



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 16 – Ano VIII – 10/2019
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Análise do oxidróxido de ferro e carvão ativado como meio filtrante para retenção de metais pesados em filtros de água potável

Rosanne Rodrigues Santos Maciel Gonçalves
Graduação em Engenharia Civil/UFVJM
Discente de Mestrado em Engenharia Civil/UFRGS
<http://lattes.cnpq.br/7615119023281459>
E-mail: santosrosanne@hotmail.com

Prof. Dr. Cristiano Agenor Oliveira de Araújo
Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos
Pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Campus do Mucuri.
<http://lattes.cnpq.br/8015054807690894>
E-mail: cristianoagenor@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Márcio César Pereira
Doutorado em Química/Físico-Química pela Universidade Federal de Minas Gerais
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Campus do Mucuri.
<http://lattes.cnpq.br/7301816691261201>
E-mail: marcio.pereira@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Jairo Lisboa Rodrigues
Doutorado em Toxicologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas
de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo (FCFRP-USP)
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Campus do Mucuri.
<http://lattes.cnpq.br/3747106487460025>
E-mail: jairo.rodrigues@ufvjm.edu.br

Resumo: As Estações de Tratamento de Água existentes no mercado oferecem um sistema de purificação da água disponível à população para consumo, onde o mesmo foi responsável pela diminuição e/ou erradicação de várias doenças advindas da contaminação da água. Porém, em razão de acidentes ou motivos adversos, essa água, que posteriormente será destinada a população para consumo, pode se contaminar com substâncias que os filtros instalados nas Estações de Tratamento não consigam reter. Substâncias tóxicas à saúde humana, como Arsênio, Cobre e Zinco foram detectadas em amostras de água coletadas no Rio Doce, nas redondezas de Governador Valadares, Minas Gerais. Esta água sofreu esta contaminação em consequência do rompimento da barragem de rejeitos em Mariana, Minas Gerais, em Nov/2015, sendo esta empresa pertencente à empresa Samarco. Buscou-se, por meio de um oxidróxido de Ferro (δ -FeOOH), uma alteração nos filtros convencionais, a fim de implementar uma camada contendo este material que fosse capaz de reter a maior quantidade possível destes metais pesados, que apresentam riscos à saúde humana. No processo, utilizou-se um filtro a base de oxidróxido de Ferro e carvão ativado. Encontrou-se valores reduzidos de metais à medida que a camada de oxidróxido aumentava. Desta forma foi possível demonstrar a viabilidade da utilização do novo material no processo de retenção dos metais pesados.

Palavras-chave: Filtração. Tratamento de água. Metais pesados. oxidróxido de Ferro. Filtração em múltiplas etapas.

Introdução

Graças aos vários métodos de purificação e tratamento de água desenvolvidos até os dias atuais, o ser humano foi capaz de tratar, diminuir e até erradicar diversas doenças que causavam mal a sociedade. Segundo Engelhardt (2010) as primeiras evidências relacionadas ao tratamento de água para o consumo humano datam de 4000 anos atrás.

A filtração é usada para separar sólidos em águas através de sua passagem em um meio poroso. O sistema mais comum para tal procedimento é a filtração utilizando camadas de Carvão antracito, areia fina e pedregulho. Porém, o processo de filtração vem se atualizando e utilizando vários meios filtrantes diferentes (GROCHULSKA et al., 1982).

Partindo do problema de que filtros convencionais, seja ele de filtração rápida ou lenta, com filtração dupla ou em múltiplas etapas, não conseguem a remoção de metais pesados, é que este trabalho foi desenvolvido. Análises de amostras de água coletadas do Rio Doce por pesquisadores da Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri - campus Mucuri apontam índices de contaminação por Arsênio, Manganês e Chumbo acima do permitido pela legislação brasileira em decorrência de um acidente. Nestes filtros convencionais, segundo informações da COMUSA (Serviço de Água e Esgoto de Novo Hamburgo) (2016), consegue-se a remoção das partículas mais leves e finas, que não foram removidas na etapa de decantação, sendo este o processo final de remoção de impurezas na estação de tratamento.

A construção de um filtro para remoção de metais pesados partiu de um problema que aconteceu em Mariana/MG, onde um rompimento da Barragem da Samarco, em novembro de 2015, derramou os rejeitos gerados pelo processo de mineração no Rio Doce. O Rio Doce é responsável por abastecer estações de tratamento de água na região.

Em resposta a esta deficiência dos filtros em não conseguirem realizar a remoção dos metais pesados, foi desenvolvido um filtro a base de oxidróxido de Ferro (δ -FeOOH) e o mesmo encontra-se em estudo por pesquisadores da UFVJM. Neste projeto, o filtro desenvolvido tem potencial para ser implementado em ETA sem a necessidade de grandes alterações nos filtros já existentes no mercado, havendo apenas a adição de uma camada do novo material para remoção de metais tóxicos, o oxidróxido de Ferro, denominado Nanomat.

Devido à eficiência do oxidróxido de Ferro na remoção destes metais, as principais finalidades deste trabalho foram a constatação da remoção ou não dos metais pesados pelo oxidróxido de Ferro e também a determinação da espessura necessária para a camada deste material.

Este trabalho foi relevante devido às Estações de Tratamento de Água (ETA) no Brasil não possuírem tecnologias para remoção de metais tóxicos da água de forma eficiente, como Arsênio, Chumbo, Mercúrio e Cromo. O desenvolvimento de tecnologias para remover estes metais da água para uso humano ou animal é de fundamental importância.

Diante desta situação, foi efetuada a construção de vários filtros denominados Filtro Nanomat, a fim de encontrar um modelo que consiga sanar o problema dos metais pesados em águas.

Objetivos

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um filtro que tenha a capacidade de remoção de metais pesados de águas residuais, com potencial aplicação em uma ETA.

Objetivos específicos

- Construir um filtro que tenha a capacidade de remoção de metais pesados de amostras coletadas no Rio Doce;
- Testar experimentalmente os materiais a constituir o filtro construído, denominado Filtro Nanomat;
- Determinar a espessura mais adequada para a camada de oxidróxido de ferro;
- Analisar os resultados e verificar a possível implantação em uma ETA.

Revisão de Literatura

Tratamento de água

O tratamento de água tem fundamental importância para a sociedade humana moderna. Hoje em dia ele é regulamentado por leis federais, estaduais e municipais que determinam os padrões de qualidade da água para consumo residencial, independente de qual for a sua finalidade. A lei federal nº 9.433 de janeiro de 1997 é a principal medida legislativa que regulariza os padrões de qualidade da água no Brasil (BRASIL, 2016). No Brasil há ainda uma quantidade de pessoas considerável sem acesso à água tratada, segundo o site Trata Brasil (2015) cerca de 17,5% da população ainda não tem acesso a este serviço que é considerado um direito fundamental do ser humano. Por esse motivo os estudos para a evolução dessa área são de extrema importância para o desenvolvimento de toda a sociedade.

As ETA são um método muito eficaz para a purificação da água e são usadas em larga escala para o tratamento de água nas cidades atualmente, por exemplo, segundo dados do site da SABESP (2016) o estado de São Paulo possui 214 estações em todo seu território que fornece água para os cerca de 41,2 milhões de habitantes do estado (IBGE, 2010).

A filtração

A filtração é um dos principais processos de purificação de água existente. Uma simples definição de filtração é dada por Slotee et al. (2004) como sendo o processo de tratamento de água que envolve a remoção de partículas suspensas passando-a por um meio poroso. Outra definição sucinta é disposta por Cheremisinoff (1998), afirmando que filtração é um meio efetivo de remover baixas quantidades de sólidos de águas residuais, onde a variação granulométrica dos sólidos é baixa e o filtro pode ser limpo regularmente.

A filtração corresponde a uma importante etapa no processo de tratamento de água, de acordo com Engelhardt (2010), o filtro é um equipamento absolutamente essencial para a saúde pública, desde que operado de forma correta e cuidadosa. Por ser objeto principal do estudo em questão, serão apresentados os principais processos de filtração, onde a escolha de cada método está relacionada com as características e necessidades de cada estação de tratamento.

Filtração por meios granulares

A filtração por meios granulares é a técnica de filtragem mais comum de águas residuais (CHEREMISIOFF, 1998). De acordo com Slotee (2004), os filtros de meios granulares são usados para remover materiais em suspensão, sendo a remoção máxima inferior a 90% do total de sólidos suspensos. Ainda segundo Slotee (2004) os filtros granulares podem ser feitos de uma variedade de materiais, como aço, concreto, fibra de vidro, entre outros, e o meio filtrante é selecionado e dimensionado de acordo com a eficiência desejada para o filtro. Engelhardt (2010) cita que existem vários tipos de filtros granulométricos, como fluxo ascendente, fluxo descendente, filtração cruzada, dupla filtração, filtração lenta, filtração rápida e filtração em múltiplas etapas, sendo as três últimas as mais comuns. A seguir é apresentado um pequeno resumo acerca do funcionamento dos principais tipos de filtros granulométricos.

Filtração Lenta

Como o próprio nome sugere, a Filtração Lenta ocorre com um maior intervalo de tempo em comparação às demais. De acordo com Engelhardt (2010), a taxa aproximada deste tipo de filtração é 0,05 gal/ ft²/ min, o que equivale à 2,037 L/ m²/

min. Ainda segundo Engelhardt (2010), este tipo de filtro deve ser construído com terra ou concreto, na forma de uma caixa retangular.

Suas vantagens e desvantagens, de acordo com Engelhardt (2010) e Murtha (2016) são as seguintes: como vantagens, pode-se citar uma boa filtração; alia a simplicidade operacional à alta eficiência; a redução de utilização de produtos químicos, através de uma camada autotrófica formada na superfície para uma limpeza biológica, que é capaz de destruir ovos de helmintos, bactérias e alguns vírus; não exige um conhecimento muito amplo para sua aplicação; além de baixos custos de instalação e manutenção. Como desvantagem, possui uma taxa lenta para filtração; necessita de uma grande área de instalação; de um tempo considerável para limpeza e manutenção do mesmo; e, por último, precisa já receber uma água em bom estado, para assim, minimizar a necessidade de limpeza do filtro.

Filtração Rápida

Segundo publicado por Engelhardt (2010), a filtração rápida possui uma taxa de filtração de 2 gal/ ft²/ min, o equivalente a 81,5 L/ m²/ min, o que significa uma quantidade 40 vezes maior àquela proposta pela filtração lenta, descrita acima. Por apresentar uma rápida taxa de filtração, não possui a mesma aplicabilidade que o método anterior como, por exemplo, a formação da camada biológica protetora, sendo necessário, algumas vezes, o uso de um coagulante químico antes da etapa de filtração.

Uma grande vantagem neste método de filtração é descrita por Heller et al. (2004), que afirma uma alta eficiência do método na remoção de protozoários dos efluentes. Outras vantagens, de acordo com Engelhardt (2010), é a utilização de uma pequena área para instalação e um menor emprego de mão-de-obra na operação, consistindo um processo automático. Possui ainda um automático sistema de limpeza, conhecido como *backwash*.

As desvantagens citadas por Engelhardt (2010) são: um processo não muito eficiente de filtração necessita de uma constante limpeza, que requer uma quantidade significativa de água tratada para o mesmo, além de requerer um alto nível de conhecimento e mais treinamento para sua instalação e manutenção.

Dupla Filtração

A taxa de filtração neste método, ainda segundo Engelhardt (2010), consiste em 2 gal/ ft²/ min, o equivalente a aproximadamente 204 L/ m²/ min. Com isso o volume de sólidos que ficam grudados na cama de areia é muito maior que na filtração rápida. Graças a essa quantidade de sólidos maior, que ficam armazenados na cama de areia, o tempo que o filtro trabalha sem manutenção é menor, reduzindo bastante os custos com energia e limpeza do mesmo.

Segundo Di Bernardo (2004) a dupla filtração é caracterizada pelo uso de duas filtragens, a filtração direta ascendente precedendo a filtração direta descendente. Ainda de acordo com Di Bernardo (2004), as principais vantagens do processo de Dupla Filtração são o tratamento de água de pior qualidade; as taxas de filtração elevadas; maior segurança operacional em relação as variações da água bruta; e a maior remoção de microrganismos. Já Engelhardt (2010) destaca como vantagens da Dupla Filtração a necessidade de menores áreas de uso, a limpeza automática utilizando a retrolavagem, entre outras.

As desvantagens citadas por Engelhardt (2010) são que os níveis de conhecimento do operador e a manutenção do equipamento devem receber bastante atenção durante a operação, além do uso de coagulantes químicos no processo.

Filtração em Múltiplas Etapas

O filtro em múltiplas etapas é o que possui a maior taxa de filtração entre os quatro modelos apresentados. A informação é dada por Engelhardt (2010), que define uma taxa de 7 gal/ ft²/ min. Convertendo, temos uma taxa de 285 L/ m²/ min. O autor ainda relata o filtro como uma junção de camadas, que consistem de 45-60 cm de Carvão antracito, com uma camada acima de 30 cm areia sílica, e uma terceira camada de pedregulho.

A quantidade de rejeitos armazenados pelo modelo é maior que a capacidade apresentada pelo modelo citado acima, com a dupla camada de filtração.

Engelhardt (2010) afirma que uma má operação no filtro pode facilmente prejudicar o design e a capacidade de filtração do material, causando uma deficiência na qualidade do efluente.

De acordo com Di Bernardo *et al.* (2004), a filtração em múltiplas etapas é simplesmente uma sequência de filtragens que promovem uma remoção progressiva de substâncias sólidas; e o princípio básico do processo é que cada etapa de filtração condiciona o efluente adequadamente para a filtração posterior.

Filtração cruzada

Filtração cruzada é, segundo Ferreira e Massarini (2005) apud Araújo (2010), resultado de um escoamento axial de um material em suspensão através de um duto constituído por paredes feitas de material filtrante, onde ocorre a formação de um depósito gerando um filtrado que percola através da parede. Marinnacio *et al.* (1989) descreve o processo de filtração cruzada como a filtração de um líquido comprimido circulando em um líquido tangencial sobre uma membrana polimérica orgânica de micro poros.

De acordo com Rippeger (2002) apud Ferreira e Massarini (2005), a filtração cruzada é aplicada na indústria como clarificante de suspensões e na concentração de suspensões em uma larga faixa de aplicações que empregam a tecnologia das membranas. Segundo Araújo (2010) outras aplicações da filtração cruzada em engenharia são: a separação sólido-líquido, purificação da água, na indústria da clarificação de efluentes, no processamento de alimentos, e operações de perfuração.

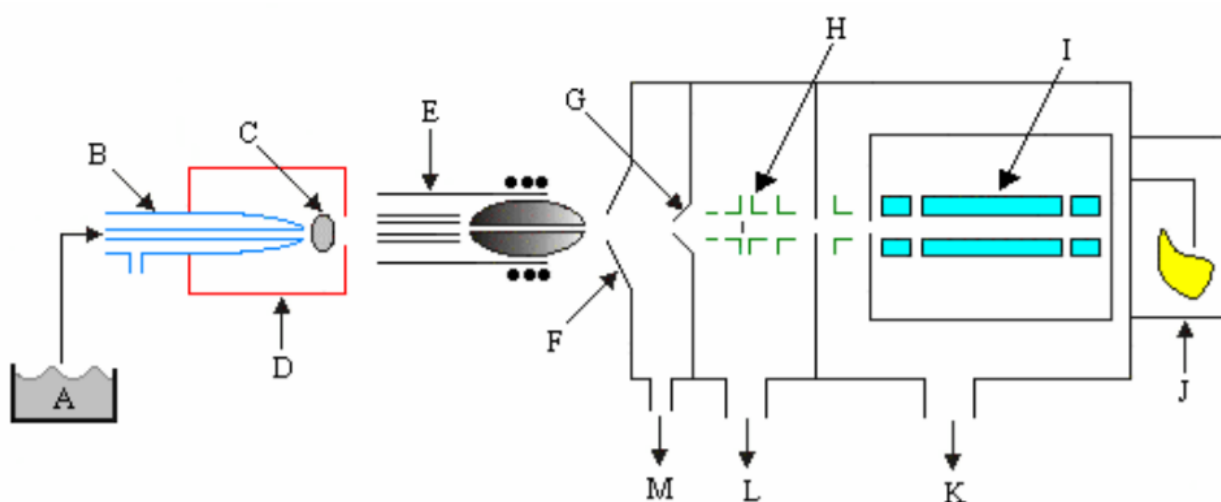
ICP-MS

Existem algumas técnicas analíticas para a determinação de metais em amostras, sendo a Espectrometria de Massas com Plasma Acoplado Indutivamente (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry – ICP-MS) uma das mais confiáveis. Na concepção de Flament (2002) apud Rodrigues (2010), a técnica ICP – MS apresenta várias vantagens, dentre elas estão o fato de possibilitar a análise multielementar, com elevada sensibilidade e alta taxa de amostragem. O espectrômetro utilizado na análise deste trabalho foi o NexION 350 ICP – MS, que, segundo o próprio manual, tem a capacidade de obter até 100.000 resultados por segundo e uma completa caracterização de nanopartículas, além de oferecer uma interface de operação simples (PERKIMELMER, 2016).

De acordo com Santos (2007), o espectrômetro é composto por 5 partes principais, estando elas listadas abaixo, e sua representação é apresentada na Figura 1:

- Sistema de introdução de amostras;
- Fonte de íons (ICP);
- Interface (Focalização);
- Sistema Analisador;
- Sistema de detecção de íons.

Figura 1 – Esquema do ICP – MS convencional



Onde: A – Amostra líquida; B – Nebulizador; C – Aerossol; D – Câmara de nebulização; E – Tocha de ICP; F – Cone do amostrador; G – Cone Skimmer; H – Lentes iônicas; I – Analisador de massa; J – Sistema de detecção; K e L - Bombas de vácuo turbo molecular; e M – Bomba de vácuo mecânica.

Fonte: Santos (2007).

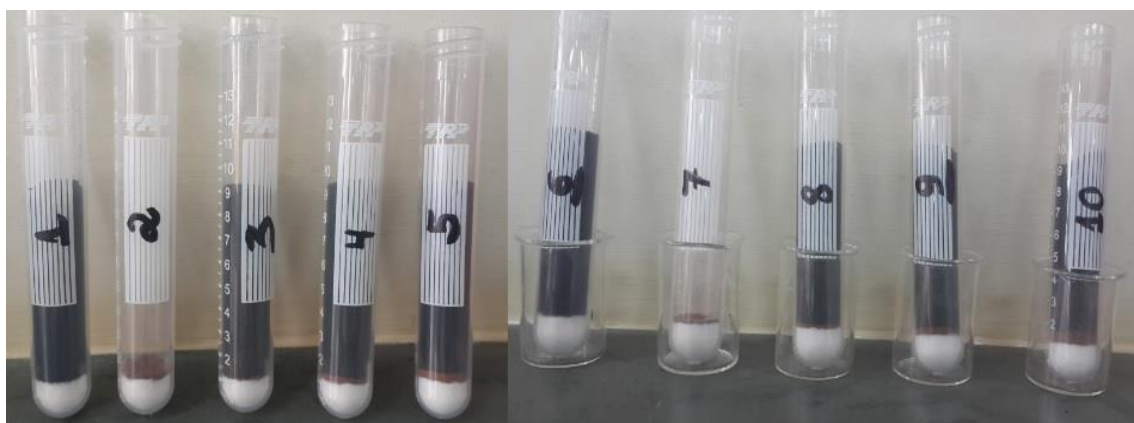
O funcionamento do ICP – MS é baseado na atomização e ionização de elementos através de uma fonte de alta temperatura, no caso um plasma acoplado indutivamente. Segundo Rodrigues (2010), o plasma é formado numa tocha de quartzo, sustentado por um fluxo externo chamado de gás de “plasma” introduzido tangencialmente a tocha, enquanto um fluxo de gás auxiliar na parte central é usado para manter o plasma afastado das laterais da tocha de quartzo. Uma terceira fonte de gás, que é conhecida como gás nebulizador, transporta a solução de analito para o plasma. Uma fonte de radiofrequência de 27,12 ou 40,68 Mhz é acoplada no topo da tocha para formar campos elétricos e magnéticos na mesma. Uma faísca então, é utilizada para produzir elétrons que são acelerados vetorialmente pelos campos elétricos e magnéticos gerando energia suficiente para a formação do plasma, e

depois de sucessivas colisões que causam novas ionizações fazem com que o plasma se torne autossustentável (SUTTON e CARUSO, 1999 apud RODRIGUES, 2010). Ainda de acordo com Rodrigues (2010) e endossado por Barbour (2011), a forma mais utilizada para a introdução de amostras é a líquida, pois nesta fase a amostra apresenta vantagens de homogeneidade, facilidade de manipulação e disponibilidade para criação de soluções padrão para calibração. O sistema de introdução mais comum é formado por uma bomba peristáltica, um nebulizador pneumático e uma câmara de nebulização. Depois do processo de nebulização, o aerossol formado anteriormente passa rapidamente por um processo de dessolvatação (para separar os solventes), vaporização, atomização e ionização. Assim o ICP pode extrair íons macro carregados do plasma e transportá-los para o espectrômetro de massas usando uma bomba de vácuo de múltiplo estágio. Então os íons passam por mais algumas etapas com variações de pressão até serem focalizados diretamente para o caminho do analisador de massas, onde então os íons são separados segundo a razão massa/carga.

Materiais e Métodos

Os filtros foram constituídos por uma camada de algodão, camada de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado. A Figura 3 apresenta como ficou a estrutura dos filtros.

Figura 3 – Estrutura dos Filtros



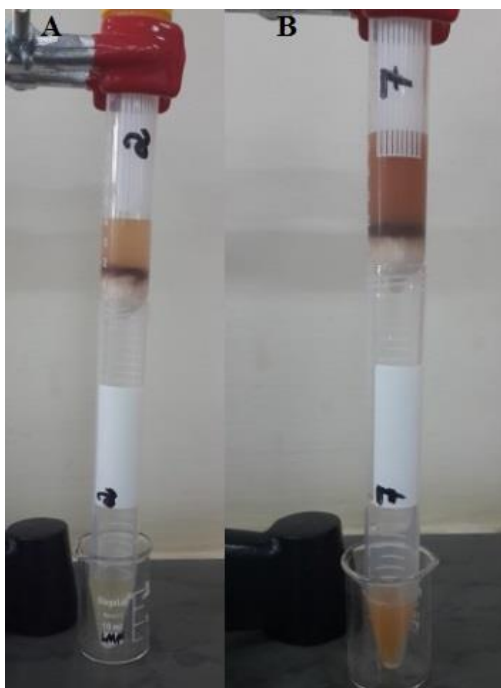
Assim, foram construídos um total de 10 (dez) filtros, sendo estes:

- 1- Carvão Ativado com filtração de Solução Padrão;
- 2- 0,5 mm de oxidróxido de Ferro com filtração de Solução Padrão;

- 3- 0,5 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de Solução Padrão;
- 4- 1,0 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de Solução Padrão;
- 5- 2,0 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de Solução Padrão;
- 6- Carvão Ativado com filtração de água suja do Rio Doce;
- 7- 0,5 mm de oxidróxido de Ferro com filtração de água suja do Rio Doce;
- 8- 0,5 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de água suja do Rio Doce;
- 9- 1,0 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de água suja do Rio Doce;
- 10- 2,0 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, com filtração de água suja do Rio Doce.

A Figura 4A mostra a passagem da Solução Padrão pelo filtro contendo 0.5 mm de oxidróxido de Ferro, enquanto a Figura 4B mostra a passagem da água suja do Rio Doce pelo filtro contendo 0.5 mm de oxidróxido de Ferro.

Figura 4 – Estrutura e Filtração com 0.5 mm de oxidróxido de Ferro



Na Figura 5, os materiais são filtrados apenas pelo Carvão Ativado, sendo a Figura 5A filtrada por Solução Padrão, e a Figura 5B pela água suja do Rio Doce.

Figura 5 – Estrutura e Filtração apenas com Carvão Ativado



Na Figura 6A, mostra a passagem da Solução Padrão pelo filtro contendo 2 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado, enquanto a Figura 6B mostra a passagem da água suja do Rio Doce pelo filtro contendo 2 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado.

Figura 6 – Estrutura e Filtração com 2 mm de oxidróxido de Ferro e Carvão Ativado



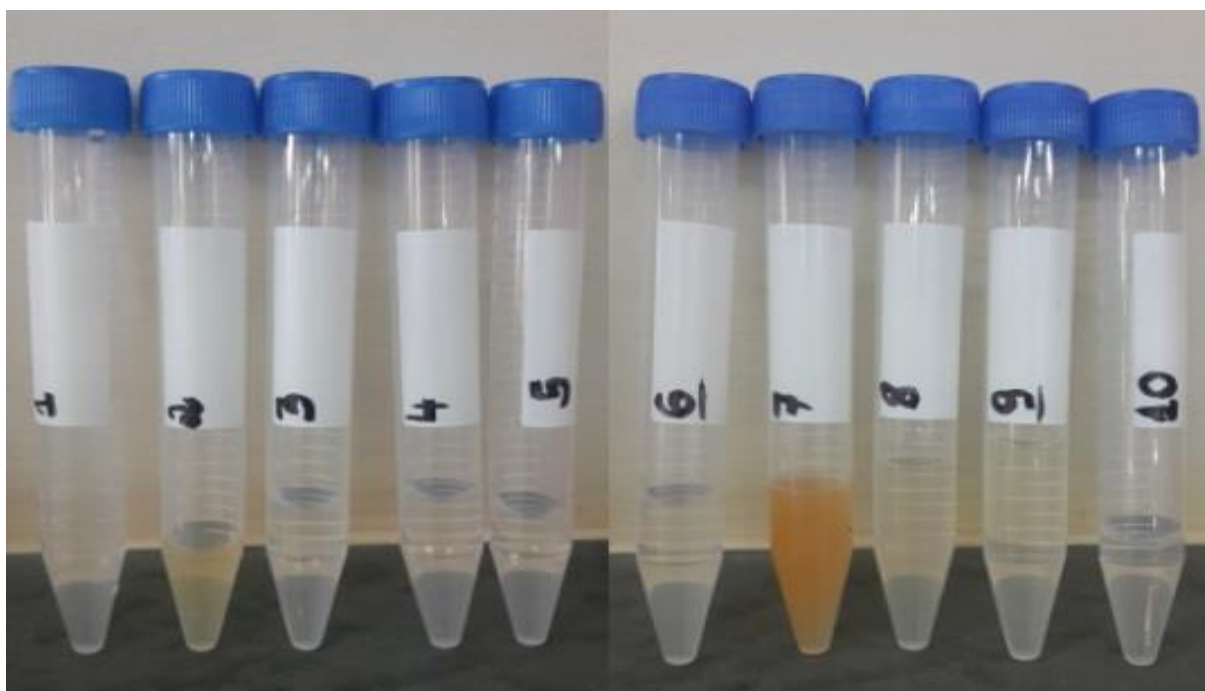
Nestas construções, foi pesado em uma balança de precisão a massa de Carvão necessária para completar uma camada de 5 cm, e depois esta mesma massa foi utilizada para todos. E para o oxidróxido de Ferro foi pesado a quantidade de massa necessária a uma camada de 0.5 cm, e para as demais espessuras multiplicou-se pelo fator correspondente.

Então, para o equivalente a 5 cm de Carvão Ativado foi-se necessário 3,410 g; para 0.5 cm de oxidróxido de Ferro contabilizou-se 0.06 g do mesmo; para 1 cm de oxidróxido de Ferro foi o valor encontrado para 0.5 cm multiplicado por 2, sendo 0,13 g; e para 2 cm de oxidróxido de Ferro tivemos o valor para 0.5 cm multiplicado por 4, obtendo 0,26 g.

Análises Coletadas

As dez amostras que percolaram os respectivos filtros foram analisadas. Na figura 7 pode-se comparar as amostras coletadas e já filtradas descritas acima.

Figura 7 – Comparação entre as amostras.

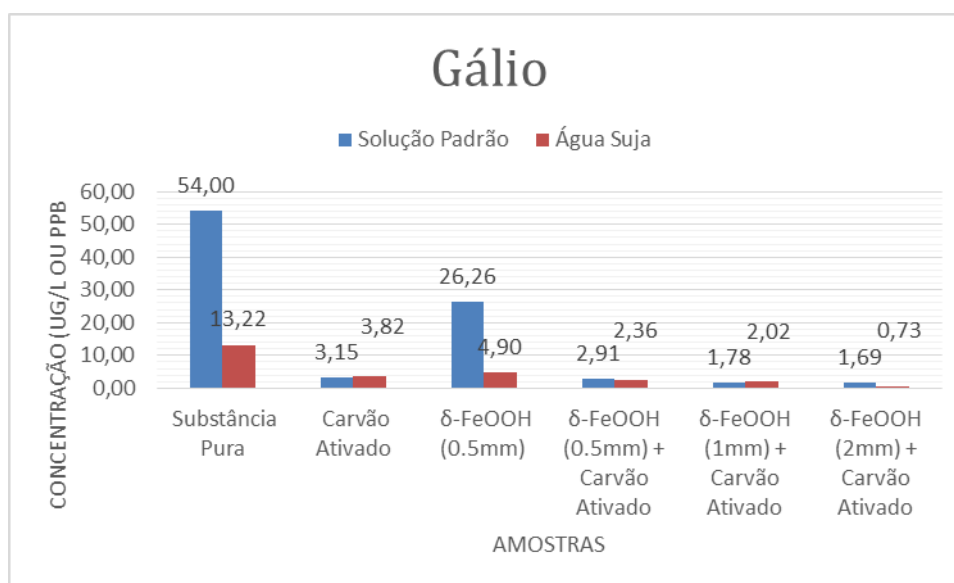


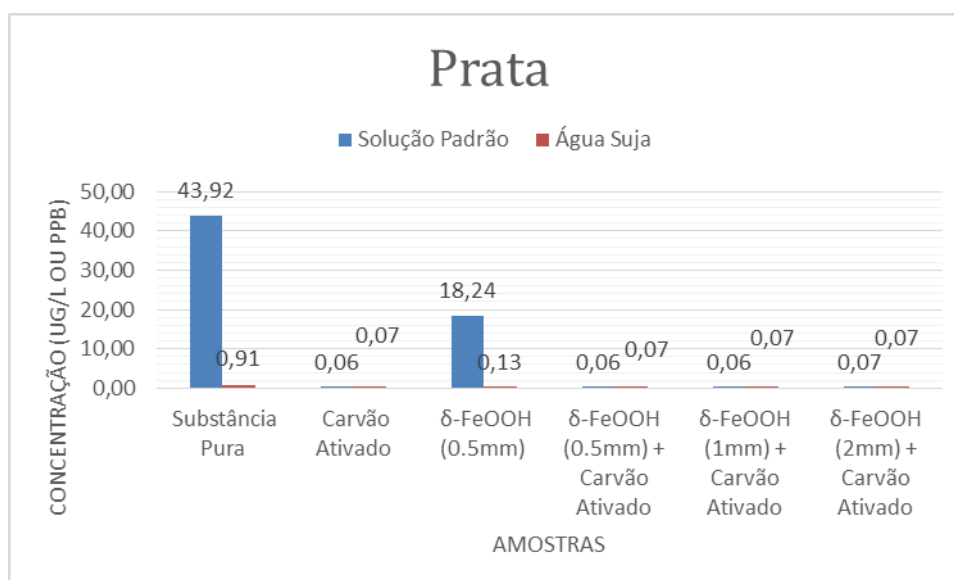
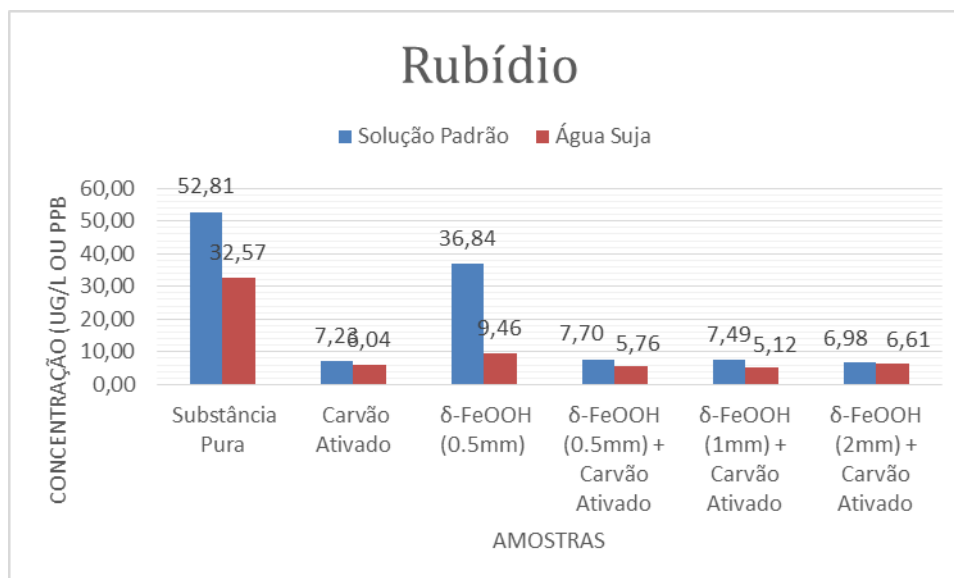
Resultados e Discussão

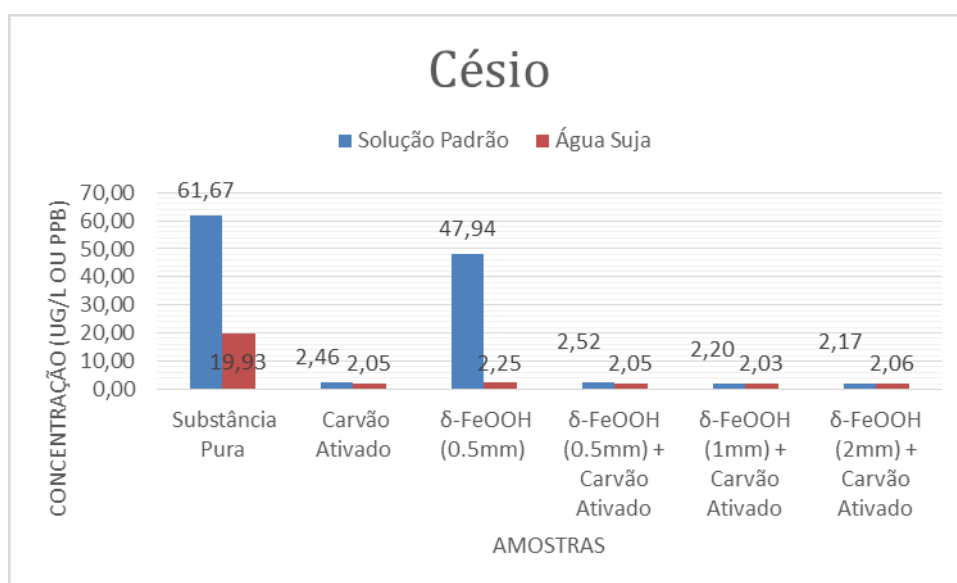
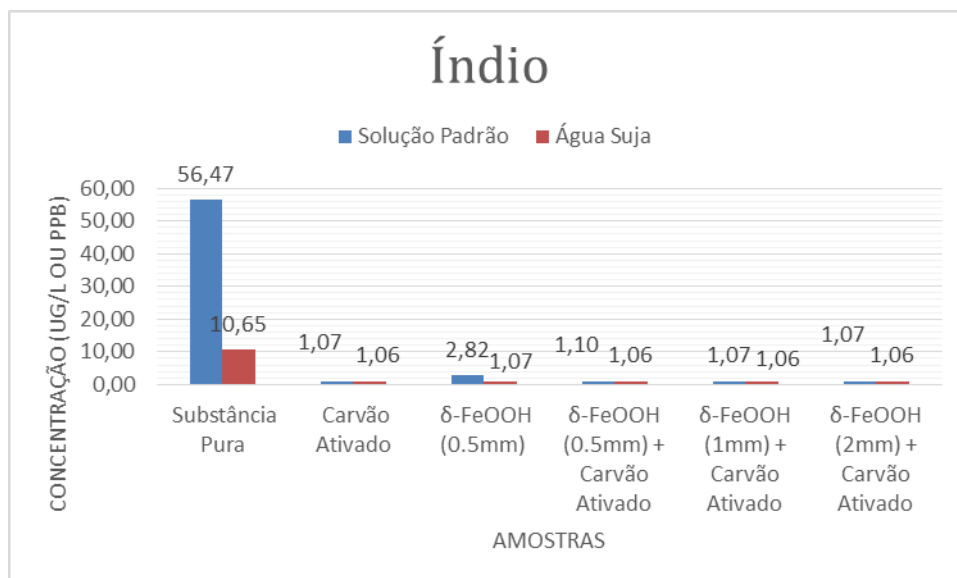
A análise pelo ICP-MS da Solução Padrão e da água suja coletada no Rio Doce foi realizada com o filtro constituído por Carvão Ativado, oxidróxido de Ferro ou ambos.

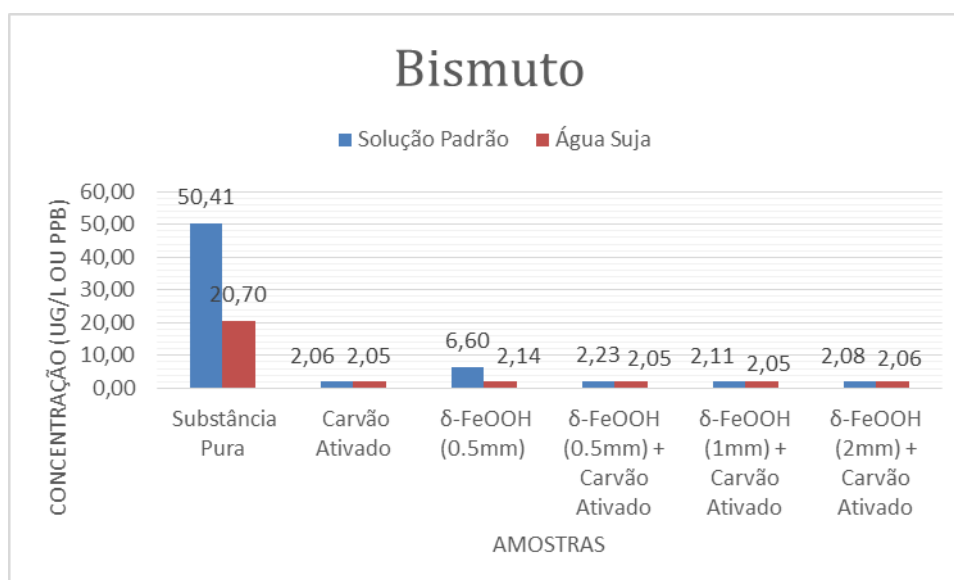
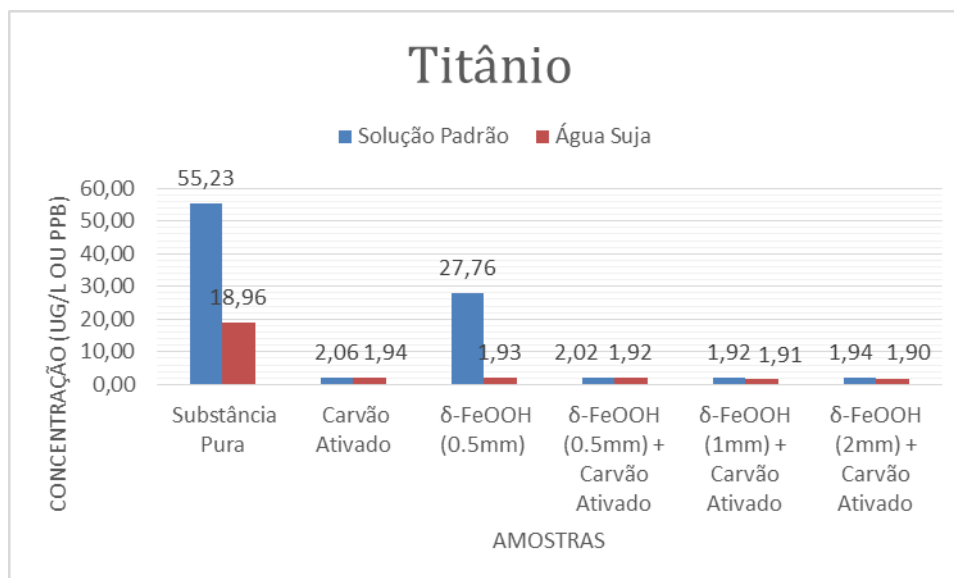
Para os elementos Gálio, Arsênio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio, ocorreu uma diminuição em suas concentrações tanto para Solução Padrão, quanto para a água suja, quando percolaram o filtro, conforme mostram os gráficos da Figura 8. No gráfico, é possível identificar de que material foi constituído o filtro que a solução percolou.

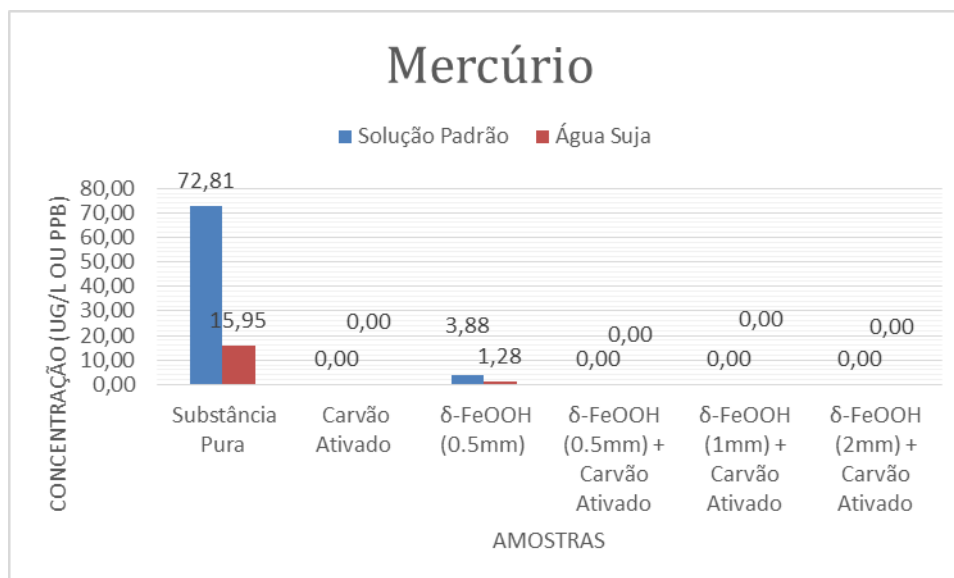
Figura 8 – Concentração de Alguns Elementos Após Filtração









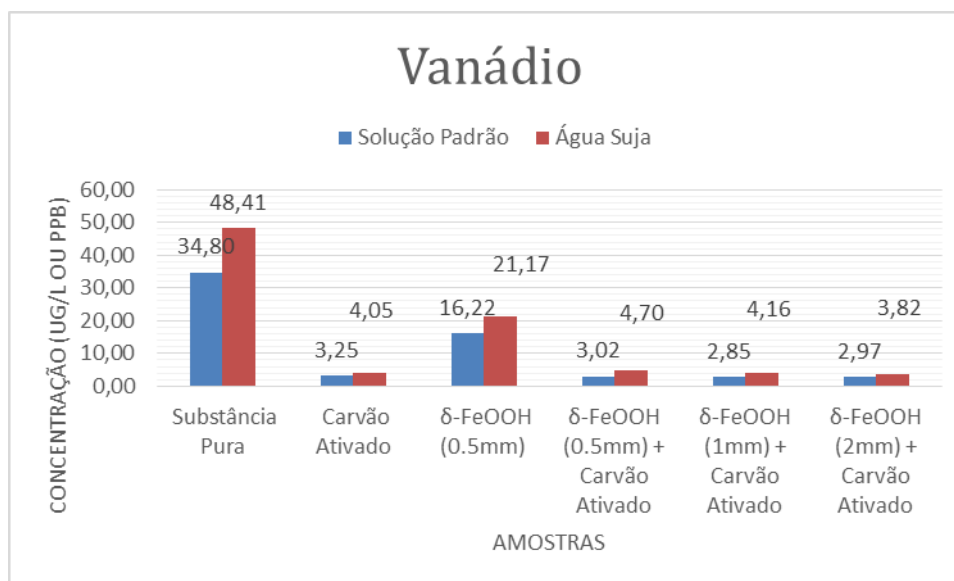
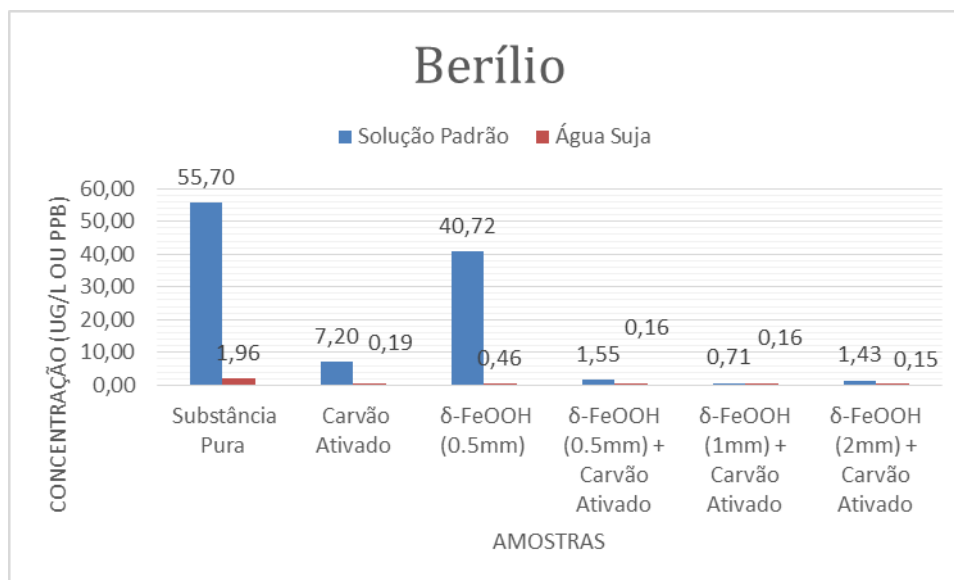


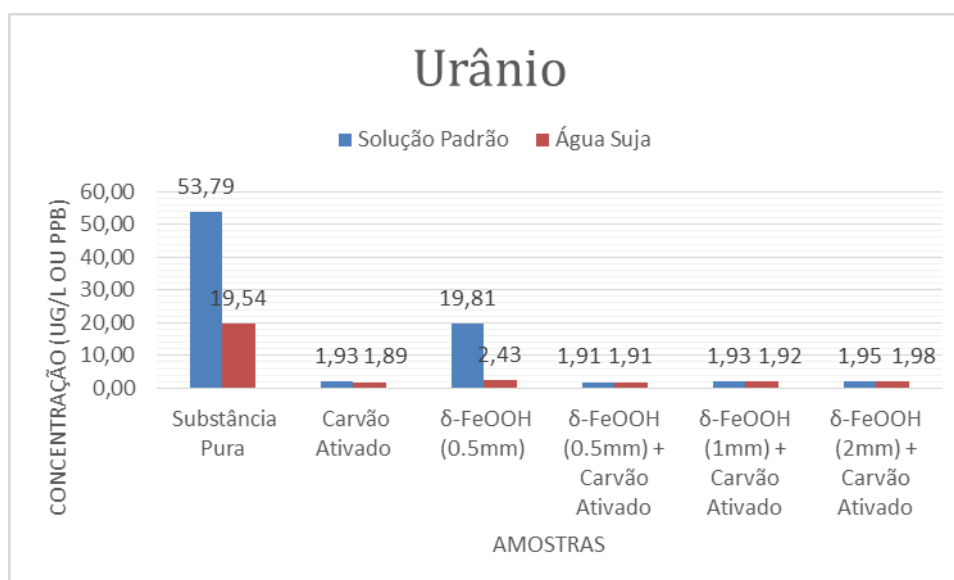
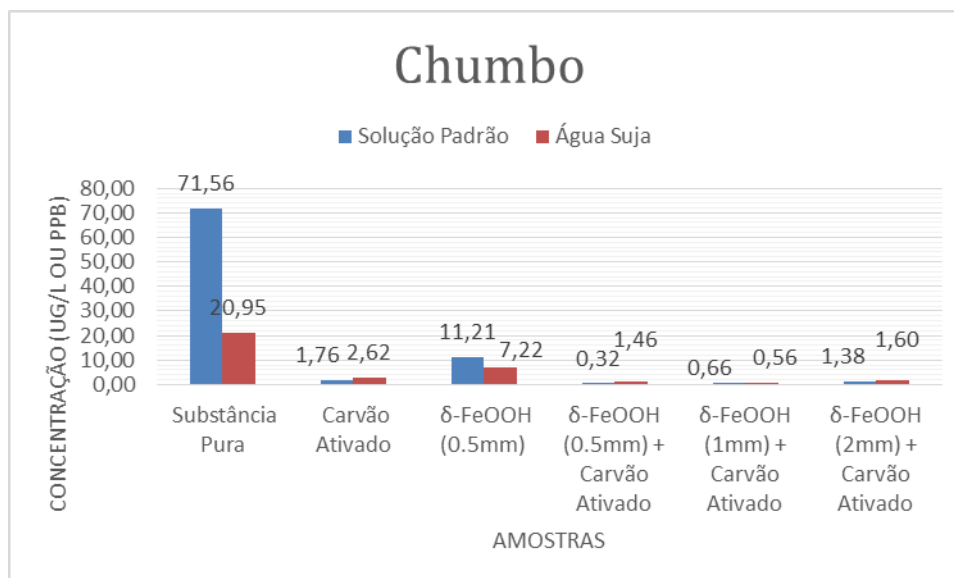
Foi possível observar que a ação do Carvão Ativado foi mais contundente na remoção dos elementos Gálio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio do que o oxidróxido de Ferro. Já o oxidróxido de Ferro foi mais eficiente do que o Carvão Ativado na remoção do elemento químico Arsênio.

É possível notar que, no caso destes filtros compostos tanto por Carvão Ativado, quanto por oxidróxido de Ferro, três diferentes alturas de camada de oxidróxido de Ferro foram testadas, e resultaram na diminuição da concentração dos elementos em questão. Isto significa que a utilização do oxidróxido de Ferro aliado com o Carvão Ativado, tem grande potencial para redução da concentração de elementos químicos encontrados em águas que servirão para o abastecimento de ETA, reduzindo o risco de contaminação humana.

A Figura 9 a seguir mostra as concentrações para os elementos Berílio, Vanádio, Chumbo e Urânio. As concentrações desses elementos reduziram significativamente na presença do filtro com carvão ativado, oxidróxido e com o filtro constituído de oxidróxido e carvão ativado. É possível também notar que não houve diferença significativa das concentrações entre os filtros constituídos de carvão ativado e oxidróxido de ferro, o que sugere que, para este caso, houve adsorção de maneira semelhante, independente das camadas de oxidróxido de ferro.

Figura 9 – Concentração dos elementos Berílio, Vanádio, Chumbo e Urânio após ter percolado os filtros de Carvão Ativado e/ou oxidróxido de Ferro.





Conclusão

O presente trabalho mostrou a eficácia na utilização do oxidróxido de Ferro para a remoção de alguns metais pesados encontrados na água coletada na região de Governador Valadares/MG, sendo que esta sofreu contaminação devido ao rompimento da barragem de rejeitos produzidos pela extração de minerais na cidade de Mariana/MG em 2015.

As concentrações dos elementos Gálio, Arsênio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio, tiveram uma diminuição tanto para solução padrão,

quanto para a água suja, quando percolaram o filtro contendo apenas Carvão Ativado e/ou oxidróxido de Ferro. Para Gálio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio a ação do Carvão Ativado foi mais contundente em suas remoções. Já o oxidróxido de Ferro foi mais eficiente na remoção do elemento químico Arsênio.

Para os elementos Berílio, Vanádio, Chumbo e Urânio, as concentrações desses elementos reduziram significativamente na presença do filtro com carvão ativado, oxidróxido e com o filtro constituído de oxidróxido e carvão ativado. Não houve diferença significativa das concentrações entre os filtros constituídos de carvão ativado e oxidróxido de ferro, o que sugere que, para este caso, houve adsorção de maneira semelhante, independente das camadas de oxidróxido de ferro.

Referências

ABICHABKI, F. B. Eficiência e produção de resíduos da tecnologia de Dupla Filtração em função do tipo de filtro utilizado. 2012. Graduação em Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos-USP, São Carlos, 2012.

ARAÚJO, C. A. O. Estudo da filtração cruzada em geometria cilíndrica. 2010. 103 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química). Instituto de Tecnologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Seropédica, 2010.

BARBOUR, R. Determinação de impurezas em cobre eletrolítico por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado. 2011. 102 f. Tese. UFBA – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

BRANDÃO, C. C. S. SILVA, A. S. Remoção de cianotoxinas por adsorção em carvão ativado. In: PÁDUA, V.L. (Org.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. ABES, p.415-465. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Lei 9433, 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm >. Acesso 25 jun 2016.

CHEREMISINOFF, N. P. Chapter 5 - Application of filtration to wastewater treatment. 1998. Liquid Filtration, 2ªed., Elsevier, p.142-162, 1998.

CLARK, H. L. M. Remoção de fenilalanina por adsorvente produzido a partir da torta prensada de grãos defeituosos de café. 2010. 115 f. Dissertação em Ciência dos Alimentos - Faculdade de Farmácia, UFMG. Belo Horizonte, 2010.

CLAUDINO, A. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes. 2003. 90 f. Dissertação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Florianópolis, 2003.

COMUSA – Serviço de tratamento de água e esgoto de Novo Hamburgo. Tratamento de água. Disponível em: < <http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoagua> >. Acesso 01 out 2016.

DI BERNARDO, A. S. Desempenho de sistema de dupla filtração no tratamento de água com turbidez elevada. 2004. Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos-USP, São Carlos, 2004.

DI BERNARDO, L. BRANDÃO, C. C. S. HELLER, L. Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. Disponível em: < https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf >. Acesso 16 out 2016.

DRIKAS, M. et al. Using coagulation, flocculation and settling to remove toxic cyanobacteria. Journal AWWA, v.93, n.2, p.100-111, 2001.

ENGELHARDT, T. Granular media filtration for water treatment applications. 2010. Sales Development Manager - Drinking Water. Hach Company. 2010.

FERREIRA, A. S. MASSARANI, G. Physico-mathematical modeling of crossflow filtration. Chemical Engineering Journal, v.111, p.199-204, 2005.

GROCHULSKA-SEGAL, E. M. KOWAL, A. L. SOZANSKI, M. M. Boundary Phenomena in rapid filtration on multi-media filters. Studies in Environmental Science, v.19, p. 331-340, 1982.

HELLER, L. *et al.* Oocitos de *Cryptosporidium* de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. Epidemiologia e Serviços da Saúde, v.13, n.2, p.79-92, 2004. Belo Horizonte. Disponível em < <http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/ess/v13n2/v13n2a02.pdf> >. Acesso 29 jun 2016.

HUISMAN, L. WOOD, W. E. Slow and Sand Filtration. ISBN 92 4 154037 0 - World Health Organization. Genebra, 1974. Disponível em: < <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/38974/1/9241540370.pdf> >. Acesso 29 jun 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico de 2010. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00> >. Acesso 25 jun 2016.

LAMBERT, T. W. HOLMES, C. F. B. HRUDEY, S. E. Adsorption of microcystin-LR by activated carbon and removal in full scale water treatment. Water Research, v.30, n.6, p.1411-1422, 1996.

MACEDO, J. S. Aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de fibras de coco na obtenção de um eco-material: carbono ativado mesoporoso. 2005. 73 f. Dissertação em Química - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. São Cristóvão, 2005.

MARINNACIO. Cross-flow filtration - US 4888115 A. 1989. Disponível em: < <https://www.google.com/patents/US4888115> >. Acesso em 25 ago 2016.

MURTHA, N. A. HELLER, L. LIBÂNIO, M. A Filtração Lenta em areia com alternativa tecnológica para o tratamento de águas de abastecimento no Brasil. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, II – 085, p.1542-1556. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/alternativa.pdf> >. Acesso 29 jun 2016.

NADRUZ, N. Areia para filtro. Revista do Departamento de Águas e Esgotos. 15 f. Disponível em: < http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_35_n_721.pdf >. Acesso em 12 set 2016.

PERKIMELMER. NexION 350 ICP-MS. Disponível em: < https://www.perkinelmer.com.cn/pdfs/downloads/BRO_NexION350ICPMSBrochure.pdf >. Acesso em 12 jun 2016.

RICHTER. H. B. (org.) Conheça Outras Terapias- Terapias usadas há muito tempo em diversas partes do mundo. 3ª ed., 104 f ilustradas, 2003.

RODRIGUES, J. L. Avaliação de técnicas acopladas à espectrometria de massas com plasma (ICP – MS) visando o fracionamento e a especificação química de mercúrio em sangue e plasma. 2010. Tese. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - FCFRP. Universidade de São Paulo – USP. Ribeirão Preto, 2010.

RUBIM, C. Uso de filtros multimídia. Disponível em < <http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=4933> >. Acesso 12 set 2016.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Tratamento de água. Disponível em: < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47> >. Acesso 25 jun 2016.

SANTOS, S. B. Elementos traço em soro sanguíneo medidos pelos métodos PIXE e ICP – MS. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Física - Universidade Federal de São Paulo (USP). São Paulo, 2007.

SCHETTINO JR, M. A. Ativação química do carvão de casca de arroz utilizando NaOH. 2004. 79 f. Dissertação em Física - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2004.

SLOTTEE, J. S. TAYLOR, D. C. BACZEK, F. A. Chapter 3.3 - Water purification and treatment. 2004. Standard Handbook of Plant Engineering. 2004.

TIBURTIUS, E. R. L. PERALTA-ZAMORA, P. LEAL, E. S. Contaminação de águas por btxs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. Departamento de Química - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. Química Nova, v.27, n.3, p.441-446. Curitiba, 2004.

TRATA BRASIL – Saneamento e saúde. Situação do Saneamento no Brasil. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil> >. Acesso 25 jun 2016.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2019

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424