



Filtro lento intermitente como alternativa domiciliar ao tratamento de água utilizando-se rejeito de mineração como meio suporte

Andressa Gabriela Glusczak¹, Bruno Segalla Pizzolatti²

¹ Universidade Federal de Santa Maria (andressag.g@hotmail.com)

² Universidade Federal de Santa Maria (brunosegalla@me.com)

Resumo

O abastecimento de água potável é um tema que gera muita discussão e procura por alternativas, uma vez que grande parcela da população brasileira ainda não é atendida com água em quantidade e qualidade compatíveis para suas atividades básicas. Formas distintas à captação e ao tratamento convencional são utilizadas, com o intuito de minimizar a falta de abastecimento. O objetivo deste estudo é apresentar o monitoramento da eficiência de filtro lento intermitente, como forma de prover água tratada à nível domiciliar que atenda à padrões vigentes de potabilidade para consumo. Foram confeccionados dois filtros: um utilizando camada suporte com rejeito de mineração (FCR), visando a destinação adequada destes, que quando em pilhas geram impactos ambientais negativos, e outro de controle com camada suporte de britas (FCB). O monitoramento da qualidade da água foi controlado através de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológico definidos pela Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Filtração lenta intermitente. Água de abastecimento. Tratamento doméstico.

Área Temática: Tecnologia Ambiental

Intermittent slow sand filter as an household alternative to water treatment using mining waste as underdrain gravel

Abstract

Water supply is a topic that causes a lot of discussion and search for alternatives, once a large part of the Brazilian population is still not served with quality and quantity water compatible for their basics activities Different forms to water abstraction and conventional treatment are used in order to minimize the lack of supply. The objective of this paper is to monitor the efficiency of intermittent slow filter, as a way to provide treated water ate household level, which aim the current potability standards for consumption. Two filters were built: one using mining waste as underdrain gravel (FCR), as an alternative to the current disposition in piles that causes negative impacts on the environment, and the other using traditional underdrain gravel (rocks) (FCB) as a control filter. Water quality monitoring was controlled by some physical, chemical and microbiological parameters defined by Health Ministry Ordinance no. 2914/11.

Key words: Intermittent slow sand filtration. Water supply. Household treatment.

Theme Area: Environmental Technology



1 Introdução

O tratamento de água visa melhorar a qualidade da água bruta, chegando a valores máximos permitidos (VMP) para atender à parâmetros físico-químicos e biológicos definidos pelos órgãos de saúde e agências reguladoras, afim de prover o abastecimento de água (DI BERNANDO, 2003; PÁDUA, 2009). No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre “os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2011). Apesar de o Brasil possuir cerca de 11,60% da água doce disponível no planeta, a distribuição se faz desigual entre as regiões, bem como para populações rurais, padecendo de tratamento adequado para consumo (PHILIPPI JR., MARTINS 2005).

Os processos de tratamento mais utilizados em pequenas comunidades, como solução coletiva ou domiciliar são também conhecidos como “point-of-use” (POU), ou seja, no “ponto do uso”, que segundo a USEPA (2006) sua utilização diz respeito somente à água utilizada no consumo direto (beber e cozinhar). Pizzolatti (2010) ressalta que para todos os sistemas (individuais, coletivos ou convencionais) a filtração lenta é uma alternativa ao tratamento dependendo do dimensionamento dos filtros, pois é um sistema simples, de fácil operação e que necessita produtos químicos apenas para desinfecção.

O BioSand Water Filter (BSF) é derivado da filtração lenta, visto que o processo de filtração utilizado é adaptado para operação intermitente, diferenciando-se da forma tradicional de operação em fluxo contínuo (MANZ, 2007). Segundo Manz (2007) o BSF foi desenvolvido com a finalidade de propiciar às comunidades desfavorecidas, quantidades de água suficientes, objetivando uma alternativa simples de POU e de baixo custo (PALMATEER, 1997). Este filtro deve operar sempre com pelo menos 5,00 cm de lâmina d’água, para favorecer a formação de uma camada biológica (chamada de *schmutzdecke*), no topo do meio filtrante, onde há um favorecimento da competição entre os microrganismos pelo substrato, acarretando na remoção dos mesmos (LIBÂNIO, 2010) (TOMAZ, 2009). A areia é meio filtrante mais usual e geralmente, suporta-se em uma, ou mais, camada de pedregulhos, cascalhos, britas ou seixos rolados, a qual leva o nome de camada suporte (LIBANIO, 2010).

No Rio Grande do Sul é onde estão as jazidas mais importantes e extensas de mineração de ametistas, juntamente com outras dos estados de Santa Catarina e do Paraná (JUCHEM, 1999). Segundo informações da COOGAMAI - Cooperativa de Garimpeiros do Médio e Alto Uruguai Ltda. (2016), o rejeito encontrado é de basalto típico da formação em que se encontram, porém com propriedades físicas afetadas pela gênese dos geodos de ametista, sendo ele mais “fraco”, e não muito utilizados para brita ou pedra de calçamento. Como consequência, o material é depositado em pilhas nas encostas localizadas próximas aos garimpos, as quais, além do impacto visual negativo, causam conflitos de uso do solo e impactos ambientais (encobrem cabeceiras de drenagem, supressão vegetal) (BERGMANN, HOFF e THEODORO, 2009; COOGAMAI, 2014). A extração de ametista na região gera um volume de rejeitos em torno de 25.000,00 – 30.000,00 t/mês.

O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência no tratamento de água de abastecimento para uso doméstico, através da filtração por alimentação intermitente, utilizando-se de comparação entre filtros de camadas suporte de rejeito de mineração e de brita comercial.

2 Metodologia

O estudo foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria no Campus de Frederico Westphalen/RS. A água do estudo provém de um lago artificial, escavado e abastecido com água de uma fonte e da chuva.



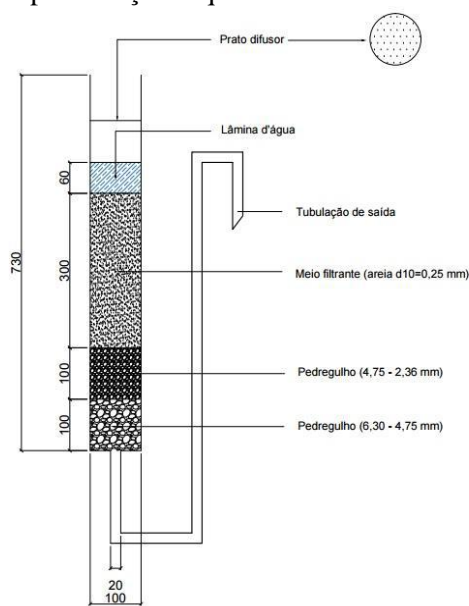
A areia, para ser utilizada como meio filtrante, foi submetida a ensaio granulométrico conforme ABNT NBR 7.181/84 para que a escolhida tivesse um diâmetro efetivo (d_{10}) de aproximadamente 0,30 mm como indicado por Manz (2007). Assim, o d_{10} foi de aproximadamente 0,25 mm e o coeficiente de uniformidade (d_{60}/d_{10}) 2,40. A porosidade total determinada foi de 26,00%.

Para o filtro controle, a camada suporte foi confeccionada com pedregulhos comerciais. O rejeito de mineração foi coletado na cidade de Ametista do Sul/RS, para o filtro de comparação. Após peneiramento foram selecionadas duas faixas granulométricas: 1) material passante na peneira de 6,30 mm e retido na peneira de 4,75 mm; 2) material passante pela peneira de 4,75 mm e retido em 2,36 mm, caracterizando ambos em pedregulho fino (diâmetros compreendidos entre 2,00 mm e 6,00 mm, (ALMEIDA, 2005)). A porosidade total da camada suporte foi determinada representando 40,00%.

No dimensionamento dos filtros, foi estipulado o diâmetro de 100 mm para o corpo de ambos, e por meio da taxa de filtração do estudo de base de Ahammed e Drava (2011), a taxa de filtração foi obtida e assim o volume adaptado. A vazão de alimentação (Q) calculada foi de 1,16 L/d e para fins práticos, o volume de água bruta para alimentação de cada filtro foi de 1,20 L diários. A Figura 1 apresenta o esquema dos filtros com as medidas adotadas.

Os parâmetros selecionados para avaliação das eficiências foram: turbidez, cor aparente, condutividade elétrica, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*, seguindo as metodologias indicadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Figura 1– Representação esquemática dos filtros de estudo.



Fonte: Autoria própria, (2016).

Nota: as medidas estão em mm.

3 Resultados

A caracterização da água foi realizada simultaneamente para água bruta (AB), e para as águas tratadas pela tecnologia de filtração lenta intermitente: filtro com camadas suporte de rejeitos de mineração (FCR) e o filtro com camadas suporte de britas (FCB).

Os valores encontrados para os parâmetros determinados demonstram que a AB não pode ser destinada ao consumo direto passando apenas por desinfecção (tratamento mínimo)



visto que os valores de VMP precisam estar em consonância com a Portaria 2.914/11. No caso do tratamento por filtração lenta, a turbidez determinada em 95% das amostras deve ser menor ou igual a 1,00 uT, quando destinada ao consumo direto, e seguida de desinfecção. Salientando que a turbidez da AB apresenta valor médio de 44,32 uT ($\pm 31,81$ uT), não é a recomendada para a filtração lenta que deve ser < 20 uT (MANZ, 2007). Outros valores são discutidos no decorrer dos parâmetros determinados.

3.1 Parâmetros físico-químicos

Decorridos 20 dias de operação dos filtros, houve diminuição da turbidez em FCR e FCB em relação à água bruta, em que os resultados mantiveram-se próximo ou reduzindo, evidenciando o período de aclimação dos filtros, compreendido entre os dias 29/mar a 06/mai, representado no gráfico da Figura 2.

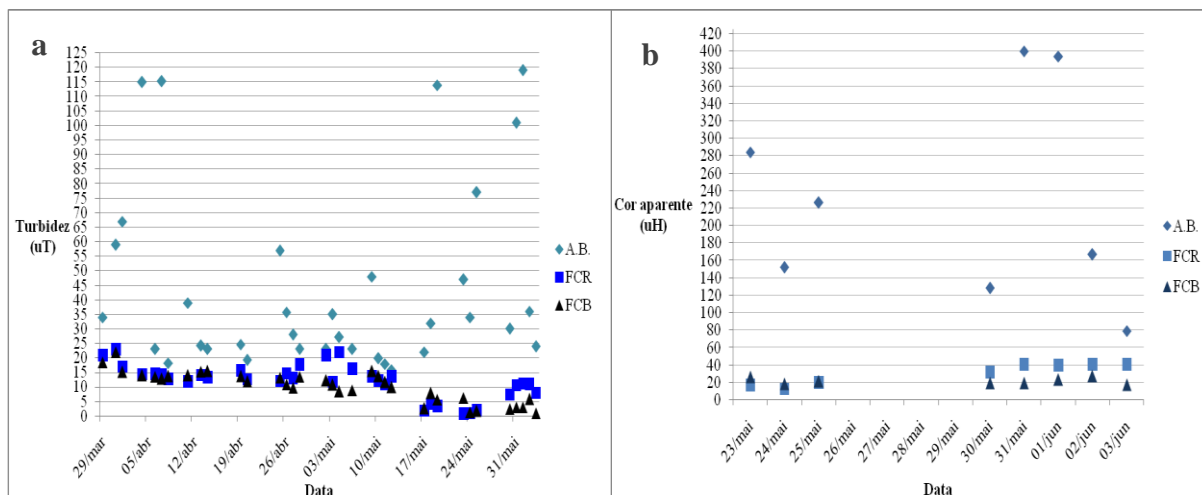
Na Figura 2a também é possível acompanhar a evolução da turbidez em que após FCR apresentar baixos valores, no período compreendido entre 17/mai e 30/mai com redução de até 97,93% (AB= 47,00 uT e FCR= 0,97 uT), o parâmetro teve nova elevação depois do período de dois meses, mantendo-se em uma faixa de 7,50 - 11,20 uT, com média de 11,62 uT entre os dias 31/mai à 03/jun, o que tem relação direta com a oscilação acentuada da qualidade da água bruta (faixa de 24uT a 119uT). O FCB não chegou a apresentar turbidez abaixo de 1,00 uT, a média dos valores determinados durante todo o estudo de 10,30 uT. Porém, após dois meses de monitoramento, os valores de turbidez se mantiveram na faixa de 1,01 - 6,30 uT, que condiz com a estabilização do filtro (período de 23/05 a 03/06), visto que os valores tiveram pouca oscilação. Com base na média de turbidez da AB ($44,32 \pm 31,81$ uT) como forma de comparação com a média do FCR ($12,22 \pm 5,76$ uT) e a média do FCB ($10,30 \pm 5,28$ uT) a remoção da turbidez na água filtrada se deu, respectivamente, em 72,43% e 76,76%. Assim, pode se inferir que a causa provável da redução não ser elevada é o elevado desvio padrão da qualidade da água bruta, e por consequência, a água tratada não atinge o limite de 1 uT em 95% das amostras, como solicita a Portaria 2.914/11 para potabilidade.

Duke et al. (2006) apresentaram valores de redução de turbidez de 6,20 uT na água bruta a 0,9 uT na água filtrada, aplicada em residências, aceitável aos padrões de água potável. Já o estudo de Elliott et al. (2006) obteve porcentagens de remoção parecidos com o BSF desta pesquisa, AB de 4,5 uT e filtrada após 30 dias de operação de 1,05 uT representando a porcentagem de remoção em 76,67%. Ambos os estudos utilizaram turbidez próxima a uma unidade, o que reforça a limitação citada por Manz (2007), para efetividade da filtração.

Durante o monitoramento da cor aparente apenas uma amostra do FCR apresentou valor abaixo do VMP segundo a Portaria 2914/11 (15,00 uH), chegando a 13,00 uH. Nesta mesma amostra a turbidez determinada foi de 1,04 uT, evidenciando a relação direta dos parâmetros cor aparente e turbidez, no período de 23/maio a 03/jun já que ambos mantiveram-se na mesma proporção de variação durante o monitoramento (Figura 2b). A cor aparente oscilou durante o estudo e permaneceu com média de 30,63 uH ($\pm 12,08$ uH) no FCR. A água tratada pelo FCB manteve-se com a cor aparente em média de 21,25 uH ($\pm 3,73$ uH). Comparando-se as médias obtidas nos filtrados e da AB, a remoção no FCR foi de 86,61% e no FCB de 90,71%, demonstrando valores elevados de redução de cor em relação á AB.



Figura 2 - Gráfico de variação da a) Turbidez e b) Cor aparente.



Fonte: Autoria própria.

Como pode ser verificado no gráfico da Figura 3a, a faixa de variação do pH, ficou entre 6,00 a 8,00, para AB ($6,81 \pm 0,32$), FCR ($7,27 \pm 0,17$) e FCB ($7,16 \pm 0,09$). Ambos os filtros tiveram variação em relação a água bruta, porém das 10 amostras, em 7 delas o FCR apresentou pH mais elevado que FCB. No estudo de Santos, Fioreze e Benatti (2016), onde a composição dos rejeitos de mineração provindos da cidade de Ametista do Sul/RS foi avaliada para aplicabilidade em solos como fertilizante agrícola, foi constatado o pH dos rejeitos do exterior da mina de $\approx 7,50$. Com isso, pode ser inferido que a água bruta passante, no FCR sofreu influência, uma vez que os valores de pH deste são superiores ao do FCB. Em ambos os filtros o parâmetro químico pH encontra-se dentro dos limites da Portaria do MS 2.914/11 que estabelece que o pH deve manter-se na faixa de 6,00-9,00 para abastecimento.

A determinação da condutividade elétrica em FCR apresentou valores elevados, chegando a $56,00 \mu\text{S}/\text{cm}$, com média de $48,64 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 7,62 \mu\text{S}/\text{cm}$), uma vez que a condutividade pode indicar uma rápida estimativa do conteúdo de sólidos e sais dissolvidos na solução (LIBÂNIO, 2010). No FCB a condutividade se manteve mais próxima da água bruta, ainda assim elevada, com média de $29,09 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 2,20 \mu\text{S}/\text{cm}$).

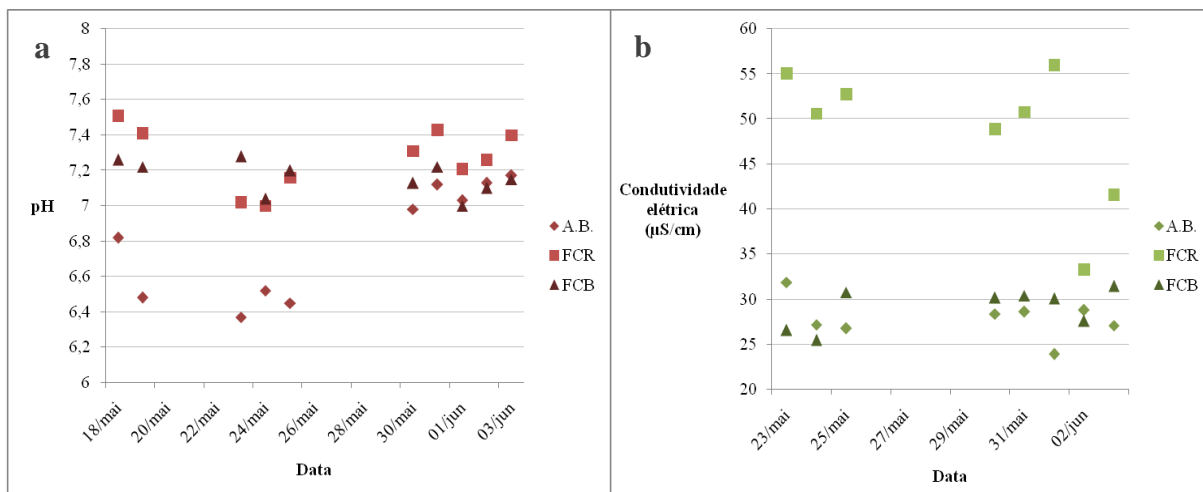
Valores de condutividade acima dos apresentados na água bruta também foram encontrados no trabalho de Coutinho, Araújo e Silveira (2015): os autores concluíram, a partir da observação dos valores de condutividade obtidos para água bruta ($20,00 \mu\text{S}/\text{cm}$), que a água filtrada por filtro em múltiplas camadas (areia, carvão ativado, brita, seixos rolados, mantas sintéticas), elevou-se para uma faixa de $60,00 - 40,00 \mu\text{S}/\text{cm}$, e atribuíram essa elevação aos íons das partículas em suspensão presentes na água, provenientes dos materiais utilizados no filtro. Assim, comparando com o FCB e o FCR, os íons presentes na água também podem estar contribuindo para elevação da condutividade elétrica. A Figura 3b apresenta o gráfico dos valores de condutividade elétrica obtidas no estudo.

A respeito da composição dos rejeitos de mineração, na cidade de Ametista do Sul/RS, Santos, Fioreze e Benatti (2016) encontraram em média $33,93 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Ca^{2+} , e $4,10 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Mg^{2+} , para rejeitos de mineração expostos à ação do tempo. Segundo Moraes e Freire (1974), a condutividade elétrica do solo se eleva com a mobilização de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , e levando em consideração os resultados do presente estudo e os estudos de composição dos rejeitos, é possível inferir que a elevação da condutividade em ambos os



filtros e principalmente no FCR, foi devido à presença de Ca^{2+} e Mg^{2+} nos rejeitos de mineração, porém não foi determinada a quantia presente de cada um dos elementos.

Figura 3 – Gráfico de variação de a) pH e b) Condutividade elétrica.



Fonte: Autoria própria.

3.2 Parâmetros biológicos

Para coliformes totais a AB apresentou 4060,00 NMP/100mL, e com base nesse valor, o FCR obteve redução de coliformes totais para aproximadamente 164,00 NMP/100mL, representando 95,96% de remoção, enquanto que o valor de FCB a redução chegou a cerca de 344,00 NMP/100mL, reduziu 91,53%. Porém, apesar da redução nos coliformes totais de ambos os filtros, estes não atingiram os valores em concordância com a Portaria MS 2914/11 em que, devem estar ausentes em 100 mL. Quanto à detecção de *E. coli*, a quantidade encontrada na AB foi de 50,00 NMP/100mL; na água filtrada, de ambos filtros, os valores ficaram abaixo do limite de detecção do método, não podendo ser detectados, indicando presença menor que 10,00 NMP/100mL. A redução dos patógenos se deu de forma positiva, porém ainda em desacordo com a legislação vigente.

4 Conclusão

A água tratada por ambos os filtros FCR e FCB não obteve variação significativa entre si nos parâmetros de qualidade da água monitorados. Todavia, apesar dos parâmetros turbidez, cor aparente, coliformes totais e *Escherichia coli* não atenderem aos VMPs da Portaria nº 2.914/11 do MS, a redução destes com relação à água bruta foi verificada. A qualidade da água bruta foi o fator de maior relevância que contribuiu para o não enquadramento da água tratada, bem como as variações por ela apresentadas. Assim, para que o filtro lento intermitente venha a se constituir de uma solução adequada, a água bruta deve apresentar turbidez recomendada para seu uso ($< 20,00$ uT). As vantagens da sua utilização são ligadas ao custo reduzido, fácil operação e manutenção, além do emprego de rejeitos de mineração na camada suporte, apresentando-se como uma alternativa viável e ambientalmente correta para sua destinação.



Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.181**: Solo – Análise granulométrica. Dezembro de 1984. 13p.
- AHAMMED, M. M. DAVRA, K. Performance evaluation of biosand filter modified with iron oxide-coated sand for household treatment of drinking water. **Desalination** v. 276, p. 287-293, Elsevier: Aug. 2011.
- ALMEIDA, G. C. P. de. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Apostila Solos. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** .21. ed. Washington: [s.n.], 2005. p. 1600.
- BERGMANN, M. HOFF, R. THEODORO, S. M. de C. H. **Rochagem**: viabilizando o uso sustentável dos descartes de mineração no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (DMAS), RS, Brasil. In: I Congresso Brasileiro de Rochagem. Cap. 15. 139-145p. 2009.
- BRASIL. **Portaria número 2.914 de 12 de dezembro de 2011 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasil: [s.n.]. 2011.
- COOGAMAI – Cooperativa de Garimpeiros do Médio e Alto Uruguai. **História**. 2014. Disponível em: < <http://www.coogamai.com.br/historia>>. Acesso em: 25 mai. 2016.
- COUTINHO, M. M., ARAÚJO, R. N. de., SILVEIRA, L. R. da. Utilização da filtração lenta para tratamento de água com variações da turbidez. **Revista eletrônica de educação da Faculdade Araguaia**, 8: p.146-155. 2015. Disponível em: <<http://www.faculdadaraguaia.edu.br/sipe/index.php/renefara/article/viewFile/369/artigo09>> . Acesso em: 21 jun. 2016.
- DUKE, W.F., *et al.* **The use and performance of BioSand filters in the Artibonite Valley of Haiti**: a field study of 107 households. Rural and Remote Health (online), 2006.
- ELLIOTT, M. A., *et al.* **Intermittently operated slow sand filtration for point of use water treatment**. In: MOESER, J. Safe Drinking Water: Where Science Meets Policy, 2006.
- JUCHEM, P. L. **Mineralogia, Geologia e Gênese dos depósitos de Ametista na Região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul**. 1999. 239p. Dissertação (Doutorado em Mineralogia e Petrologia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.
- MANZ, D. H. **BioSand Water Filter Technology**: Household Concrete Design. Apr. 30, 2007.



MORAES, J. F. V., FREIRE, C. J. S. **Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação.** Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., v. 9. p. 35-43. 1974.

PÁDUA, V. L. (Coord.). **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano.** Rio de Janeiro: PROSAB, ABES, 2009. p. 392.

PALMATEER, G. et al. **Toxicant and Parasite Challenge of Manz Intermittent Slow Sand Filter.** Sand Filter for Safe Potable Water. p. 217-225, 1997.

PHILIPPI JR., A., MARTINS, G. Águas de Abastecimento. In: PHILIPPI JUNIOR, A. (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente:** Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p. 117- 180.

PIZZOLATTI, B. S. **Estudo de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem.** 2010. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANTOS, E. P. dos, FIOREZE, M. BENATTI, M. E. Composição química e potencialidade do uso de resíduo de extração de pedra ametista como fertilizante agrícola. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 515–523.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Capítulo 15- Filtros lentos de areia intermitente e descendente. Dezembro, 2009. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo15.pdf>. Acesso em: 09 Mar. 2016.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Point-of-Use or Point-of-Entry Treatment Options for Small Drinking Water Systems** – EPA 815-R-06-010. Office of Water, apr. 2006.