



TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA E PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REUSO COM EMPREGO DO FILTRO MULTIMÍDIA COM ALGODÃO

Carolina Lima Miranda⁽¹⁾; Jessica de Fátima Martins⁽²⁾; Liliane Borges de Moura⁽³⁾;
Mariele Martins Silva⁽⁴⁾; Daniel de Oliveira e Silva⁽⁵⁾; Juliana Borges Pereira⁽⁶⁾.

(1) Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
clm_girl87@hotmail.com

(2) Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
jessicamartins55@live.com

(3) Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
liliane.bmoura@hotmail.com

(4) Graduando em Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.
marielemartins@hotmail.com.

(5) Professor do curso de Engenharia Química - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
danielos@unipam.edu.br

(6) Professora do curso de Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.
julianabp@unipam.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A geração de esgotos ocorre como consequência da utilização da água no uso doméstico. Caso não seja dada uma destinação aos mesmos ou que esta destinação não seja de forma correta, estes acabam poluindo o solo, contaminando as águas superficiais e subterrâneas e frequentemente passando a escoar a céu aberto, constituindo-se em perigosos focos de disseminação de doenças (SOUZA, 2010).

Com a escassez de água potável, os conflitos associados aos usos múltiplos e a cobrança pelo uso de forma adequada, vem pressionando a tomada de decisões que envolvam o tratamento de água, esgoto e resíduos e o reuso de água. O reuso de água domiciliar pode ser considerado como alternativa em tempos de escassez e uma opção correta do ponto de vista ambiental, já que contribui para diminuição da captação e consequentemente a redução nas vazões de lançamento de efluentes.

As águas cinza são aquelas provenientes dos chuveiros, lavatórios de banheiros e máquinas de lavar roupa. Estas águas são ricas em sabões, sólidos suspensos e matéria orgânica e podem possuir pequenas quantidades de bactérias (NOSÉ, 2008).

Um filtro de camadas consiste em um tanque cilíndrico com diferentes meios filtrantes. Tem por objetivo a obtenção de água purificada, pois remove mecanicamente partículas

em suspensão de até 15 micra (μm), possui baixo custo operacional e manutenção. Assim, poupa-se significativas quantidades de água e energia (Soares & Cobra, 2012 citado por Dias e Roma, 2014).

O presente trabalho teve por objetivo a elaboração de um filtro de camadas, utilizando distintos meios filtrantes intercalados por camadas de algodão. Sua finalidade era o tratamento da água cinza proveniente do banho de crianças da creche “Escola Municipal de Educação Infantil Valdir Pereira de Araujo”, com o intuito de seu reuso para lavar calçadas, pátios e em descargas de sanitários.

2. METODOLOGIA

O estudo e realização dos testes para identificar os valores de parâmetros foram realizados no Laboratório Central Analítica e no Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM.

O local escolhido para a coleta do efluente foi à creche “Escola Municipal de Educação Infantil Valdir Pereira de Araujo”, fundada pela Lei de criação nº 2580 de 20 de junho de 2012, pelo Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância). Situada no município de Presidente Olegário, atendendo aproximadamente 278 indivíduos, sendo 234 crianças, incluindo bebês, e 44 funcionários adultos.

A creche utiliza água proveniente da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa, onde é tratada e clorada. A totalidade de água consumida varia de acordo com seu funcionamento semanal, sendo a média diária de aproximadamente 4.150 litros. Seu horário de funcionamento é de 05:00 hrs às 18:00 hrs, onde todas as crianças tomam banho, que duram cerca de 5 minutos.

Para este estudo, foi recolhida a água cinza proveniente dos chuveiros, sendo as demais consideradas como água negra. O volume de efluentes gerados pela creche é lançado sem nenhum tratamento na rede de esgoto do município, que atualmente não é tratado, onde é direcionado para uma represa localizada nas proximidades da cidade.

Em primeiro momento, foram estudados os métodos mais eficazes e a maneira mais adequada para a implantação do projeto. Optando-se pelo uso de um filtro multimídia, que consiste em um tanque cilíndrico com diferentes meios filtrantes, tais como: areia, antracito, carvão ativo, brita média, brita grossa e algodão. Este filtro além de purificar a

água, remove mecanicamente partículas em suspensão de até 15 micra (μm), tendo baixo custo operacional e de manutenção. Obtendo-se uma economia significativa de água e energia (Soares & Cobra, 2012 citado por Dias e Roma, 2014).

Segundo a NBR 13969/1997, a filtração do esgoto através da camada de areia é uma operação intermitente, onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação). Devido aos micro-organismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sem necessidade de operação e manutenção complexas, a camada permite elevado nível de remoção de poluentes. Utiliza-se areia com diâmetro efetivo na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm, e com coeficiente de uniformidade inferior a 4.

De acordo com a NBR 13969/1997, no caso de brita, utilizar à nº 1 ou nº 0, com as dimensões mais uniformes possíveis. Não deve ser permitida a mistura de pedras com dimensões distintas, a não ser em camadas separadas, para não causar a obstrução precoce do filtro.

Carvão Ativo é um material poroso de origem natural, poderoso adsorvente e usado para filtração e purificação de vários materiais. Com sua grande área superficial interna formada por milhares de poros, o carvão ativo soma uma área interna de 500 a 1200 m^2/g . Devido às suas qualidades de adsorção às moléculas poluentes, estas se concentram sobre a superfície do carvão ativado e são removidas. São utilizados em processos de filtração em que se deseja purificar, descolorir, recuperar e remover odores.

O Antracito é adequado hidraulicamente, pois possui uma densidade de $0,8 \text{ g/cm}^3$, ficando por cima dos meios mais pesados como a areia ou granada, oferecendo assim, uma capa de pré-filtração. Isto representa corridas mais longas e menor perda de carga, sem mencionar a redução de retro lavagens, o que se traduz em uma enorme economia de água para esta etapa.

Para melhorar a eficácia do filtro, serão adicionadas camadas de algodão entre as outras camadas de meio filtrante, pois o algodão retém partículas maiores. A figura a seguir apresenta a distribuição das camadas dos meios filtrantes, dispostas no filtro.

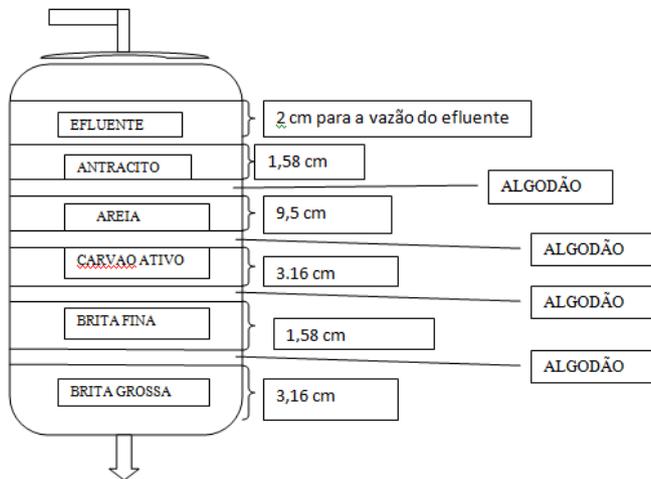


Figura 1: Esboço dos meios filtrantes no filtro



Figura 2: Filtro em funcionamento.

Para a montagem do filtro será utilizado um pote de vidro com espessura de 1,2 mm, com altura até a borda de 21 cm e volume de 3 litros. Este vidro terá a entrada de efluente pela parte superior, sendo que, para controlar a vazão do efluente ira valer-se de uma Bomba de 150L/h para Aquários. O efluente tratado sairá pela parte inferior do objeto, através de um orifício.

A primeira camada utiliza aproximadamente 3,16 cm de brita 1 e acima desta camada, existe uma camada com cerca de 1,58 cm de brita 0, que sustenta o restante das camadas de meio filtrante, impedindo sua saída do sistema (Bertoncine,2008). Na camada de areia é empregada em torno de 9,5 cm de areia e 3,16 cm de carvão ativo, em que a areia está por cima do carvão, intercalada com a camada de algodão. Para a camada de Antracito, será valer-se uma camada de 1,58 cm de espessura, usado como uma capa de pré-filtração. As camadas de algodão não terão um parâmetro de espessura, utilizadas para melhorar a eficácia do tratamento do efluente.

De acordo com o item 5.6.4 da NBR 13969, o grau de tratamento para uso múltiplo de esgoto tratado é definido, regra geral, pelo uso mais restrigente quanto à qualidade de esgoto tratado. No entanto, conforme o volume estimado para cada um dos usos podem-se prever graus progressivos de tratamento (por exemplo, se o volume destinado para uso com menor exigência for expressivo, não haveria necessidade de se submeter todo o volume de esgoto a ser reutilizado ao máximo grau de tratamento, mas apenas uma

parte, reduzindo-se o custo de implantação e operação), desde que houvesse sistemas distintos de reservação e de distribuição.

Assim, os sistemas de reuso podem ser designados para diversos fins, devendo apenas adaptar-se ao sistema de tratamento de água desejado. Em termos gerais, podem ser definidas as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso (NBR 13969, ABNT, 1997):

Tabela 1: Classificação e parâmetros do efluente conforme o tipo de reuso.

CLASSES	PARÂMETROS	COMENTÁRIOS
Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez - inferior a 5; • Coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml; • Sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/l • pH entre 6.0 e 8.0; • Cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l 	Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez - inferior a 5; • Coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; • Cloro residual superior a 0,5 mg/l 	Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
Classe 3 – Reuso nas descargas dos vasos sanitários.	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez - inferior a 10; • Coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; 	Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessária apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.
Classe 4 – Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	<ul style="list-style-type: none"> • Coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml; • Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l 	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: ABNT-NBR 13.969/97

Para o projeto em questão, almejamos obter um parâmetro de classe 2, onde destina o efluente tratado para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos, descargas de bacias sanitárias, etc. Para isso, serão realizados os seguintes testes de qualidade no efluente tratado, sendo esses baseado na NBR 13969/1997:

Tabela 2: Parâmetros de Qualidade.

PARÂMETRO	CLASSE B
Ph	Entre 6 e 9
DBO _{5,25} (Mg/L)	Inferior a 30

Oxigênio Dissolvido(Mg/L)	Superior a 2
Sólidos suspenses totais (Mg/L)	Inferior a 20
Coliformes fecais(NMP/100mL)	Inferior a 1000
DQO(Mg/L)	Inferior a 75
Fosfato(Mg/L)	Inferior a 1
Cloro Residual (Mg/L)	Superior a 0,5

FONTE: ABNT- NBR 13969/1997

Além destes, serão realizados a determinação de Condutividade, Acidez, Alcalinidade e Dureza Total.

Para a avaliação dos coliformes totais e termotolerantes utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos. Na primeira etapa, foram retirados assepticamente 10 mL de amostra, pipetadas em cinco tubos de ensaio contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram posteriormente incubados de 36°C por 24 horas. Os tubos que apresentaram formação de gás no Caldo LST, tiveram alíquotas semeadas em cinco tubos contendo 5 mL de Caldo verde brilhante 2% (VB) contendo tubos de Durhan invertidos para o crescimento de coliformes totais o qual foram colocados na estufa a 36°C por 24 horas. Simultaneamente 10mL da amostra foram transferidos para cinco tubos contendo caldo com Escherichia coli (E.C.), meio confirmatório para coliformes termotolerantes (E.C.) e deixados em banho maria de 44,5 °C durante 24 horas. A positividade do teste foi observada pela produção de gás no interior dos tubos de Durhan. Os resultados foram analisados em tabela do Número Mais Provável (NMP). Dos tubos positivos para o meio E.C. alíquotas foram semeadas em placas de Petri contendo meio de cultura ágar eosina azul de metileno (EMB) e posteriormente, incubadas de 36°C por 24 horas. Por fim, a caracterização dos coliformes termotolerantes foi evidenciada pelo crescimento de colônias com centros enegrecidos e brilho verde metálico (SIQUEIRA, 1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os testes apresentados na metodologia, os resultados na tabela 2 correspondem às análises realizadas com o efluente bruto e o efluente tratado pelo processo de filtração. As análises seguiram a NBR 13969.

Tabela 3: Resumo dos resultados das análises.

TESTE	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
	Bruto	Filtrado	Bruto	Filtrado	Bruto	Filtrado
Ph	6,97	7,32	7,42	7,54	7,68	7,47
Turbidez (NTU)	10,60	7,80	10,8	8,2	87,0	46,0
Acidez CO₂/L(mg)	20,064	16,72	5,5704	4,532	3,96	5,426
Alcalinidade (ppm)	44,3	46,3	35,0	34,33	48,666	36,666
Coliformes Fecais	*	*	*	*	Negativo	Positivo
Cloro Residual (ppm)	9,3351	3,0487	3,7813	1,7725	*	*
Sólidos Totais (ppm)	51000	37000	62000	50000	92000	64000
Fosfato (mg/l)	1,356	0,787	1,232	0,772	*	*
Dureza (ppm)	67	207,66	39,66	94,0	28,333	92,66
Acidez Total (mg)	22,8	19,0	6,33	5,15	4,5	6,166
Condutividade (mS)	0,19	0,49	0,16	0,29	0,17	0,31

Fonte: Adaptado de Ferreira (2000)

Com base na NBR 13969, onde classifica como um pH aceitável ente 6 e 9, os resultados das três análises feitas com o efluente após passar pelo processo de filtração então dentro do estabelecido. Para se enquadrar na Classe 2 da NBR 13969, a turbidez deve ser inferior a cinco, assim os resultados das três análises realizadas não apresentaram resultado satisfatório. Esse erro deve ser considerado por uma possível retenção de sujeira acumuladas no filtro.

Tanto as análises de Cloro Residual como as de Fosfato foram realizadas somente no efluente bruto e filtrado da primeira e segunda coleta, isso se deve ao fato de que na terceira coleta houve problemas com o equipamento de avaliações. Mas com os resultados apresentados nas análises feitas já indica que o filtro de camada é eficiente, pois o Cloro Residual obteve os resultado de 3.0487 ppm e 1.7725 ppm, sendo que na NBR 13969 tem como parâmetro um valor acima de 0,5 mg/l. E o fosfato um valor de 0.787 mg/l e 0.772 mg/l, sendo que o aceitável pela norma é que seja inferior a 1.

De acordo com PORTARIA MINISTÉRIO DA SAÚDE 518, DE 25/03/2004, para aceitação de consumo humano, a dureza da água deve ser inferior a 500 mg/L, assim

como o efluente tratado apresentou uma dureza entre 92,66 e 207,66, foi considerado que os resultados são satisfatórios, sendo que esse efluente não será para consumo, e sim para reuso.

Ainda segundo a com PORTARIA MINISTÉRIO DA SAÚDE 518, DE 25/03/2004, para consumo humano a água potável deve apresentar no valor Máximo permitido de Sólidos dissolvidos totais deve ser abaixo de 1000 mg/l, assim o resultado obtido nas duas avaliações foram superiores, mas como esse efluente é para reuso, e na Classe 2 da NBR não informa um parâmetro base, concluí-se que para alguns meios de reuso esses valores sejam aceitáveis.

Foram realizados os testes de DBO_{5,20} e DQO somente das amostras da última coleta de efluente, que segundo a ABNT- NBR 13969 deve ser inferior a 30 mg/l e inferior a 75 mg/l respectivamente. Com os resultados das análises do efluente bruto, obteve-se valores de 157 mg/l de DBO e 341 mg/l de DQO. Após passar pelo processo de filtração foram realizados testes com amostras do filtrado, obtendo valores de 142 mg/l e 177.7mg/l, respectivamente. Portanto não foi obtido um padrão de qualidade que a NBR 13969 exige para se usar dentro da Classe 2.

Os outros testes realizados, de acordo com o material estudado, obtiveram resultados satisfatórios, sendo que os mesmos não tem um padrão de parâmetro na ABNT para comparação de resultados.

Os valores do NMP de coliformes totais e termotolerantes encontrados nas amostras analisadas estão representados na Tabela 4 e 5.

Tabela 4 - Número Mais Provável de coliformes totais e termotolerantes/mL presentes na água coletada na “Escola Mundial de Educação Infantil Valdir Pereira de Araújo” Presidente Olegário- MG

	Numero de tubos Positivo	NMP/ 100mL
VB	0	<2,2
EC	0	<2,2

Tabela 5 - Número Mais Provável de coliformes totais e termotolerantes/mL presentes na água filtrada na “Escola Mundial de Educação Infantil Valdir Pereira de Araújo” Presidente Olegário- MG

	Numero de tubos Positivo	NMP/ 100mL
VB	5	>16.0
EC	5	>16.0

Os testes realizados apresentam resultados positivos para coliformes totais, E. Coli e bactérias termotolerantes para as amostras filtradas com o filtro de algodão e negativo para a água coletada no local do banho, isso se dá pela contaminação do filtro, sendo que a matéria prima do mesmo foi reutilizada de filtrações anteriores. A presença das mesmas pode ser dada também devido à contaminação do laboratório Geral de Química onde o qual o filtro se encontra armazenado e o processo de filtragem ocorre.

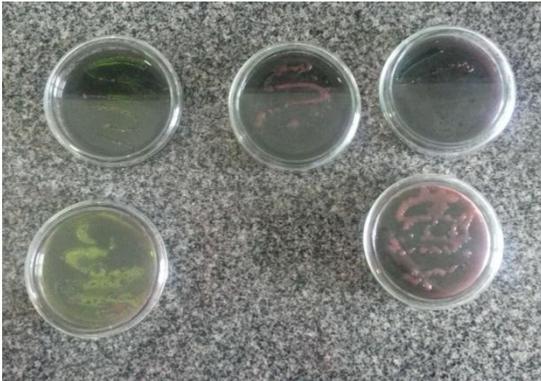


Figura 3: coliformes totais e termotolerantes/mL presentes no efluente.



Figura 4: coliformes totais e termotolerantes/mL presentes no efluente filtrado.

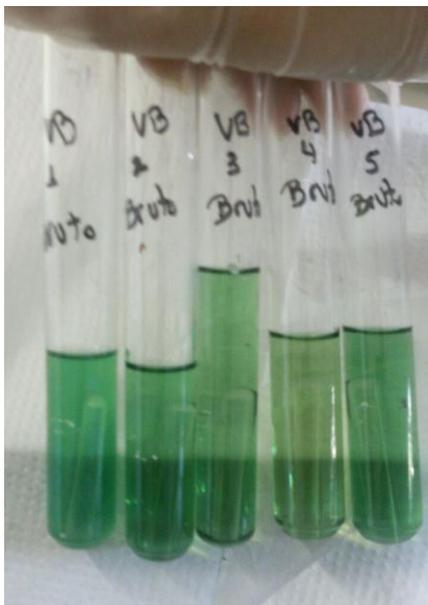


Figura 5: coliformes totais e termotolerantes/mL presentes no efluente bruto.

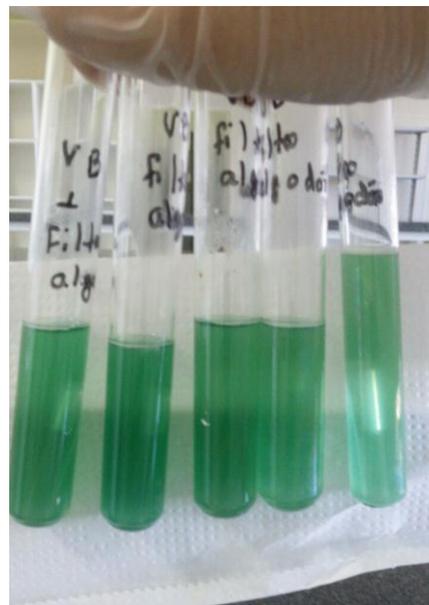


Figura 6: coliformes totais e termotolerantes/mL presentes no efluente filtrado.

Acredita-se que, apesar dos altos índices de contaminação das amostras, a água filtrada poderá ser utilizada depois de passar por um processo de clorificação ou o uso de tabletes de iodo a fim de eliminar as bactérias.

4. CONCLUSÕES

- (i) os objetivos almejados inicialmente foram alcançados, filtramos a água;
- (ii) Entretanto, o tratamento do efluente utilizando o filtro, em alguns pontos, não mostrou total eficácia sendo que a finalidade era chegar a Classe 2 dos parâmetros de qualidades;
- (iii) com o estudo realizado em cima dos resultados das análises, concluímos que obtivemos a Classe 3 do parâmetro de qualidade, que destina água de reuso para usar em descargas de vasos sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** SET 1997. Disponível em http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf. Acessada em 01/03/2016 às 11: 12.

ALMEIDA, Rogério de Araújo; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva; REIS, Ricardo Prado Abreu. **TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ZONA DE RAÍZES PRECEDIDA DE TANQUE SÉPTICO.** REVISTA BIOCÊNCIAS, UNITAU. Volume 16, número 1, 2010. Disponível em periodicos.unitau.br.

BERTONCINI, Edna Ivani. **TRATAMENTO DE EFLUENTES E REUSO DA ÁGUA NO MEIO AGRÍCOLA.** Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. P. 152-169. Junho de 2008. www.apta.sp.gov.br

CETESB. L5.406. **COLIFORMES TERMOTOLERANTES: DETERMINAÇÃO EM AMOSTRAS AMBIENTAIS PELA TÉCNICA DE TUBOS MÚLTIPLOS COM MEIO A1 - MÉTODO DE ENSAIO.** Jun/2007.

DIAS, Gonçalo. Rama, Luis. **ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA A GESTÃO DE PISCINAS MUNICIPAIS.** *EFDeportes.com, Revista Digital.* Buenos Aires, Ano 19, Nº 191, Abril de 2014. <http://www.efdeportes.com/>.

NOSÉ, Daniel. **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS.** Trabalho de conclusão de Curso. São Paulo 2008.

SELLA, Marcelino Blacene. **REUSO DE ÁGUAS CINZAS: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA EM RESIDÊNCIAS.** Porto alegre. 2011.

SIQUEIRA, R. S. 1995. Manual de microbiologia de alimentos. Brasília, São Paulo. 159p

SOUZA, Rosimeri Correa de; ISOLDI, Loraine Andre; OLIZ, Camila Mizette. **TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR FILTRO ANAERÓBIO COM RECHEIO DE BAMBÚ.** Vetor, Rio Grande, v.20, n.2, p. 5-19, 2010.