **Introdução**

É bastante conhecido que a maioria das indústrias de materiais de limpeza utilizam grandes quantidades de surfactantes na composição de seus produtos. Assim, seus efluentes líquidos que devem ser descartados para uma estação de tratamento, possui diferentes compostos químicos sendo alguns deles surfactantes como o LAS – lauril sulfato de sódio. O uso destas ETs, ou estações de tratamento ocupa área considerável do terreno da empresa. Ademais, filtros biológicos são usados no tratamento que é um processo lento fazendo com que o local se torna um viveiro de animais nocivos. Desse modo, nada mais interessante que pesquisas um processo mais eficaz visando melhoria das condições ambientais.

Não é tão recente que o tratamento magnético de água (TMA) é conhecido como uma técnica efetiva para prevenir a formação de incrustação e uma separação da incrustação já formada em sistemas de águas industriais como aquecedores, trocadores de calor e outros. No caos específico de trocador de calor em sistemas de água aquecida serão prejudicados pela incrustação e haverá um aumento no consumo de energia e custos de operação.

Pesquisadores [Grimes, 1988; Parsons et al., 1997] informam redução de incrustação obtida por TMA e alguns outros observaram menores impactos [Busch et al., 1997]. Este fenômeno é agora mais largamente aceito apesar de que a primeira patente já tenha sido em 1945 [Vermeiren, 1958]. No período dos últimos sessenta anos muitos estudos foram conduzidos e vários equipamentos foram desenvolvidos sem o mais claro entendimento dos mecanismos. Alguns pesquisadores têm observado que a quantidade de deposição é aumentada quando o sistema é submetido a tratamento com campo magnético sob condições diversas [Grimes, 1988; Higashitani et al., 1993; Barret e Parsons, 1998; Kobe et al, 2002]. Foi também descoberto que a taxa de nucleação depende do método e tempo de exposição da solução ao campo magnético [Kobe et al, 2001]. Caso de nucleação melhorada pela exposição alternada a campo magnético tem sido observado nos trabalhos de Wang et al., [Wang et al., 1997]. Dessa forma a disposição dos magnetos parece influenciar em um aumento ou redução da efetividade do processo que se deseja realizar [Knez e Pohar, 2005; Botello et al., 2004].

O processo por coagulação melhorada foi muito explorado no LETA – Lab. de Engenharia Termo-ambiental [Revolta, 2014], assim como os processos adsortivos para remoção de grandes moléculas de água in natura [Revolta et al., 2013]. Dessa forma, neste trabalho buscou-se associar o tratamento de água contaminada por LAS



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

empregando-se sulfato de alumínio com a presença de um campo magnético disposto em duas configurações, bem como sem a presença do referido. Os experimentos foram conduzidos com reprodutibilidade e amostras feitas em duplicatas para avaliar os seguintes parâmetros: turbidez, condutividade, DQO, sólidos totais, absorvância (concentração de surfactante) e oxigênio dissolvido. Os resultados conduzem a um sensível melhoramento no tratamento com a adição de magnetos, entretanto experimentos adicionais devem ser realizados.

## **Material e Métodos**

Água residual sintética a ser tratada foi preparada num tanque agitado empregando-se água destilada e surfactante LAS (lauril sulfato de sódio) fornecido pela VETEC Química S. A. – pureza 99% em massa). Aliquotas de 300 mL de água residual com concentração inicial de surfactante de 500 mg/L foram alimentadas aos reatores de vidro dispostos sobre agitadores magnéticos. Os reatores nomeados como 1 e 2 continham campo magnético no fundo e lateral, respectivamente, e o reator 3 não possuía nenhum ímã, ou campo magnético, em sua configuração. Em seguida, pesou-se em uma balança analítica 0,20 g de Sulfato de Alumínio (Aldrich – 99,5%) em três amostras iguais e transferiu-se essa medida para cada reator. Foi iniciado o processo de agitação lenta durante 1 hora. A rotação do reator empregada foi de 6 rpm.

Após a agitação ser desligada, inicia-se o processo de decantação da água residual. Amostras foram retiradas ( $\pm 30$  mL) de cada reator para prosseguir com as análises, a cada hora, por um período de mais de sete horas consecutivas. Ademais, os reatores descansaram por 24 horas e amostragem foi feita após este período visando observar a estabilidade dos parâmetros. A Figura 1 ilustra alguns insumos de processo empregados nos experimentos.

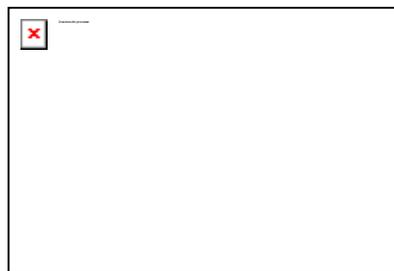
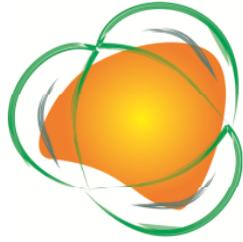


Figura 1 – Visão geral dos insumos empregados nos experimentos.

Nesta Figura pode-se identificar, balões com soluções preparadas para processo, buretas com amostras para análise, porções de resinas e materiais químicos diversos.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

As grandezas aferidas, temporalmente, foram: Turbidez (NTU), Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ST (sólidos totais g/kg), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e OD (oxigênio dissolvido, mg/L). As medidas foram feitas em triplicatas e seguiram os padrões do Standard Methods.

A concentração de surfactante na água tratada era aferida através da medida da absorvância da amostra. A absorvância era determinada em espectrofotômetro UV VIS. Utilizou-se o comprimento de onda de 650 nm. Cada alíquota era retirada dos reatores sendo devidamente preparada para a determinação em que foi usado um kit de análises para LAS – Alfakit-Florianópolis SC).

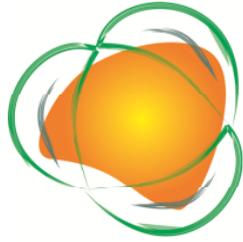
## **Resultados e Discussão**

Estudos anteriores (Revolta, 2014; Revolta *et al.*, 2013) tem apontado limites ou faixas de concentração inicial a ser empregada para o coagulante. Dessa forma, optou-se por utilizar um valor que estivesse dentro da média que seria de 300 – 1000 mg/L para os tradicionais coagulantes testados por Revolta, 2014. Igualmente, o nível de agitação da mistura no reator tem sido objeto de pesquisa e observou-se que a rotação de 6 rpm atende a troca de massa necessária para o processo desejado.

Desta maneira, após a agitação do reator, amostras eram coletadas empregando-se micropipeta (2 mL) introduzida no interior do reator. O monitoramento dos parâmetros se deu por seis horas consecutivas e uma análise, após 24 horas de decantação, foi feita finalizando o tratamento.

As Figuras 2 e 3 ilustram o comportamento da condutividade elétrica e da Demanda Química de Oxigênio (DQO) da mistura com o tempo. A curva de condutividade de mistura apresenta um ponto de mínimo para os dois reatores dotados de campo magnético. É interessante observar que o valor da condutividade se torna semelhante, nos três casos, quando a decantação do sistema alcança 24 horas. Isso sugere que a movimentação dos íons pelo o seio da solução seja muito similar nos três reatores.

Com relação à DQO, nota-se uma queda acentuada deste parâmetro nas duas primeiras horas de decantação. A partir da terceira hora de descanso, percebe-se que a DQO da mistura não sofre alteração apreciável, para os três casos. Entretanto, ao transcorrer 24 horas, o efeito da presença do campo magnético, bem como da disposição deste no reator, pode ser observado. Nesse último caso, a disposição dos ímãs pela base do reator está desfavorecendo o resultado de DQO que foi três vezes maior que os demais casos.



# XIII Congresso Nacional de MEIO AMBIENTE de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

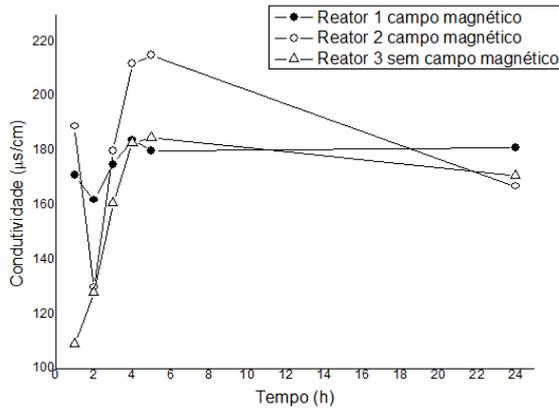


Figura 2 – Condutividade da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)

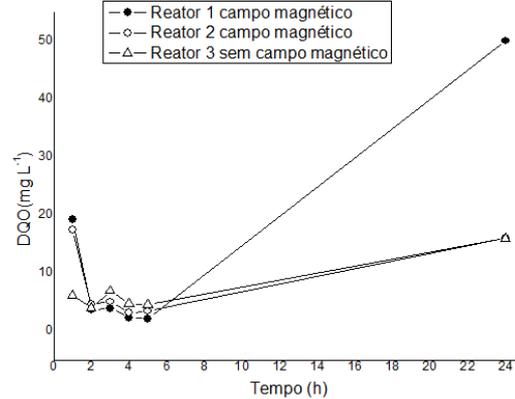


Figura 3 – DQO da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)

A curva de oxigênio dissolvido (OD) pode ser conferida através da Figura 4, para os três reatores. Uma influência marcante da disposição dos magnetos no reator fica evidente nas cinco primeiras horas de decantação da mistura. Ademais, está evidenciado o menor nível de oxigênio no sistema para o campo magnético aplicado ao fundo do reator, bem como a queda acentuada quando aplicado nas laterais. Entretanto, após o período de 24 horas, nota-se que o nível de oxigênio dissolvido aumenta, o que pode estar ocorrendo aeração proveniente do meio ambiente. Há semelhança entre os níveis de OD entre os reatores 1 e 3.

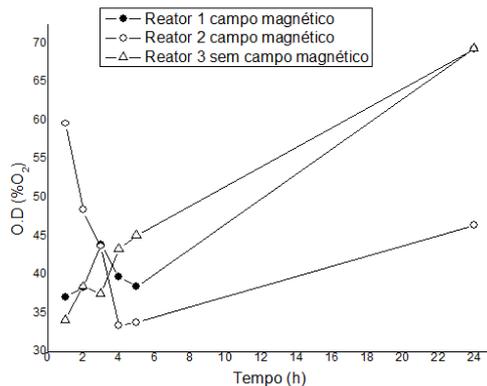


Figura 4 – O.D. (Oxigênio dissolvido, %O<sub>2</sub>) da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)

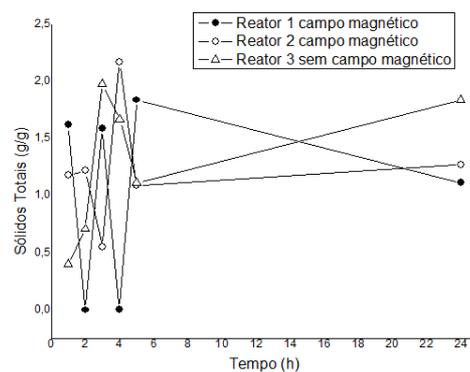
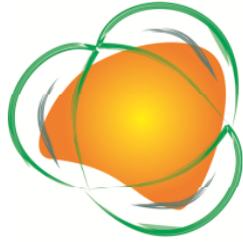


Figura 5 – S. T. (Sólidos totais, mg/kg) da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

A análise de sólidos totais mostrou que o parâmetro oscila, consideravelmente, durante o monitoramento dos três reatores e que o processo de coagulação é benéfico para a redução de surfactante. Observando-se a Figura 5, recomenda-se distribuir o campo magnético aleatoriamente pelo reator já que nenhuma das configurações se mostrou mais eficiente relativamente à outra. O período de 24 h favorece a redução de sólidos totais, entretanto os níveis considerados não merecem a extensão do tempo de processo, já que são, relativamente, bem baixos.

A concentração inicial de LAS nos reatores era de 500 mg/L e cai abruptamente na primeira hora de decantação após o tratamento, para todos os sistemas. De acordo com a Figura 6, esse valor se mantém em níveis baixos e oscilantes nas seis primeiras horas de decantação. A concentração final, praticamente se mantém com o tempo após 24 horas. Este resultado vem apontar a finalização e portanto, a interrupção do processo de tratamento nas quatro primeiras horas de decantação.

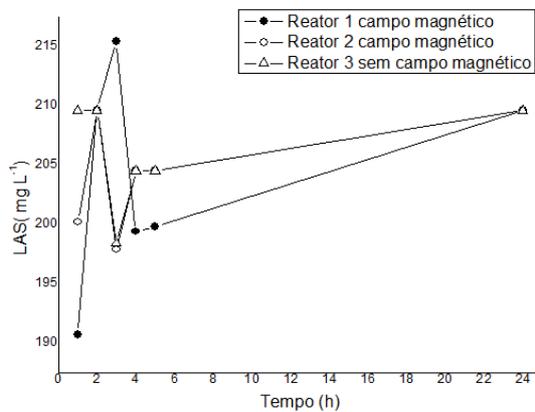


Figura 6 – Concentração de surfactante da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)

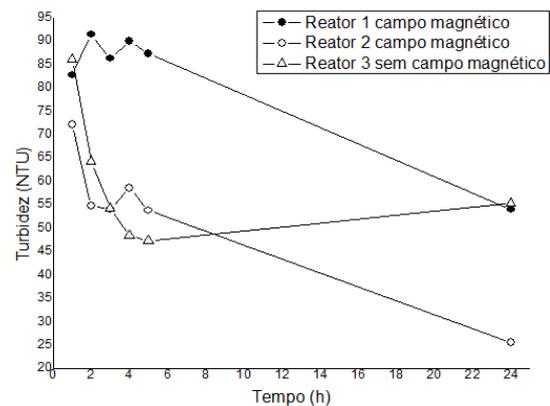
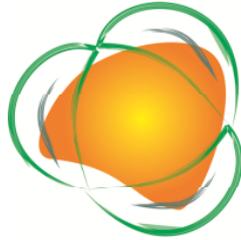


Figura 7 – Turbidez da água tratada com sulfato de alumínio em função do tempo. (● campo no fundo do reator; ○ campo na lateral; △ sem campo)

Para os três casos estudados, a turbidez do sistema é reduzida com o uso do coagulante, bem como com a aplicação do campo magnético, especialmente na configuração de disposição lateral dos magnetos no reator. Esse aspecto está evidente na Figura 7. O período de descanso de 24 horas beneficia a configuração em que o campo magnético fora aplicado na lateral do reator.

## Conclusões



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS  
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Campo magnético foi utilizado visando aprimorar o processo de coagulação química de um sistema contaminado por surfactante. Observou-se que a disposição dos magnetos pode trazer benefícios para alguns parâmetros, bem como pode prejudica-los, como foi o caso da DQO do reator com magnetos dispostos na base.

A decantação por 24 horas é recomendada por reduzir sensivelmente os níveis de turbidez da mistura, bem como elevar substancialmente o valor de oxigênio dissolvido.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à UniRV – Universidade de Rio Verde – Goiás – Brazil pela concessão da bolsa de pesquisa na chamada interna 01/2016 – PRPPG/UniRV, bem como o apoio de espaço físico. (projetos 26/2016 e 39/2016).

## **Referências Bibliográficas.**

BARRET, R. A.; PARSONS, S. A. The influence of magnetic fields on calcium carbonate precipitation, *Water Res.* 32(3) (1998) 609–612.

BONEBERG, D. G.; REVOLTA, B. S.; PIMENTA, P. S.; FRANCO JR, M. R. Removing general organic compounds from small quantities of river water. *American Journal of Environmental Engineering.* 3(5) August 2013.

BOTELLO-ZUBIATE, M.E.; ALVAREZ, A.; MARTINEZ-VILLAFANE, A.; ALMERAYA-CALDERON, F.; MATUTES-AQUINO, J. A. Influence of magnetic water treatment on the calcium carbonate phase formation and the electrochemical corrosion behavior of carbon steel, *J. Alloys Compd.* 1(369) (2004) 256–259

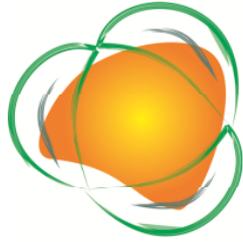
BUSCH, K.W.; BUSCH, M.A.; DARLING, R.E.; MAGGARD, S.; KUBALA, S.W. Design of a test-loop for the evaluation of magnetic water-treatment devices, *Process Saf. Environ. Prot.* 75 (1997) 105–114.

COEY, J. M. D.; CASS, S. Magnetic water treatment, *J. Magn. Magn. Mater.* 209 (2000) 71–74.

GABRIELLI, C.; JAOUHARI, R.; MAURIN, G.; KEDDAM, M. Magnetic water treatment for scale prevention, *Water Res.* 35(13) (2001) 3249–3259.

GRIMES, S.M. Magnetic field effect on crystals, *Tube Int.* (March) (1988) 111–118.

HIGASHITANI, K.; KAGE, A.; KATAMURA, S.; IMAI, K.; HATADE, S. Effects of magnetic field on the formation CaCO<sub>3</sub> particles, *J. Coll. Interface Sci.* 156 (1993) 90–95.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

HOLYSZ, L.; CHIBOWSKI, M.; CHIBOWSKI, E. Time-dependent changes of zeta potential and other parameters of in situ calcium carbonate due to magnetic field treatment, Coll. Surf. A Physio chem. Eng. Asp. 208 (2002) 231–240.

HOLYSZ, L.; CHIBOWSKI, E.; SZCZES, A. Influence of impurity ions and magnetic field of the properties of freshly precipitated calcium carbonate, Water Res. 37 (2003) 3351–3360.

KNEZ, S.; POHAR, C. The magnetic field influence on the polymorph composition of CaCO<sub>3</sub> precipitated from carbonized aqueous solutions, J. Coll. Interface Sci. 281 (2005) 377–388.

KOBE, S.; DRAZIC, G.; MCGUINNESS, G.; STRAZISAR, J. TEM examination of the influences of magnetic field on the crystallization for of calcium carbonate: a magnetic water-treatment device, Acta Chimica Slovenica 48 (2001) 77–86.

KOBE, S.; DRAZIC, G.; CEFALAS, A. C.; SARANTOPOULOUS, E.; STRAZISAR, J. Nucleation and crystallization of CaCO<sub>3</sub> in applied magnetic fields, Cryst. Eng. 5(2002) 243–253.

PARSONS, S. A.; WANG, B. L.; JUDD, S. J.; STEPHENSON, T. Magnetic treatment of calcium carbonate scale-effect of pH control, Water Res. 31(2) (1997) 339–342.

REVOLTA, B. S.; ALMEIDA, J. S. M.; FRANCO JR, M. R. Tratamento de águas residuárias domésticas como auxiliar da descontaminação de águas subterrâneas. Anais do III CIMAS - São Paulo. Outubro de 2013.

REVOLTA, B. S. **Coagulação química melhorada visando o tratamento de água cinza.** Dissertação de mestrado FEQUI-UFU – Janeiro de 2014 – 155 pg.

WANG, Y.; BABCHIN, A. J.; CHERNYI, L. T.; CHOW, R. S.; SAWATZKY, R. P. Rapid on set of calcium carbonate crystallization under the influence of a magnetic field, Water Res. 31(2) (1997) 346–350.